



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA / UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E
HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS

DOUTORADO EM ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS



FREDY RAMON GARAY GARAY

**O Estatuto das Entidades Teóricas no Livro "The Principles of
Chemistry" de D. Mendeleev: Implicações para a Educação Química**

Salvador

2013

FREDY RAMON GARAY GARAY

O Estatuto das Entidades Teóricas no Livro "The Principles of Chemistry" de D. Mendeleev: Implicações para a Educação Química

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da Universidade Federal da Bahia, Universidade Estadual de Feira de Santana, para a obtenção do grau de Doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências, na área de concentração em Filosofia da Química e Educação em Química.

Orientador: Prof. Dr. Charbel Niño El-Hani

SALVADOR

2013

FREDY RAMON GARAY GARAY

O Estatuto das Entidades Teóricas no Livro "The Principles of Chemistry" de D. Mendeleev: Implicações para a Educação Química

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ensino, Filosofia e História das Ciências, na área de concentração em Filosofia da Química e Educação em Química, Universidade Federal da Bahia, Universidade Estadual de Feira de Santana, pela seguinte banca examinadora:

Charbel Niño El-Hani – Orientador

Doutor em Educação pela Universidade de São Paulo
Universidade Federal da Bahia (UFBA)

José Luis de Paula Barros Silva

Doutor em Química pela Universidade Federal da Bahia
Universidade Federal da Bahia (UFBA)

Waldmir Nascimento de Araujo

Neto

Doutor em Lógica e Filosofia da Ciência pela Universidade Estadual de Campinas
Instituto de Química. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Otávio Aloísio Maldaner

Doutor em Educação pela Universidade de São Paulo

Instituto de Química Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUI)

Nei de Freitas Nunes

Neto

Doutor em Ecologia

Instituto de Biologia. Universidade Federal da Bahia (UFBA)

Resultado:

Salvador, 23 de Agosto de 2013

Dedicatória

Porque superar a adversidade da vida para continuar cuidando de teus filhos não é apenas um exemplo de vida, é a amostra mais pura de amor. Para você mãe ROSA INES GARAY DE GARAY, porque você aprendeu a viver com a sua doença para estar neste dia do meu lado.

Agradecimentos

Ao Professor Charbel Niño El-Hani, meu orientador, a quem, acho, vou considerar meu amigo e o exemplo de Profissional e Acadêmico, do qual estou longe de ser. Agradeço o fato de ter me aceito como seu orientando e mesmo que, muitas vezes quis me jogar fora, mantivesse firme até o final. Professor Charbel, só posso te dizer “GRACIAS”.

Ao Professor José Luis de Paula Barros Silva, por ter me apoiado sempre, porque suas palavras, no chão de uma biblioteca no centro da Bogotá, mexeram comigo e ainda ressoam na minha cabeça. Pelas suas contribuições e comentários apresentados no exame de qualificação.

Ao professor Waldmir Nascimento de Araujo Neto, pelas riquíssimas e enriquecedoras conversações, caminhando pelo centro da cidade, após a sessão do Congresso de Filosofia da Química. Pelo seu apoio, ainda cedo, ciente de que meu trabalho teria muito a melhorar, ele acreditou em mim. Pelas suas grandes e importantíssimas contribuições apresentadas no exame de qualificação.

Ao Professor Otavio Aloisio Maldaner, pela sua dedicação e paciência na leitura do meu trabalho, pelas suas assertivas contribuições argumentativas apresentadas no exame de qualificação, mas também pelas aulas de português, que devo reconhecer que nunca teve, mas que felizmente cruzaram-se no meu caminho grandes professores deste idioma como o senhor.

Ao Professor Nei de Freitas Nunes Neto, por todo o que ele fez por mim quando cheguei nesta cidade, por ter me apresentado uma outra cara de Salvador, pelo seu apoio incondicional, pela sua amizade sincera e por hoje podê-lo considerar meu amigo, além de ser uma pessoa a quem admiro, pela sua inteligência e dedicação.

À Diana Lima do Santos, porque você merece tudo, se hoje eu posso agradecer alguma coisa a vida é ter conhecido você, pela sua inteligência, pelo seu modo de agir, pela sua paciência, pelas nossas brigas, por tudo o que eu aprendi do seu lado, por nossas intermináveis conversas, porque ainda na distancia você sabe como me fazer sentir ainda vivo.

À Mariana Laly, por ter sido das primeiras pessoas a me falar sem se importar se eu falava ou não português, por ter tentado se comunicar comigo de qualquer jeito, pelos seus cuidados, pelo seu carinho, pelas suas aulas de português. Se hoje eu sei que posso falar um bom *portunhol*, é graças a você e, obviamente, à minha outra professora de língua portuguesa Garziélla Bossi.

À Maria Paquelet, você foi simplesmente meu anjo, eu amo e respeito muito você. Obrigado.

À minha apreciadíssima Claudia de Alencar Serra e Sepulveda, por tudo, por ter vindo ao meu encontro numa cidade como Bogotá, “se você é uma garota”, por ter me incentivado a me apresentar ao doutorado, por receber-me na sua casa, por todas e cada uma das conversações que tivemos, pela comida, pela dança, pelas lágrimas, mas sobretudo pelo riso. Obrigado, você sabe que em Bogotá, há um local que você poderá sempre chamar de lar.

À Ana Carolina de Sá, porque ela sempre, mas sempre foi muito amável comigo, sempre teve um sorriso para mim, falava sem se importar com meu nível de português, preocupou-se por mim o tempo todo, além de me ajudar com meu orientador.

À Andreia Oliveira (super Deia / Deinha), porque você sempre foi muito boa comigo. Ao professor Jonei Cerqueira Barbosa, por todos os seus comentários.

À Lina Rosa Berrio, por todos os nossos encontros, pelos *por de sol*, falando da vida e da felicidade, por me ajudar a entender um pouco mais da dinâmica da vida e do que significar viver.

A todos os meus professores do Programa de Pós Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências. À Marly, e Priscila. Ao Laboratório de Ensino, Filosofia e História da Biologia (LEHFIBio), e, principalmente a meu caro amigo Ricardo Carmo.

A todos e cada um que fez da minha estadia em Salvador da Bahia um pouco mais amável.

Por fim agradeço o apoio financeiro ao Programa de Estudantes de Convenio de Pos Graduação PEC-PG/CAPES.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise do caráter real das entidades teóricas substância, elemento, composto e átomo, empregadas por D. Mendeleev na formulação da lei de periodicidade. Também se questionou com base tanto em livros de texto, quanto em periódicos e revistas científicas, sobre dita lei e as entidades teóricas referenciadas, como possível ponte entre a análise proposta e a Educação Química.

Este trabalho fundamentou-se em três pilares. 1. Filosofia da Química, 2. História da Química e 3. Educação Química. Isto com o propósito de acrescentar o campo da Filosofia da Química, como também, de identificar, analisar e caracterizar as relações entre estes três campos do conhecimento.

A Densidade Semântica proposta por Tontini permite identificar as mudanças que tem tido os conceitos através da História, neste caso da História da Química. Portanto, dita mudança permite identificar como o conhecimento científico químico passou de ser descritivo, qualitativo e preditivo, a ser reduzido a teorias físicas, fisicalista e axiomatizado.

A análise documental de conteúdo como estratégia metodológica, apoiada pela macroestrutura semântica, o modelo de preferências e as macro regras, permitiram a revisão, não só do Livro de “The Principles of Chemistry” de D. Mendeleev, como também dos livros de texto e de periódicos e revistas científicas, que permitiram identificar o caráter real das entidades teóricas acima referenciadas.

Este estudo permitiu concluir que: 1. No livro “The Principles of Chemistry”, D. Mendeleev, apresenta uma postura claramente

instrumentalista das entidades sustância, elemento, composto e átomo. 2. A definição de química se afasta da aquela proposta nos livros de texto, mas é semanticamente similar à proposta na filosofia da química. 3. Os livros de texto mantêm um pensamento fisicalista, reducionista e axiomatizado do Conhecimento Científico Químico. 4. As pesquisas a respeito da lei periódica na Educação em Química centram-se na tabela periódica, mas não na lei de periodicidade. 5. A Filosofia da Química, e a História da Química, permitem transformações na pesquisa em e sobre Educação Química. 6. Ao aproximar-se do estudo da Natureza do Conhecimento Científico Químico, desde uma perspectiva semântica, é inevitável uma transformação tanto no pensamento quanto nas práticas discursivas de químicos, professores e estudantes de química.

Palavras-Chave: Filosofia da química, Educação Química, Lei de periodicidade, Tabela periódica, Mendeleev, Realismo.

ABSTRACT

This work presents the analysis of the real character of theoretical entities substance, element, compound, and atom and employed by D. Mendeleev in the formulation of the law of periodicity. Also question both in textbooks and scientific journals on this law and the theoretical entities referenced as a possible bridge between the analysis and the proposed Chemical Education.

The semantic interpretation allows deconstruct, build, delete and generalize about the forms of meaning and sense of concepts (microstructures) as well as theoretical formulations (macrostructures), enabling an approach to Nature of Scientific Chemical Knowledge.

This work was based on three pillars. 1. Philosophy of Chemistry, 2. History of Chemistry and 3. Chemical Education, this with the purpose of adding the field of philosophy of chemistry, but also to identify, analyze and characterize the relationships between these three fields of scientific knowledge.

The documentary content analysis as a methodological strategy, supported by semantic macrostructure, the model preferences and macro rules, allowed the revision not only of the book "The Principles of Chemistry," by D. Mendeleev, but also of text books as well as journals and scientific magazines, which allowed to identify the real character of theoretical entities before referenced.

This study concluded that: 1. In the book "The Principles of Chemistry," D. Mendeleev, presents an attitude just instrumentalist entities sustenance, element, compound, and atom. 2. The definition of chemistry departs from that proposed in textbooks, but it is semantically similar to the proposal in the philosophy of chemistry. 3. Textbooks keeps thinking physicalist, reductionist and axiomatic of Scientific Chemical. 4. The research about the Periodic Law in Chemistry Education focuses on the periodic table, but not the law of periodicity. 5. The

Philosophy of Chemistry, a History of Chemistry, allow changes in research and on Chemical Education. 6. the approach to the study of the Chemical Nature of Scientific Knowledge, from a semantic perspective is an inevitable transformation both in thought and discursive practices of chemists, teachers and students of chemistry.

Keywords: Philosophy of Chemistry, Chemistry Education, Law of periodicity, periodic table, Mendeleev, Realism.

SUMARIO

Pág.

INTRODUÇÃO	17
CAPITULO I.....	23
1 A FILOSOFIA DA QUÍMICA E O REALISMO CIENTÍFICO. UMA DISCUSSÃO AINDA NÃO RESOLVIDA. ..	23
1.1 REALISMO CIENTÍFICO	23
1.2 DA VERDADE DAS TEORIAS CIENTÍFICAS E DO REAL DAS ENTIDADES TEÓRICAS	26
1.2.1 <i>Realismo de teorias científicas e de entidades teóricas.....</i>	<i>26</i>
1.2.2 <i>Realismo de teorias científicas e antirrealismo de entidades teóricas</i>	<i>30</i>
1.2.3 <i>Realismo de entidades teóricas e antirrealismo de teorias</i>	<i>32</i>
1.2.4 <i>Antirrealismo de teorias científicas e de entidades teóricas</i>	<i>35</i>
1.3 DAS ENTIDADES TEÓRICAS E O REALISMO NA QUÍMICA	39
1.3.1 <i>Das entidades teóricas na química</i>	<i>44</i>
1.3.2 <i>Do caráter Real das Entidades Teóricas em Química: alguns Exemplos.....</i>	<i>48</i>
CAPITULO II.....	52
2 O PAPEL DA HISTÓRIA DA QUÍMICA NA ACEITAÇÃO DAQUILO QUE É DENOMINADO COMO ENTIDADE TEÓRICA.....	52
2.1 A HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS E A CARACTERIZAÇÃO DAS ENTIDADES TEÓRICAS	54
2.2 DA HISTÓRIA DA QUÍMICA	56
2.3 UMA APROXIMAÇÃO À HISTORIA DA LEI DE PERIODICIDADE	60
CAPITULO III.....	82
3 AS RELAÇÕES ENTRE FILOSOFIA, HISTÓRIA E O ENSINO E A APRENDIZAGEM DE QUÍMICA.....	82
3.1 A LEI DE PERIODICIDADE: EXEMPLO DE RELAÇÃO DA FILOSOFIA, HISTORIA E DA EDUCAÇÃO QUÍMICA.....	94
3.2 DA EDUCAÇÃO EM QUÍMICA: O CASO DA LEI DE PERIODICIDADE	106
3.3 A PROPOSTA PARA O ENSINO	115
CAPITULO IV	117
4 METODOLOGIA.....	117
4.1 ANÁLISE CRÍTICO-DOCUMENTAL NA RECONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO	117
4.2 ANÁLISE DOCUMENTAL	121
4.3 O MODELO PREFERENCIAL E AS MACROESTRUTURAS SEMÂNTICAS	125
4.4 AS MICROESTRUTURAS E MACROESTRUTURAS	127
CAPITULO V	131
5 DOS RESULTADOS.....	131
5.1 O LIVRO “THE PRINCIPLES OF CHEMISTRY”, QUINTA EDIÇÃO, BY D. MEDELEEV. (1875).....	131
5.2 DAS ENTIDADES TEÓRICAS NO LIVRO THE PRINCIPLES OF CHEMISTRY.	143
5.2.1 <i>Substância.....</i>	<i>143</i>
5.2.2 <i>Elemento.....</i>	<i>148</i>

5.2.3	<i>Composto</i>	153
5.2.4	<i>Átomo</i>	156
CAPITULO VI		163
6	DOS LIVROS DE TEXTO E DOS PERIÓDICOS CIENTÍFICOS	163
6.1	DOS LIVROS DE TEXTO	163
6.1.1	<i>A lei e a Tabela periódica nos livros de texto</i>	165
6.1.2	<i>Dos livros de texto e as entidades teóricas: Átomo, Elemento, Composto e Substância</i>	169
6.2	DA REVISÃO DOS PERIÓDICOS	174
6.2.1	<i>Resultados da revisão dos periódicos e revistas científicas</i>	176
CAPITULO VII		182
7	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	182
7.1	DO LIVRO “THE PRINCIPLES OF CHEMISTRY”	182
7.2	DOS LIVROS DE TEXTO E OS PERIÓDICOS CIENTÍFICOS	192
CONSIDERAÇÕES FINAIS		200
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		205
APENDICE		213

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1 PROPOSTA DE RELAÇÃO ENTRE A FILOSOFIA, HISTÓRIA E EDUCAÇÃO EM QUÍMICA, APRESENTADA COMO UMA RELAÇÃO, DESDE A PERSPECTIVA SEMÂNTICA.	83
FIGURA 2 AS RELAÇÕES ENTRE FILOSOFIA, HISTÓRIA E EDUCAÇÃO QUÍMICA E O CONHECIMENTO DOS PROFESSORES.	93
FIGURA 3 NÍVEIS DE MODELAÇÃO.	100
FIGURA 4 ESQUEMA RELACIONAL ENTRE A HISTÓRIA, FILOSOFIA E EDUCAÇÃO QUÍMICA	104
FIGURA 5 ESTRUTURA DA METODOLOGIA	121
FIGURA 6 CONSTRUÇÃO DA FORMULAÇÃO CIENTÍFICA	122
FIGURA 7 NÍVEL SEMÂNTICO E PRAGMÁTICO. ADAPTADO DE PETRELLY 2012	126
FIGURA 8 MODELO DE ANÁLISE E SÍNTESE. ADAPTADO DE PETRELLY, 2012	128

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	Pág.
ILUSTRAÇÃO 1 OS QUATRO ELEMENTOS. TOMADO DE POLISH MAGAZINE "MÓWIA WIEKI", 12/2009. ÚLTIMO INGRESSO JUNHO DE 2012. HTTP://WWW.HISTORIAKUCHNI.PL/INDEX.PHP	62
ILUSTRAÇÃO 2 TABELA DE AFINIDADES PROPOSTA POR ETIENNE-FRANÇOIS GEOFFROY. ÚLTIMO ACESSO: SETEMBRO DE 2012 HTTP://GFEV.UNIV-TLN.FR/H21/HISTEPISTEMOLOGIE/ECRITURE.HTML	63
ILUSTRAÇÃO 3 TABELA DE ELEMENTOS E COMPOSTOS DE J. DALTON. TOMADO DE A NEW SYSTEM OF CHEMICAL PHILOSOPHY, 1808. ÚLTIMO INGRESSO SETEMBRO DE 2012 HTTP://RSL.ROYALSOCIETYPUBLISHING.ORG/CONTENT/116/174 HTTP://WEB.LEMOYNE.EDU/~GIUNTA/DALTON.HTML	64
ILUSTRAÇÃO 4 TABELA DOS PESOS ATÔMICOS RELATIVOS PROPOSTA POR J.J. BERZELIUS. ÚLTIMO ACESSO EM NOVEMBRO 2012. HTTP://WEB.LEMOYNE.EDU/~GIUNTA/BERZELIUS.HTML	66
ILUSTRAÇÃO 5 TABELAS PERIÓDICAS DE GMELIN Y GLASTONE. TOMADO DE: CUBILLOS, G. (2003).	67
ILUSTRAÇÃO 6 TABELA DOS ELEMENTOS DE DUMAS. TOMADO DE: TATON, R. (1973). HISTORIA DE LA QUÍMICA.	68
ILUSTRAÇÃO 7 TABELAS DE TRIÁDES PROPOSTAS POR L. GMELIN E J. W. DÖBEREINER (TATON. 1973).	68
ILUSTRAÇÃO 8 TABELA DE ELEMENTOS PROPOSTA POR M. PETTENKOFER. (LADINO 1998, EM GARAY, 2007)	69
ILUSTRAÇÃO 9 TABELA DOS ELEMENTOS PROPOSTA POR W. ODLING. TOMADO DE GRIFFITH 2008	69
ILUSTRAÇÃO 10 TABELA DOS ELEMENTOS ELABORADA POR E. BÉGUYER DE CHANCOURTOIS ÚLTIMO ACESSO EM NOVEMBRO DE 2012 HTTP://CULTURESCIENCES.CHIMIE.ENS.FR/	70
ILUSTRAÇÃO 11 TABELA DOS ELEMENTOS PROPOSTA POR J NEWLANDS TOMADO DE NEWLANDS 1863.	71
ILUSTRAÇÃO 12 TABELA DOS ELEMENTOS DE GIBBES. TOMADO DE TAYLOR, 1941.	72
ILUSTRAÇÃO 13 TABELA PERIÓDICA PROPOSTA POR L. MEYER. TOMADO DE TABLE FROM ANNALEN DER CHEMIE, SUPPLEMENTBAND 7, 354 (1870). ÚLTIMO ACESSO EM: NOVEMBRO DE 2012: HTTP://WEB.LEMOYNE.EDU/~GIUNTA/MEYER.HTML	73
ILUSTRAÇÃO 14 PRIMEIROS RASCUNHOS DE SISTEMA PERIÓDICO DOS ELEMENTOS, PROPOSTOS POR D. MENDELEEV (1867-1869). TOMADO DE GARAY (2007)	74
ILUSTRAÇÃO 15 PRIMEIROS RASCUNHOS DE SISTEMA PERIÓDICO DOS ELEMENTOS, PROPOSTOS POR D. MENDELEEV (1867-1869). TOMADO DE GARAY (2007)	75

ILUSTRAÇÃO 16 TABELA DOS ELEMENTOS AINDA NÃO DESCOBERTOS. PORÉM, COM AS PROPRIEDADES PREDITAS POR D. MENDELEEV. TOMADO DE GARAY (2007)	77
ILUSTRAÇÃO 17 EVOLUÇÃO DAS TABELAS PROPOSTA POR D. MENDELEEV. ULTIMO ACESSO EM NOVEMBRO DE 2012. HTTP://OLD.CELINASCHOOLS.ORG/SCI/PERIODIC_TABLE_FORMULATIONS.HTM	78
ILUSTRAÇÃO 18 TABELA DE PERIODICIDADE DOS ELEMENTOS. TOMADA DE THE PRINCIPLES OF CHEMISTRY BY D. MENDELEEV (1872).	79

LISTA DE QUADROS

	Pág.
QUADRO 1 CLASSIFICAÇÃO DAS ENTIDADES TEÓRICAS	60
QUADRO 2 FISCALISMO VS CONHECIMENTO QUÍMICO.	134
QUADRO 3 A LEI DE PERIODICIDADE NOS LIVROS DE TEXTO.	169
QUADRO 4 AS ENTIDADES NOS LIVROS DE TEXTO	174
QUADRO 5 ARTIGOS CONCERNENTES A HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS E DA LEI OU TABELA PERIÓDICA	176
QUADRO 6 ARTIGOS ABORDANDO A FILOSOFIA E QUE TORNARAM ALVO A LEI PERIÓDICA.	178
QUADRO 7 MODELOS EM CIÊNCIAS E MODELOS DE LEI PERIÓDICA	179
QUADRO 8 MATRIZ DE ANÁLISE	213
QUADRO 9 INSTRUMENTO DE VALIDAÇÃO DE JORNAIS E REVISTAS CIENTÍFICAS	214
QUADRO 10 INSTRUMENTO DE VALIDAÇÃO DE LIVROS DE TEXTO	215

INTRODUÇÃO

A Educação Científica se encontra num período de crise. Os alunos não se interessam por esta ciência, pois não encontram sentido nas suas explicações. A química parece, para eles, cada vez mais complexa e abstrata, como discutem os autores Izquierdo (2004) e Galagovsky (2007). Este é um panorama pouco alentador e que coloca muitos desafios para os educadores químicos.

Inicialmente, esta pesquisa foi formulada com a firme intenção de indagar a respeito da formação de professores de química e, desta maneira, poder não só investigar acerca da crise na Educação Química, mas também propor soluções diante dela. Contudo, no desenvolvimento desta ideia de pesquisa inicial, foi se apresentando, de um jeito bastante tentador, um campo de indagação que se tornaria o motor desta pesquisa: a questão do realismo científico na filosofia da química e suas implicações para a educação química.

Assim, o autor desta pesquisa foi cedendo às intrigantes e apaixonantes formulações teóricas da filosofia da química. Ao apresentar-se como um campo relativamente novo de pesquisa, porém, absolutamente frutífero, esta oferecia ainda mais perguntas do que respostas, como, por exemplo: Qual é a relação entre a Filosofia da Química e o Realismo Científico?; Como se aborda a natureza das teorias científicas e das entidades teóricas em Química?; Qual é o caráter real das entidades teóricas que permitiram a formulação da lei de periodicidade?; Como o dito caráter real de tais entidades permeia tanto a pesquisa em e sobre educação química, quanto os processos de ensino e aprendizagem desta ciência?

Portanto, nesta tese, se pesquisa sobre o caráter, real ou instrumental, das entidades teóricas que foram empregadas na formulação da lei periódica, no livro *The Principles of Chemistry*, de Dimitri Ivanovich Mendeleev. Autores tais como Scerri (2007), Jensen (2005), Gordin (2004), Agafoshin (1997), Lokeman (1960), têm usado este livro como base das suas pesquisas sobre tabela e lei de periodicidade, assim como Bensaude-Vincent e Stengers (1992), Brook (1998) Bensaude-Vincent e Simon (2008), têm usado este texto como base na reconstrução da história da Química, assim como Izquierdo (2010), Rodriguez et al (2005) afirmam que este livro foi pensado e criado com fins didáticos.

Finalmente, autores como Linares (2005), Garay (2007) e Linares e Izquierdo (2007), têm usado o texto como base das suas pesquisas em e sobre educação química. Isto evidencia a relevância deste livro na pesquisa sobre a natureza do conhecimento químico, na história da química e na relação desta com a educação química.

Pretende-se também relacionar os resultados obtidos das análises do livro “The Principles of Chemistry” com a Educação Química, com base no suposto de que o significado atribuído às entidades teóricas trazem consequências para as práticas discursivas e para as interações nas salas de aula. Isto responde aos questionamentos frente ao realismo científico e seu papel na Filosofia da Química, se bem que, como afirmam Bensaude, Vincet (1998), D. Mendeleev, não comprometeu-se com uma postura realista nas suas formulações. Na atualidade, o reducionismo da química à física, tem tornado o discurso químico realista, e

como afirma Morhoff (2008), uma educação em física, a partir de uma perspectiva realista, pode tender ao fracasso. Portanto, e como afirma o autor desta tese, uma Educação Química nesta mesma linha também terá o mesmo fim, mesmo quando os formuladores de dito conhecimento químico, nem sequer preocupavam-se com dito realismo, entre eles D. Mendeleev. Portanto, esta questão é um dos pilares desta pesquisa.

Esta tese está estruturada em cinco capítulos, cujos resultados e argumentos já foram apresentados em congressos nacionais e internacionais, como exemplos: XIII Encuentro de Educación Química (2013); 2ª Conferência Latinoamericana do International History, Philosophy, and Science Teaching Group (2012); Seventh Principia International Symposium (2011); The International Society for the Philosophy of Chemistry Summer Symposium (2011); VII Congresso Latino-Americano de Historia da Ciência e da Tecnologia (2010); 8th International Conference for the History of Science in Science Education (2010).

Os capítulos I, II e III apresenta o marco conceitual da pesquisa, com enfoque nos desenvolvimentos da filosofia da química relevantes para esse trabalho, em particular, a natureza do conhecimento químico, o problema do reducionismo e fisicalismo da química e, principalmente, a questão do realismo científico. O diálogo com esses referenciais permitiram a reconstrução histórica de formulações a respeito da periodicidade química, assim como uma aproximação à compreensão dos modelos químicos e de sua relação com o estatuto das entidades teóricas.

O capítulo IV apresenta a metodologia de pesquisa, enquadrada num paradigma qualitativo descritivo e fazendo uso de uma metodologia de análise de conteúdo, complementada com a análise de discurso, conforme a abordagem de Van Dijk.

No capítulo V são apresentados resultados da análise do livro *The Principles of chemistry*, de Dimitri Ivanovich Mendeleev. O foco da análise foi o estatuto de entidades teóricas mobilizadas por Mendeleev, como átomo, elemento, composto e sustância, para a formulação da lei de periodicidade. Mais especificamente, analisa se Mendeleev atribuía a elas um carácter real ou não.

O capítulo VI apresenta os resultados de uma revisão de livros didáticos e artigos de periódicos dedicados à história, filosofia e educação da Química. Nesta revisão, buscamos estabelecer uma relação entre os argumentos de D. Mendeleev na formulação da lei periódica, além de identificar o que se escreve, se pesquisa e se ensina hoje em relação a tal formulação.

O capítulo VII se dedica à discussão dos resultados, buscando-se caracterizar os aspectos materiais das entidades teóricas usadas por D. Mendeleev na formulação da lei periódica. É discutido, também, o que se escreve nos livros didáticos, o que se pesquisa e o que se ensina sobre a lei de periodicidade, em particular, quanto ao estatuto da realidade das entidades teóricas mobilizadas em sua formulação.

Estes capítulos foram desenvolvidos sob o direcionamento das perguntas de pesquisa, que foram formuladas com a intenção de demarcar os limites da mesma, entre as quais se destacam as seguintes:

1. Como determinar o caráter real das entidades teóricas, usadas pelo D. Mendeleev, na formulação da lei de periodicidade?
2. Podem ser considerados os aspectos matéricos como critério suficiente para determinar uma perspectiva realista no trabalho de D. Mendeleev?
3. Os livros de texto focam-se na lei ou na tabela periódica? Que formas de significar apresentam a respeito do átomo, elemento, composto e substância?
4. As pesquisas sobre e em Educação Química que abordam a temática de Lei de Periodicidade tem em conta a Filosofia e a História da Química?
5. As formas de significar em termos de significados e de sentido, as formas de significar das entidades teóricas em química, a respeito da lei e da tabela periódica, têm mudado ou, pelo contrário, ainda se mantém o pensamento do D. Mendeleev?
6. É necessário incluir nas aulas de formação em química, as perspectivas históricas e filosóficas desta ciência, em busca de fornecer um marco explicativo racional e razoável?

Finalmente, os objetivos que foram formulados para esta pesquisa são:

- Identificar o caráter real das entidades: átomo, elemento, composto e substância, na formulação da lei de periodicidade, no livro “The Principles of Chemistry”, escrito por Dmitri Ivanovich Mendeleev, como forma de aproximar a natureza do conhecimento químico da Educação Química.

- Identificar os aspectos materiais das entidades: átomo, elemento, composto e substância, no livro “The Principles of Chemistry” escrito por D. Mendeleev.

- Analisar as formas de significado e de sentido nos livros de texto, das entidades teóricas usadas pelo D. Mendeleev, assim como da lei e da tabela periódica, para estabelecer se os aspectos materiais das entidades teóricas são preservados.

- Revisar as publicações feitas em periódicos e revistas científicas, a respeito da lei e da tabela periódica, no período 2000 e 2010, procurando identificar o caráter real das entidades, assim como possíveis relações entre a História, a Filosofia e a Educação Química.

- Contribuir com os resultados no campo da filosofia da química, estabelecendo possíveis relações com a educação da Química e principalmente com a formação de professores nesta área do conhecimento.

CAPITULO I

1 A FILOSOFIA DA QUÍMICA E O REALISMO CIENTÍFICO. Uma discussão ainda não resolvida.

Há aqui duas questões evidentemente confusas:

1 – Existe a verdade objetiva? Ou seja, pode haver, nas representações mentais do homem, um conteúdo que não dependa do sujeito, que não dependa nem do homem nem da humanidade? 2- Se é assim, as representações humanas que expressam a verdade objetiva podem expressá-la de uma vez, por inteiro, incondicional, absolutamente, ou só de um modo aproximado, relativo? (V. I. Lenin, *Materialismo y empiriocriticismo*, 1987 pag 146).

Nesta tese, discute-se o caráter real das entidades teóricas, usadas pelo D. Mendeleev, na formulação da lei de periodicidade. Portanto, apresenta-se uma explicação do que é o “Realismo Científico”, que dê conta dos objetivos deste trabalho. Como tal explicação pautará grande parte da discussão, e estamos cientes de que existem diferentes formas de realismo, cada uma trazendo enfoques distintos, é importante deixar claro, desde logo, que este texto está focado nos realismos que se referem diretamente às teorias científicas e principalmente à existência das entidades teóricas. A partir desse foco, consideraremos somente quatro perspectivas que abordam, de maneira central, as teorias e entidades teóricas propostas pela ciência.

1.1 Realismo científico¹

Nos corpos podemos observar, unicamente, suas figuras e cores, ouvimos unicamente os sons, tocamos as suas superfícies externas, cheiramos os seus aromas, e experimentamos os seus sabores, mas suas substâncias internas não nos são conhecidas, nem por meio dos

¹ Alguns dos argumentos aqui apresentados, foram discutidos em *Baia, et al (2010). O REAL E O ANTIREAL NOS TRABALHOS DE D. MENDELEEV, Implicações para o ensino e a aprendizagem da química. Caderno de resumos:1ª Conferência Latino-americana do International History, Philosophy, and Science Teaching Group (IHPST-LA). Maresias, SP, Brasil*

nossos sentidos, nem pelo ato de reflexão das nossas mentes (NEWTON, 1962).²

Têm sido muitas as tentativas de definir o que é, o que pode significar e o que se pode assumir como realismo científico (DUTRA, 1998; LUCENA, 1998; CARMAN, 2005; GRODFREY-SMITH, 2007, 2008, 2009). Não se tem, contudo, uma definição nem um significado único de realismo científico. Como menciona Carman (2005, p. 01), existem tantas definições possíveis de realismo como realistas.

Porém, autores como M. Bunge, ou R. Boyd, R., consideram que o realismo científico tenta dar resposta à seguinte pergunta: qual é a relação entre as teorias científicas e o mundo? (LUCENA, 1998). O realismo científico procura identificar, analisar e caracterizar as relações que existem entre as teorias científicas e aquilo que é denominado mundo ou realidade, permitindo estabelecer as relações entre as formulações teóricas e a existência ou não das entidades teóricas, na formulação da lei de periodicidade, estabelecidas no livro *Principles of Chemistry*, de D. Mendeleev.

O realismo científico assume que as *boas teorias científicas* proporcionam, pelo menos **potencialmente**³, um conhecimento da realidade não observável, mas que tal conhecimento constrói-se a partir das observações sobre as quais as teorias são baseadas, embora nem todas as teorias proporcionem esse

² Isaac Newton, “Escolio” em *Mathematical principles of natural philosophy*, Trad, Andrew Motte, Berkeley, University of California, Press 1962, pp 546, Apud Benítez L. *Sobre el concepto de matéria em Newton*. 2010 p. 163

³ O caráter de potencialidade relaciona-se com a capacidade ou possibilidade de ser das teorias científicas. Grifo feito pelo autor.

conhecimento, já que há aquelas que são falsas. Contudo, para um realista, um cientista age de forma adequada quando “tenta inferir a natureza do mundo inobservável a partir de observações das partes mais acessíveis do mundo” (AMUNDSON, 1985).

Alguns defensores do realismo afirmam que o sucesso das teorias está ligado ao fato de que, no processo de aceitação da teoria científica, supõe-se que a realidade deve ser, ou pelos menos deve aproximar-se daquilo que as teorias proferem.

Segundo Van Fraassen (1981, p. 23), aceitar a formulação anterior, pressupõe aceitar o realismo, [...] *porque a exigência de buscar explicações para as regularidades factuais assume que, por trás dessas regularidades, há realmente causas inobserváveis [...]*. Portanto, a noção realista da melhor explicação contém já a ideia de que tais entidades inobserváveis existem, e deste modo, podem-se afirmar verdades sobre elas.

Se, por realismo científico, entende-se um conjunto de teses, apenas alguma delas com um caráter empírico, não é razoável ou possível assumir tal realismo como empírico, já que tal tese, segundo Lucena (1998), permite apenas a caracterização, mas não a avaliação do realismo em si. Portanto, o realismo científico não é uma teoria ou hipótese sobre a ciência, mas uma alternativa plausível para entender como as teorias científicas se relacionam com o mundo, entre outras alternativas plausíveis, a exemplo do empirismo construtivo de Van Fraassen.

1.2 Da verdade das teorias científicas e do real das entidades teóricas

[...] Os realistas sustentam que o objetivo da ciência é fornecer uma descrição verdadeira do mundo. Isso pode parecer uma doutrina completamente inócua. Visto que ninguém pensa, certamente, que a ciência visa produzir uma descrição falsa do mundo. Mas não é isso que pensam os anti-realistas. Ao invés, os anti-realistas sustentam que o objetivo da ciência é fornecer uma descrição verdadeira de certa parte do mundo — a parte “observável.” Quanto à parte “inobservável” do mundo, não faz diferença se o que a ciência diz é verdadeiro ou não. [...]. (Samir Okasha, 2004)

O realismo e o antirrealismo, tanto de teorias científicas quanto de entidades, visam pela construção de uma imagem do mundo, mas qual é o papel de ditas entidades e teorias nessa construção?; Qual é o critério que os define como real?. Estas são apenas questões que se discutem neste segmento e que tentam fixar um posicionamento frente ao tipo de realismo que se ajuste às demandas e necessidades teóricas deste trabalho.

1.2.1 Realismo de teorias científicas e de entidades teóricas

Este realismo fundamenta-se na verdade das teorias científicas e na existência das entidades teóricas. Acredita-se que o mundo é da forma em que a teorias científicas o descrevem. Portanto, as teorias científicas podem se considerar como bons instrumentos de predição ou empiricamente adequadas. O fato de tais teorias serem verdadeiras ou aproximadamente verdadeiras estabelece uma relação de correspondência entre estas e o mundo.

A caracterização daquilo que se define como entidade teórica, neste tipo de realismo, está determinada pelo observável (teste empírico), isto é, a possível existência de um mundo do observável e de um inobservável. Este último, pode-se

dividir em mais dois – aquilo que está dentro do macro e aquilo que está dentro do micro. Dentro do macro, poder-se-ia citar os buracos negros, os universos paralelos, entre outros. Dentro do que se denomina como micro, está o elétron, o próton, o quark.

Neste realismo, se aceita uma teoria da verdade, porém, para tal conceito, pode-se ter mais de uma forma de significar ou mais de um sentido. Isto é, a verdade é assumida como uma representação, ou seja, as teorias científicas são boas representações do mundo, portanto, são verdadeiras; verdade como realidade, o mundo é como a teoria científica diz que ele é; também se tem verdade como correspondência (GIERE, 1999; CHAMIZO, 2010), isto é, uma teoria científica é considerada como verdadeira, ou aproximadamente verdadeira, quando o que ela diz, corresponde com o mundo.

Uns dos aspectos mais relevantes neste realismo é a importância que tem as crenças nas teorias científicas e nas entidades teóricas (DUTRA, 1998, p. 17; BOYD, 1981-1984). Mas esta crença em nada revela como o mundo realmente é, pois ela só existe na “necessidade” de acreditar que as teorias científicas são verdadeiras ou aproximadamente verdadeiras. Portanto, ao crer na teoria científica, assume-se a existência das entidades por ela formuladas, ainda mais, aceita-se que tal entidade é da forma que a teoria diz que ela é.

Este é um dos argumentos usados por Sellars (citado em DUTRA, 1998), ao afirmar que, no caso de existirem boas razões para argumentar uma teoria científica, ela é aceita como verdadeira. Então, haveria boas razões para se

acreditar que as entidades teóricas, por ela referidas, existem. Neste sentido, Boyd (1981-1984) estabelece que, afirmando a verdade aproximada da teoria, implicitamente, acredita-se na existência das entidades propostas.

Na aceitação de uma teoria da verdade como correspondência, entre as teorias científicas e o mundo, conceitos como *confiabilidade instrumental* e *adequação empírica* (DUTRA, 1998, p. 16) contribuem ao processo de aceitação, já que se encontram mais próximos da verdade, assim, consideram-se as teorias como bons instrumentos de predição. Portanto, os testes empíricos sendo positivos ou afirmativos, fazendo do processo de construção da ciência, uma constante busca pela perfeição.

Uma versão atual do conceito de verdade, seu significado e o seu sentido, está inserida no que tem sido proposto como *inferência da melhor explicação*, termo proposto por G. Harman (1965), (DUTRA, 1998; LUCENA, 1998, p. 09-18). Quando para um mesmo fenômeno se tem várias teorias, a que melhor forneça explicação do mesmo será tomada como única e como aproximadamente verdadeira. Então, segundo Lucena (1998, p. 11), [...] um realista não poderia afirmar que a verdade seja a única explicação do êxito prático das teorias científicas, já que ela é a melhor explicação do êxito generalizado e crescente do conhecimento científico [...].

Uma das deficiências que pode ser identificada neste tipo de realismo é que, para ele ser aceito, tem que partir de um suposto. Ou seja, como apontam

alguns especialistas,⁴ o sucesso das teorias científicas ou do conhecimento científico consiste em supor que a realidade é como afirma tanto a teoria quanto o conhecimento.

Assim, a inferência da melhor explicação obedece a esse tipo de suposição. Portanto, tal inferência depende da verdade aproximada, do suposto de que o referente genuíno ou o análogo real, existem, diferenciando-se do êxito instrumental, o qual não implica necessariamente um análogo real ou em uma verdade aproximada.

Para Boyd (1981), por um lado, uma teoria científica é um bom instrumento de predição, porque é aproximadamente verdadeira ou porque pode afirmar a sua *confiabilidade instrumental* e, por outro, as entidades teóricas por ela referidas, descobertas nos experimentos (os quais são desenhados, avaliados e realizados sob a orientação da teoria científica) são reais.

Em outros termos, as teorias científicas não são somente verdades aproximadas, inferências da melhor explicação ou bons instrumentos de predição, são também instrumentos de descoberta. Pode-se afirmar que este é um dos pontos alvos de crítica na proposta de Van Fraassen, ao declarar que a ciência não é uma atividade de descoberta, senão uma atividade de construção (VAN FRAASSEN, 1980, p. 22).

⁴ As maiorias dos autores, que abordam o realismo científico pedem “*supor que a realidade é*” como base da aceitação de tal perspectiva, ver Lucena 1998.

O caráter de aperfeiçoamento deste tipo de realismo está presente na proposta de Boyd (1981), quando este estabelece uma relação dialética entre o conhecimento científico e o mundo, já que o conhecimento acumulado num período de tempo permite fazer novas descobertas, e tais descobertas fazem um processo de acomodação do conhecimento anterior junto ao novo; desse modo, as teorias científicas se aproximam cada vez mais da verdade, portanto, são mais perfeitas. Para tal fim, Boyd propõe dois novos termos que ajudam a entender tal processo, o *refinamento denotacional* e o *mecanismo de referência*. O primeiro determina que, cada vez, as referências devem ser mais exatas. O segundo consiste nas formas pelas quais a linguagem científica denota objetos do mundo (BOYD, 1979).

Nessa proposta de R. Boyd, há uma hipótese que podem ser considerada alvo de discussão, por relacionar o contínuo processo de acomodação da linguagem científica às novas descobertas, fazendo da ciência, uma atividade constante de descoberta, ou seja, um “processo dinâmico”. Dito processo dá a ideia de linearidade que se supõe um acúmulo de saberes, conceitos e procedimentos à procura da verdade absoluta, verdade aproximada ou inferência da melhor explicação. Isto é análogo à função matemática de limite, pois poderá se aproximar, mas nunca será alcançada.

1.2.2 Realismo de teorias científicas e antirrealismo de entidades teóricas

Supor um mundo externo ao do conhecimento científico pressupõe um realismo metafísico, ou como propõe Putman (1988), um realismo externalista, o

qual não será objeto deste trabalho. Porém, como o propósito aqui é a abordagem das entidades teóricas, é preciso abordar esta perspectiva, tanto como diálogo como para base de discussão, no que refere à existência de ditas entidades.

Nele se estabelece que aqueles termos que, dentro de uma teoria científica, se referem a entidades que estão além do observável, são somente formulações “*econômicas*”, através das quais se podem resumir certo número de observações, porém, sem denotar, de forma alguma, a existência de ditas entidades. Um dos representantes deste realismo é B. Russell (apud HACKING, 1983, p. 27-29; DUTRA, 1998, p. 32).

Para Russell, os termos que são empregados pelas teorias científicas, denotando entidades, não possuem um significado específico, nem um correspondente ou análogo, no mundo real. Portanto, o termo se refere a uma realidade, sem se referir a tal entidade. Pelo contrario, tão só referencia o acúmulo ou resumo de observações. Sendo assim, assume-se que tais termos que designam entidades só possuem um papel heurístico, mas que definitivamente não denotam entidades do mundo ou do real.

Segundo Dutra (1998, p. 33), esta formulação de Russell permite questionar a interpretação da linguagem da ciência, a razão de sugerir uma interpretação literal da linguagem – isto é, aceitar que os conceitos e termos usados na linguagem teórica, se referem a entidades existentes -, em termos de conceitos, significado e sentidos.

Embora, alguns destes conceitos científicos tentem descrever, designar ou caracterizar entidades teóricas, segundo este tipo de realismo, tal conceito é só o compilado de observações feitas em uma, a partir de uma teoria científica. Seu significado e seu sentido são dependentes do marco de referencia da referida teoria, portanto, elas não se referem a entidades do mundo, não têm um análogo, são só meras formulações do pensamento humano.

1.2.3 Realismo de entidades teóricas e antirrealismo de teorias

Este realismo supõe que as teorias científicas são deficientes na descrição das entidades. Portanto, tais teorias podem não ser verdadeiras, embora as entidades teóricas existam no mundo (CARTWRIGHT, 1983; HACKIN⁵, 1983; DUTRA, 1998; MARTINEZ, 2005). Isto supõe a existência de um nível ontológico, no qual, tais entidades existem. O qual faz possível então aceitar, como verdadeira, aquela parte de teoria científica que se refere a tal ou qual entidade, mas que, se não existirem tais estruturas de uma teoria que designam as ditas entidades, elas ainda sigam existindo, mesmo que o conhecimento não dê conta delas.

Segundo Dutra (1998 p. 36), este realismo pode ser denominado “*instrumental*”, a razão de que as teorias científicas não são consideradas nem verdadeiras, nem falsas, mas somente, são assumidas como bons instrumentos ou ferramentas de predição.

⁵⁵ I. Hacking é considerado como um dos principais referentes do Novo Experimentalismo, uma nova corrente na filosofia das ciências, que estabelece que existem fenômenos que se mostram como consequência de algum tipo de intervenção experimental, existindo em si mesmo, anteriores e independentes das formulações teóricas que pretendem explicá-los.

Portanto, segundo I Hacking, um instrumentalista não se preocupa com a verdade ou falsidade de uma teoria científica, mas apenas por sua adequação empírica, isto é, por sua capacidade de prever corretamente os fenômenos. Mas, esta mudança no significado e no sentido de conceitos que designam objetos do mundo físico, assim como sua recusa, é devido a eles não conseguirem descrever, de forma definitiva, ou completa, a natureza exata do objeto ou seu análogo no mundo físico.

Este realismo estabelece uma diferença entre o realismo de teorias e o realismo de entidades. Segundo o anterior não necessariamente um deve estar ligado ao outro, sendo que se pode acreditar nas teorias ou nas entidades. Assim, se estabelece a possibilidade de ser um realista de entidades ou um realista de teorias, sem implicar que, por acreditar nas teorias, deva-se acreditar nas entidades teóricas e vice-versa.

I. Hacking (1983) formula que as entidades teóricas postuladas pelas teorias científicas existem realmente, razão pela qual existe a possibilidade de serem detectadas mediante ajuda de instrumentos, equipamentos, aparelhos.

N. Cartwright (1983), que é uma antirrealista de teorias e realista de entidades (HACKING, 1983, p. 37), propõe que as entidades podem existir, mas que as teorias, formuladas por homens ou mulheres dedicadas a tal atividade, não podem descrevê-las em sua totalidade. Portanto, tais teorias formuladas não seriam verdadeiras e, neste sentido, não poderiam ser aceitas.

I. Hacking (1983; 1984), supõe que o mundo é tão complexo que não poderia se explicar e descrever com uma única teoria e, por tal razão, é possível formular diferentes e independentes teorias do mundo. Portanto, ele propõe sua defesa da existência das entidades em termos, tais como intervenção e coincidência ou intervenção e explicação. Isto porque, segundo o autor, a forma de conhecer o mundo se deve a como os seres humanos intervêm nele e não como o representam. Assim, as entidades existem por serem possíveis de manipulação pela intervenção do homem.

Segundo I. Hacking (1983, p. 263), a realidade encontra-se mais relacionada com aquilo que se faz no mundo, do que se pensa dele. Portanto, o realismo é um assunto de intervenção no mundo, mais do que sua representação em palavras e pensamentos.

Assim, a experimentação com uma entidade não obriga a acreditar na existência dela. Mas, a manipulação de dita entidade para fazer experimentos num campo diferente daquele onde foi estudada, obriga a acreditar na sua existência. Contudo, o autor aceita que certo nível de intervenção, ou seja, a prática experimental faça com que o realismo científico seja inevitável.

Para I. Hacking, (1983, p. 188-207) existe uma grande diferença entre aquilo que, por coincidência, possa se considerar como “*real*” ou como artefato do “*sistema físico*”. Isto é, que é possível olhar os mesmo traços fundamentais de certa estrutura, utilizando diferentes sistemas físicos. Então, se há razões aceitáveis para supor que aquilo é real, então, existem estruturas diferentes em

cada um dos sistemas físicos, sendo, por conseguinte, somente artefatos do sistema.

Ainda que a intervenção seja um dos pontos centrais na proposta de I. Hacking, tal “intervenção” no mundo ainda apresenta espaços não muito claros, alvo de questionamento, por exemplo: qual é a realidade a ser intervinda?; Pode existir uma realidade antes e outra depois da invenção?; Como é possível desenhar ou criar aparelhos, instrumentos ou experimentos para identificar uma determinada entidade, supondo que ela seja hipotética, isto é, não seja outra coisa além de uma invenção do ser humano?.

Segundo Bensaude-Vincent (2008), ao aplicar-se a teoria de I. Hacking na química, admite-se que todos os químicos são realistas, pois eles acreditam na realidade das entidades que lhes permite intervir no mundo exterior, ou creem serem afetados por ela (*realismo operativo*⁶). Continua a autora estabelecendo que [...] *o mundo natural é um teatro de operações; as entidades que subjazem aos fenômenos macroscópicos observáveis estão acima de todas as entidades* [...].

1.2.4 Antirrealismo de teorias científicas e de entidades teóricas

Ao supor que a finalidade das ditas teorias é a busca de uma única verdade sobre o mundo, então, admite-se que só existem dois critérios únicos de avaliação: verdadeiro ou falso. Para um realista científico, o fato de que uma teoria

⁶ Realismo que supõe existência das entidades permitindo intervir no mundo.

científica seja um bom instrumento de predição (confiabilidade instrumental) faz com que ela seja verdadeira; caso contrário, dita teoria seria falsa.

Outro caso é o de supor as teorias científicas como *aproximadamente verdadeiras*. Então, pode-se assumir que elas têm tantas partes verdadeiras, quanto partes falsas, porém, seria a porcentagem de uma ou de outra a que determina se ela é um bom instrumento de predição, sendo certamente probabilístico. Tal avaliação, segundo Dutra, (1998, p. 40) seria feita em termos da sua plausibilidade, em face da tradição científica estabelecida. Diante deste argumento, os antirrealistas apresentam um contra-argumento, estabelecendo que, na história das ciências, podem-se encontrar bons exemplos de teorias científicas que foram falsas, mas que, mesmo assim, foram bons instrumentos de predição.

Neste apartado, não se pode deixar de lado a *inferência da melhor explicação*, que é outra possibilidade do realismo científico. Em tal formulação, afirma-se que quando se tem um fenômeno (X) e que para tal fenômeno se tem explicações (A, B, C...), a *inferência da melhor explicação*, não é outra coisa, que a escolha ou apoio à explicação que melhor dê conta do fenômeno estudado. Assim, para X, podem-se ter inúmeras explicações, mas se A é a que melhor explica X, então, ela será a teoria correta. Mas, como aponta Van Fraassen, a “inferência da melhor explicação” apresenta o problema da circularidade. Isto é, para poder escolher uma das possíveis explicações do fenômeno, é preciso supor que o fenômeno seja como a teoria diz que é. Portanto, está implícita uma

suposição que faz com que a inferência da melhor explicação, de fato, já explique aquilo que está sendo estudado.

Para poder escolher o tipo de realismo que dará conta do caráter real das entidades teóricas na formulação da lei periódica, é importante olhar uma última perspectiva que refere ao antirrealismo tanto de teorias científicas quanto de entidades teóricas. Este não se preocupa com o caráter de verdade das teorias científicas e com a existência das entidades teóricas. Neste tipo de abordagem, toma-se como referente à proposta do *empirismo construtivo* de B. Van Fraassen, que, segundo sua definição, é assumido como que os enunciados podem ser observados e a ciência é uma atividade de construção, não de descoberta (VAN FRAASSEN, 1980, p. 22).

Outro argumento antirrealista estabelece que tanto as teorias científicas, quanto as entidades teóricas dependem das observações, ou seja, elas estão subdeterminadas, e dita subdeterminação se transforma num obstáculo para decidir se são verdadeiras ou não. Neste sentido, argumenta Van Fraassen (1980, p. 01) que não se pode exigir que uma teoria que seja verdadeira, desde que seja empiricamente adequada.

Porem, toda formulação está subdeterminada à observação do mundo físico ou observável, porque como o próprio autor argumenta, não é a experiência que justifica o passado, o presente e o futuro de todas as observações do mundo

inobservável, argumento que permite afastar-se do mundo metafísico (VAN FRAASSEN, 1980, p. 12).

Este argumento de aceitação das teorias não só depende de que elas sejam empiricamente adequadas, mas também das duas dimensões que estruturam a crença na adequação empírica. A primeira, a *dimensão epistêmica*, como a que estabelece o tipo de relação que tem a teorias científicas com o mundo, e a segunda, a *dimensão pragmática*, que diz respeito à utilidade de tal teoria (VAN FRAASSEN, 1980).

Então, é necessário explicitar melhor o que se entende por *adequação empírica*. Segundo Van Fraassen (1980, p. 64), na proposta de empirismo construtivo, a atividade científica se estabelece como de construção e não de descoberta, então, em tal processo de construção se formulam modelos que são empiricamente adequados. Isto é, uma teoria propõe uma família de estruturas ou modelos (caráter semântico), cujas partes representam diretamente objetos observáveis, e estas partes são denominadas *subestruturas empíricas*.

Assim, uma teoria científica pode ser considerada empiricamente adequada, se suas subestruturas empíricas são isomórficas às aparências - experimentos, medições, etc.-, de forma que todos os elementos encontrados nas aparências devem estar representados na mesma organização, no interior das subestruturas empíricas que configuram o modelo.

Van Fraassen, (1980, p. 197) sendo um antirrealista de teorias e de entidades, formula o seu próprio conceito de verdade, o qual não se afasta da verdade como correspondência entre o mundo e a teoria científica. Ele estabelece que se tal isomorfismo fosse completo, isto é, que se as estruturas empíricas correspondessem, na mesma organização, com as aparências, tanto no nível observacional quanto no nível inobservacional, poder-se-ia afirmar que o mundo é como a teoria diz que ele é. Portanto, ter-se-ia uma única verdade, mas isto não seria mais do que uma idealização deste termo.

No que tem a ver com o uso, ou melhor, com a interpretação da linguagem científica, Van Fraassen estabelece que tal linguagem deve ser interpretada de forma literal, pois se o termo é empregado dentro da estrutura de uma teoria, ele deve designar ou apontar para um objeto específico, e não para outros, porque o termo tenta não somente caracterizar tal objeto, mas também aponta as diferenças que ele tem com relação aos outros.

1.3 Das entidades teóricas e o realismo na química

[...] Não volto os olhos ate o meu ensaio imperfeito para explicar a natureza do éter, desde um ponto de vista químico, como algo que vai além da expressão de uma serie de pensamentos que surgiram na minha mente, a partir de fatos, e que tenho desenvolvido com animo de não se perderem [...] se encerram uma parte de verdade natural procurada por todos [...]. (D. Medeleev. Apud Bensaude;Vincet. 1998, pp 506)

Supor que o mundo físico é real não é tarefa difícil, uma vez que se assume “físico” como tudo aquilo que se pode observar (mundo empírico ou mundo observável), mas o que acontece quando o alvo do realismo aponta para o macro ou para o micromundo, isto é, para o limite do universo ou das partículas

subatômicas? Talvez não fosse possível argumentar, sob o suposto de “se somos todos científicos e o mundo é real, então somos todos realistas científicos” (VAN FRAASSEN, 1980).

Portanto, tudo aquilo que estivesse no nível do não observável, seja macro ou micro, então seria real. Porém, é muito arriscado submeter a ciência a uma formulação tão precária. Mas, de outro lado, não é possível deixar de pensar uma ciência que não estivesse influenciada pelo realismo científico. Mas, se o objeto estudo e a busca da verdade das teorias e da existência das entidades, então haveria uma ciência que se comportaria como o conceito matemático de “limite”. Este se assume como tendência de uma sucessão ou função a alcançar um determinado valor, portanto, existe um limite, mas que nunca poderá ser alcançado; “limite assintótico como meta final, embora nunca alcançável da pesquisa” (LUCENA, 1998, p. 05).

Contudo, na ciência e no ensino das ciências, o realismo tem se convertido num problema a ser superado, porque como afirma Mohrhoff (2008), um ensino da física desde esta perspectiva tende ao fracasso. Especificamente, o realismo na química tem sido alvo de estudo e análise, tanto de filósofos quanto de historiadores desta ciência. Porém, tal realismo está diretamente ligado ao reducionismo da Química à Física, o problema da autonomia e ao fisicalismo.

Estes aspectos tem se transformado nos alvos de pesquisa da Filosofia da Química (SCERRI; MCINTYRE, 1997; VAN BRANKEL, 2000; LABARCA, 2005; VIVAS-REYES, 2009; GARAY, 2011), considerado outrora como campo

emergente, hoje subárea consolidada da filosofia das ciências. Outros campos de pesquisa que são alvo de estudo desta filosofia específica: segundo Labarca (2005) e Vivas-Reyes (2009), por exemplo: definição de leis, modelos e teorias na química; a química como ciência, a imagem da química e a sua relação com o meio ambiente.

Dentro dos trabalhos feitos nesta abordagem, é possível citar autores tais como Scerri (2000; 2001), Caldin (2002), Tontini (2004), Lombardi e Labarca (2005), Labarca (2005), Schummer (2006), Schummer e Spector (2007), Van Brakel (2000), os quais apresentam diferentes posicionamentos em torno do realismo na Química. Assim, por exemplo, Scerri (1999; 2000) estabelece que tanto químicos quanto professores de química são realistas ingênuos⁷, porém, em outros trabalhos, ele é menos enfático e afirma que não é bem o realismo ingênuo, mas, sim, um realismo moderado (Scerri, 2001). Também, há discussões voltadas ao realismo de entidades teóricas e ao realismo como critério de autonomia, frente a um possível reducionismo da Química à Física (Crasnow, 2000).

Segundo Scerri (2000), a maioria dos químicos reage com total incredulidade, frente à ideia de supor que uma entidade possa ser somente uma invenção, ficção ou simplesmente um ente hipotético – refere-se particularmente à

⁷ Neste trabalho, assume-se este tipo de realismo como aquele onde as coisas existem independentemente da consciência, e que estas são exatamente como foram pensadas. Aceitam-se dados e objetos que provierem do sujeito pensante como reais, e o pensador como meramente passivo no processo. Neste realismo, não existe espaço a dúvidas do conhecimento e ainda menos da realidade.

estrutura molecular -⁸. Isso se deve a posicionamentos como o de Ramsey (1997), que argumenta a favor de uma interpretação realista dos conceitos, estabelecendo que quando se tem uma interpretação adequada de um conceito, ele passa a ser um “objeto de crença”.

Na química, assim como em outras ciências experimentais, existem teorias científicas que usam termos que designam entidades teóricas, as quais, segundo Labarca (2005), devem ser discutidas desde um âmbito epistemológico e ontológico. Tais termos, como se afirma no realismo científico, supõem que as ditas entidades existam, na medida em que as teorias determinem o que elas sejam. Termos como orbital atômico ou configuração eletrônica são centrais na Química; por esta razão, pode-se perguntar se tais entidades são reais e a qual mundo pertencem, se ao químico ou ao físico. Mas, como argumenta Scerri (2000), no caso do conceito “orbital atômico”, ele é apenas um modelo matemático e o seu análogo físico talvez seja aquilo denominado como densidade de carga.

Em química, assim como em outras ciências experimentais ou naturais, existem conceitos científicos que se supõe referir-se a entidades que existem no mundo. Mas pode se questionar sobre a natureza de tais entidades teóricas formuladas no interior do conhecimento químico. Isto porque, na história da química é possível identificar termos que se referem a entidades, mas que por serem mais funcionais dentro de dito conhecimento, foram modificados ou substituídos. Portanto, pode-se questionar como formular a existência real das

⁸ Neste caso, Scerri discute a ideia de estrutura molecular como uma metáfora, mas do que uma entidade real, argumento também discutido em Schummer (1998), quem estabelece que a estrutura molecular é tão só uma idealização do pensamento humano.

entidades teóricas na química, e especificamente no livro “The principles of Chemistry by D. Medeleev” a respeito da formulação da lei de periodicidade.

Assim, pode-se assumir, para fins práticos deste trabalho de pesquisa, que a existência das entidades depende de regularidades empíricas constatáveis e não da observação direta destas (Zavadivker, 2006). Isto conduz à aceitação de um realismo ontológico, a existência das entidades independentes da teoria e ao afastamento de um realismo epistemológico e semântico.

Nesta busca dos argumentos que permitam estabelecer a existência das entidades, podem-se utilizar os três mundos de Popper: o mundo um, dos objetos e fatos naturais; o mundo dois, das ideias; dos estados mentais e; o mundo três, dos conteúdos objetivos do pensamento, como sendo o produto das interações físicas e mentais sobre a natureza.

Contudo, existem outras propostas, como a formulada por Bunge M., das leis 1 e 2; as primeiras referem-se ao comportamento real e objetivo do mundo. As segundas, são os enunciados teóricos com os quais se tenta explicar as primeiras, mas estas – as segundas -, estão determinadas pelos contextos, juízos de valor, e todos aqueles aspectos que permeiam o pensamento humano. Isto também foi formulado por Platon, na sua teoria de dois mundos, o mundo um ou o mundo em sê: o mundo natural e o mundo dois ou o mundo das ideias: aquele construído pelo pensamento humano.

Em consequência disto, o caráter real das entidades teóricas, vai depender da observação das regularidades empíricas – dados, medições, registros - no observável, porém, como assegura Zavadivker (2005):

[...] os aspectos observáveis de tais entidades não são mais do que dados que indicam a presença de fenômenos existentes [...] [...], mas o relevante e perdurável, além das aparências concretas que adotem, são os fenômenos em si, que só podem ser entendidos em termos dos significados que adotem tais construções sociais [...].

1.3.1 Das entidades teóricas na química

Na Química, assim como nas outras ciências, formularam-se termos, ou conceitos científicos, que procuram ter um análogo no “*mundo real*”. Mas, é possível afirmar que realmente se referem a objetos, fenômenos ou eventos no mundo real. Por exemplo, sobre o termo *gás ideal*, graças à regularidade empírica, não se pode afirmar que a entidade *gás* não existe, no observável, porque, de fato, e concordando com I. Hacking, ele é passível de manipulação no mundo empírico. Porém, o termo *ideal* tem uma função meramente heurística, isto é, tal termo simplifica a complexidade do fenômeno.

De acordo com Popper K. (1977), esta entidade existe sim, mas no mundo das ideias, o mundo dois, no qual tal entidade - gás ideal - se comporta idealmente em condições específicas. Mas, ter tais condições de idealidade ainda é objeto de pesquisa. No caso da temperatura, tem sido possível ir além do zero absoluto (Braun et al 2013), o que leva a uma ressignificação da ideia de “comportamento ideal dos gases”, que dê conta das novas regularidades empíricas. Portanto, há uma aceitação do realismo ontológico, isto é aceitar a existência das entidades, a

razão de poder manipulá-las no plano meramente empírico, mas que os conceitos que as designam são suscetíveis de mudança nas suas formas de significar e de sentido.

Outro exemplo de conceito idealizado na Química é a estrutura molecular. Como afirma Schummer (1998), este é apenas uma idealização do pensamento científico. Existem muitos outros conceitos químicos que são apresentados como objetos reais, como o caso do orbital (ZUO, et al 1999), do átomo (STREED et al 2012), da ligação química (SAVIN, 1994); da estrutura química (GROSS et al, 2009). Porém, alguns autores da filosofia da química têm se preocupado pelo caráter real destas entidades e têm apresentado argumentos relevantes contra tal caráter real, como afirma Scerri (2000) a respeito do orbital; ou Labarca e Lombardi, (2010). em relação ao status ontológico das entidades químicas

Lucena (1998) afirma que, em certo momento histórico, o termo átomo se referiu a uma entidade de uso heurístico (ou seja, uma entidade que simplificava de alguma maneira o pensamento científico) até a sua “*identificação*”⁹, porém, isso aqui é só um exemplo de como as entidades tem mudado as suas formas de significar ou de sentido. Nas palavras de Tontini (2004), a entidade ainda continua a ser a mesma, só que hoje existe uma maior “*densidade semântica*”¹⁰.

⁹ Assume-se identificação como a atribuição de propriedades físicas ao construto teórico. Texto feito pelo autor da tese.

¹⁰ Tontini afirma que as entidades têm existido sempre e que elas não têm mudado, o que tem mudado é a nossa forma de aproximação, porém o que temos a falar delas hoje é mais, a este sistema de proposições sobre entidades, ele denomina como Densidade Semântica.

Isso apenas evidencia que alguns dos conceitos usados nas teorias científicas, que designam as entidades teóricas, muitas vezes mudam o seu sentido e o seu significado. Portanto, acreditar em tais termos e na existência daquilo que eles se referem, pode suscitar dúvidas e, por consequência, supor que o mundo não é da forma como as teorias científicas afirmam que ele é, e que as entidades teóricas referidas são apenas, dependendo da sua função, termos que heurísticamente ajudam a explicar os fenômenos.

No caso de conceitos, tais como: elétron, próton, nêutron ou quart, poderia se supor, a partir dos realismos acima expostos, que as entidades por elas referidas, existem apenas pelo fato de fazerem parte de uma teoria científica; ou sua existência depende da nossa intervenção no mundo, mas não de ditos conceitos ou das teorias científicas que as referem; ou que ditos conceitos tiverem uma função meramente heurística e, portanto, tais entidades não passarem de mera invenção do pensamento (uma ficção) que ajuda a explicar os fenômenos, tal como aconteceu com o termo átomo no século XIX.

Como o explica Lucena (1998 p. 07), no século XX, muitos químicos aceitaram a teoria atômica de Dalton como recurso heurístico e preditivo, porque acreditavam que o átomo não passava de uma função útil. Porém, quando se tem uma perspectiva do realismo de entidades, como propõe Hacking, então se pode afirmar que, apenas pelo fato de ser possível a manipulação das entidades inobserváveis, tais partículas existem, mas as teorias ainda não conseguiram descrever, nem representar tal e como elas são na realidade.

Em relação à inferência da melhor explicação, no caso de Rutherford, o modelo atômico nuclear era a melhor explicação do fenômeno de dispersão de partículas alfa, o qual não era explicitado no modelo até então aceito (o modelo atômico de Thomson), que o considerava apenas como inexplicável – mesma estrutura de argumentação utilizada pelo químico Francês Jean Perrin, para estabelecer, a existência dos átomos. (LUCENA 1998 p. 10).

Pode-se afirmar que tal inferência da melhor explicação encontra-se sempre num contínuo processo de aperfeiçoamento no caso da Química, como nas outras ciências da natureza ou experimentais. No caso da Química, formulações anteriores, como a da teoria atômica, a do comportamento dos gases e até a da lei periódica, têm tido contínuos processos de aperfeiçoamento, o que hoje poderia se assumir como a inferência da melhor explicação dos fenômenos, caso fosse à defesa do realismo das teorias e das entidades.

Porém, neste trabalho assume-se o realismo ontológico, que se apoia no novo experimentalismo, portanto, acredita-se na existência das entidades que são manipuláveis no mundo do observável, mas que os conceitos e as teorias científicas que as referem são limitadas. Concorde-se com Tontini (2004), em que as entidades têm existido e o que tem mudado é o nosso conhecimento delas. Portanto, a densidade semântica tem aumentado.

Em termos dos três mundos de Popper, assume-se a existência de um mundo um, o mundo dos objetos, no qual, as entidades sempre têm existido, como afirma Tontini (2004) [...] *o grupo nitro é exatamente igual hoje, como foi em 1920*,

mas a densidade semântica tornou-se maior, porque hoje se sabe muito mais a respeito das suas transformações, condições e reatividade [...] em e com outros grupos funcionais. Porém, dita densidade semântica faz parte do mundo dois de Popper, e em consequência, o que sabemos do grupo Nitro e da entidade a que refere só adquire sentido no mundo três do Popper.

1.3.2 Do caráter Real das Entidades Teóricas em Química: alguns Exemplos

...O problema da estrutura dos átomos, é que ela tem sido estudada principalmente pelos físicos. Eles consideram de maneira muito pobre as propriedades químicas, as quais teriam que ser explicadas por uma teoria da estrutura atômica. A grande quantidade de conhecimento que se tem acerca das propriedades químicas e as relações como resumidas na tabela periódica devem ser usadas como um melhor argumento para uma teoria da estrutura atômica, do que os relativamente escassos dados experimentais obtidos através das ideias físicas. Langmuir, I. (1881-1957)

Concorda-se com Langmuir, que existe um conhecimento químico além das meras explicações físicas e matemáticas dos fenômenos que, em teoria, seriam químicos, como o equilíbrio químico ou a estequiometria. Tal conhecimento se refere a uma química descritiva qualitativa, que tem mais a oferecer do que os axiomas matemáticos que analisam fenômenos químicos. Tal química faz uso de termos tais como reatividade, transformação, afinidade, seletividade, valência entre outros, e reformulando alguns tais como ligação química (Taber, 2005); Orbital (Scerri, 2000); reação química (Schummer 1999), assim como o estatuto ontológico e epistemológico das relações em química (Bernal; Daza, 2010); ou o estatuto ontológico e epistemológico das entidades em química (Labarca; Lombardi, 2010).

Nestas novas formulações, a natureza do conhecimento químico, o realismo, ou melhor, o caráter real das entidades teóricas em química, tem sido alvo de novas e enriquecedoras discussões. Quintanilla (2010), por exemplo, estabelece que, a partir de um olhar epistemológico para as concepções realistas, pragmáticas e/ou naturalistas mais ingênuas¹¹ das ciências, as teorias científicas descrevem razoavelmente como o mundo realmente é, traduzindo neste, coisas que podem se caracterizar pelas suas propriedades.

Partindo deste suposto, Quintanilla afirma que [...] *as teorias na química são descrições verdadeiras do que acontece no mundo* [...] (QUINTANILLA, 2010, p. 48-49). Mesmo assim, ele reconhece mais adiante que, na Química, pode-se ter mais de uma explicação para o mesmo fenômeno, como por exemplo, a teoria do ácido-base de Arrhenius, Bronsted-lowry e a teoria de Lewis. Para estabelecer uma possível saída deste problema, ele apoia-se no realismo não representativo de Chalmers (1993)¹², o qual formula que as teorias científicas descrevem e predizem um espectro maior de fenômenos.

Alguns autores defendem uma perspectiva realista na Química, citando como exemplos Ramsey (1997); Crasnow (2000); Izquierdo (2010). Sendo isto evidente em afirmações, como a de Meyerson (1931, (Apud Bensaude-Vincet, 2008; Espinoza, 2008), que estabelece que [...] *os químicos não podem prescindir da existência dos átomos* [...], mas como afirma Bensaude-Vincet (2008), os

¹¹ É importante considerar o suposto que toda postura teórica neste caso epistemológica, segundo o autor, senão argumentada teoricamente, ela pode recair num “ingênuo”, por exemplo, num instrumentalismo ingênuo pode se considerar as observações como reais, mas as teorias científicas baseadas em ditas observações são ficções.

¹² Para revisar os argumentos do realismo não representativos, ver Chalmers 1993, 1986.

químicos nem sempre se preocuparam com a existência ou não do átomo, mesmo o próprio D. Mendeleev na sua formulação do “princípio de periodicidade”¹³.

Por outro lado, existem autores como Bensaude-Vincet, que estabelecem, a partir do estudo da história da química, que dita perspectiva realista, nem sempre foi considerada pelos químicos. Em um de seus trabalhos, a autora comenta:

[...] Os químicos fizeram uso de modelos atômicos e moleculares sem se preocupar com o caráter real ou não destes, inclusive fazendo uso de conceitos tais como orbital molecular, os químicos não coisificaram¹⁴ (materializaram), afirmando que são apenas simples modelos ou artefatos instrumentais (Bensaude-Vincet, 2008, p. 45).

Porém, é preciso considerar que mesmo que não se refletisse sobre a realidade das entidades, aceitava-se uma parte delas como real, como é apresentado no texto de Bensaude-Vincet, que se apoiou no argumento de Dunham:

O que em geral, então, é um mixt? Uns diferentes dos outros, são criados pelo contato. Gradualmente, eles desaparecem, eles deixam de existir e, em seu lugar, um novo corpo é formado, diferenciando-se pelas suas propriedades de cada um dos elementos, que produziram a partir do seu desaparecimento. Neste mixt, os elementos já não têm qualquer existência real. Eles existem apenas potencialmente, porque a destruição do mixt pode regenerá-los (DUHEM, 1902, p. 05 apud BENSAUDE-VICENT, 2008, p. 45-54).

Para estes autores, os químicos não estão preocupados com a natureza fina da matéria, portanto, são descartadas todas as teorias sobre a existência ou não de entidades químicas, como o átomo, até os trabalhos de D. Mendeleev.

¹³ É importante deixar claro que o fato de que antes de ser formulado como lei, o fenômeno de periodicidade primeiro foi um princípio, que de acordo com os dados, reformulou-se como lei.

¹⁴ Na defesa da ontologia química Lombardi, 2010, defendeu também esta postura semântica, na qual estabelece que é a melhor tradução que se pode fazer deste termo do inglês “thing”.

Mas, com as formulações teóricas fisicalistas do átomo feitas por L. Pauli (1939), tal perspectiva fixou-se no pensamento dos químicos e professores de Química.

Evidentemente, assumir uma postura realista na Química gera ainda mais problemas, mesmo sendo aqueles possíveis de explicar, pois, como supõe Quintanilla (2010), existem diferentes formulações teóricas em Química, que podem explicar de forma eficiente um fenômeno; porém não se pode estabelecer o análogo no mundo do inobservável e intocável, como afirma Izquierdo (2010).

CAPITULO II

2 O PAPEL DA HISTÓRIA DA QUÍMICA NA ACEITAÇÃO DAQUILO QUE É DENOMINADO COMO ENTIDADE TEÓRICA¹⁵

A filosofia das ciências sem a historia das ciências é vácuca; a história das ciências sem a filosofia das ciências é cega (Lakatos, 1987).

Conhecer, estudar e analisar a história das ciências permite repensar em torno das teorias científicas e a sua relação com as entidades teóricas. Além disso, possibilita o estudo da natureza do conhecimento científico, assim como as perspectivas filosóficas dominantes na construção de dito conhecimento.

Como este trabalho discute o caráter real das entidades teóricas, na formulação da lei de periodicidade no Livro “The Principles of Chemistry” por D. Mendeleev, recorreu-se à história, para citar exemplos de entidades que têm sido usadas como instrumentos de predição nas teorias científicas, mesmo que ditas entidades tenham mudado o seu significado e seu sentido, ou simplesmente fossem abandonadas, questionando ou não a sua existência no mundo “real”.

Diferentes questionamentos emergem na procura por uma definição, identificação ou caracterização daquilo que, dentro de uma comunidade de especialistas, tem sido aceito como entidade teórica (Van Frassen, 1980; Hacking

¹⁵ Uma parte deste trabalho foi apresentada sob o título EL PAPEL DE LA HISTORIA DE LAS CIENCIAS EN LA DEFINICIÓN DE AQUELLO QUE ES ACEPTADO COMO ENTIDAD TEÓRICA. VI Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias. Bogotá, Colômbia. Outubro 25 de 2011

1983; Cartwright, 1983; Dutra, 1998). Porém, neste trabalho, assume-se Entidade Teórica, como aqueles termos ou conceitos científicos, formulados nas teorias científicas, e que se referem a objetos físicos no mundo do inobservável (macro e micro), mas que sua existência depende das regularidades empíricas observáveis.

Na estrutura conceitual das teorias científicas, encontram-se conceitos que se referem a *supostos objetos físicos que estruturam* o mundo “real”, como tijolos numa parede. Os objetos físicos referidos por tais conceitos, na maioria dos casos, são os responsáveis diretos dos fenômenos, mas não é o fenômeno em si, portanto, muitas vezes, a forma de significar do conceito responde as necessidades do fenômeno, mas não do objeto referido.

Portanto, questionamentos a respeito da natureza de ditas entidades; da função dentro das teorias científicas; e sobre o papel na construção das visões do mundo (ontológico); e no que se refere ao significado e ao sentido, podem ser analisados e caracterizadas graças à história das ciências.

A reconstrução e o estudo da história possibilitam reconhecer as diferentes visões, tanto da ciência (componente epistemológico) quanto do mundo e da realidade (componente ontológico) (ABRANTES, 1998). Tais estudos permitem processos de identificação daqueles conceitos científicos que designam entidades teóricas que supõem ter um análogo (objeto físico) no mundo. Portanto, um estudo da história das ciências oferece uma gama de abordagens possíveis no estudo da

natureza das entidades, na sua aceitação, ressignificação e, em alguns casos, na sua rejeição e/ou esquecimento.

2.1 A História das Ciências e a caracterização das Entidades Teóricas¹⁶

No caso da teoria dos quatro elementos, afirma Agafoshin (1973) que Aristóteles defendeu estes elementos formulados por Empédocles afirmando que deveriam ser considerados não como substâncias materiais, mas sim como “elementos filosóficos”. Portanto, desde a concepção de matéria, no tempo dos gregos, foi possível pensar nas entidades para além dos elementos materiais. Desta forma, aquilo que era conhecido como matéria, não passava de produto das interações das qualidades destas substâncias materiais..

Outras entidades teóricas que foram importantes na configuração do conhecimento químico, mas que têm sido abandonadas, por causa do avanço na configuração das novas comunidades científicas, assim como do conhecimento científico, são o elixir da eterna juventude e a pedra filosofal (Bensaude-Vincet, 1992; Brook, 1998). Outro exemplo que ainda hoje tem relevância nos estudos históricos, na consolidação da Química como ciência, é o éter, o qual se manteve presente, ainda nas formulações da tabela periódica.

¹⁶ Alguns dos argumentos deste item foram apresentados por Garay Garay, F., El-Hani, C. (2011). THEORETICAL ENTITIES OR UNOBSERVABLE ENTITIES; Discussions to Increase the Field of Philosophy of Chemistry. The International Society, for the Philosophy of Chemistry – Summer Symposium 2011. Universidad de los Andes. Bogota, Colombia.

Assim, Laudan (1984), apresenta uma listagem de exemplos daquilo que tem sido aceito como teoria científica. Dentre estas, estão a teoria do calórico, a teoria vitalista e a teoria do flogístico. Eis a relevância do estudo da História das Ciências, a qual possui diferentes perspectivas, como se mencionou anteriormente, porque permite aproximar daquelas teorias e entidades teóricas que configuraram um mundo, que deram explicação a determinados fenômenos.

Porém, com o decorrer do tempo e da evolução das comunidades científicas, tornaram-se inúteis, deficientes ou simplesmente não conseguiram dar conta dos fenômenos. Desta forma, foram esquecidas ou reformuladas, de acordo com os novos conhecimentos. Dito em outras palavras, o seu potencial de explicação foi se desvanecendo até desaparecer no interior da comunidade de especialistas, do conhecimento científico e da comunidade geral, sendo o seu estudo apenas possível através da História das Ciências.

O argumento anterior é apresentado por Abrantes (1998), ao afirmar que, durante o avanço da ciência, têm sido introduzidos diferentes termos para tentar descrever ou designar “algo” no mundo natural, termos que não são outra coisa, senão entidades teóricas que, dependentes da sua forma de significar, da sua importância no interior da formulação teórica e na comunidade de especialistas, podem ter aceitado sua existência. Este foi o caso de termos como: esferas cristalinas, flogístico, calórico, éter e gérmen.

Segundo Abrantes (1998), grande parte daquilo que vem sendo aceito como conhecimento científico, tem sido baseado nesses tipos de casos. Porém, não se pode afirmar que tanto estes termos quanto os anteriores tenderão a desaparecer ou a mudar a sua forma de significar. Mantendo o termo, como é o caso do “átomo”, cujo termo ainda está presente não só na teoria atômica, ou na defesa da autonomia da Química à Física (LOMBARDI 2005; LABARCA et al, 2005), e mesmo que suas formas de significar tenham mudado em concordância com os novos sistemas de conhecimento, termos tais como quark, placas tectônicas, universos paralelos, fóton, neutrino, pósitron ou antimatéria, atualmente, são passíveis de crença e aceitação. Porém, provavelmente no futuro, eles figurarão apenas na História das Ciências.

2.2 Da História da Química

Segundo Nieto-Galan (2010), o estudo da história das ciências começou em final do século XIX e início do século XX, graças a trabalhos desenvolvidos por cientistas como M. Chevreul, H. Kopff, M; Berthelot, dentre outros. Portanto, afirmasse que dita reconstrução histórica teria sido influenciada pelo positivismo, voltando-se a uma história referente a indivíduos com habilidades superiores na compressão do mundo, na formulação das suas teorias e na comprovação destas na experiência.

Porem, a Química era considerada uma ciência carente de história, devido à iniciativa de cientistas, como A. Lavoisier (1743-1794), que defendiam a

necessidade de apagar os saberes, as técnicas e experimentos provenientes do conhecimento alquímico, focando-se apenas em uma nova Química, abstrata e universal (NIETO-GALAN, 2010).

Mas é só a partir da década 1950, que a perspectiva teórica das análises e das reconstruções históricas nas ciências mudou para uma historiografia das ciências. Com essa historiografia, novas variáveis, como o contexto social, político, econômico e cultural, passam a ser incluídas. Assim, essa nova perspectiva surge com os trabalhos de T. Kuhn, na ciência em geral e, mais recentemente, com os trabalhos de D. Knight (1992), W. Brook (1992), B. Bensaude-Vincent e I. Stengers (1993), T. Levere (2001), dentre outros, na história da Química em particular.

Através dos estudos acerca da construção do conhecimento científico e, por sua vez, da ciência, tem sido possível identificar e caracterizar algumas perspectivas históricas, e a partir destas, se tem construído tais processos de construção e reconstrução. Assim, por exemplo, surge uma história das ciências, caracterizada pelos argumentos positivistas em sua construção; uma historicidade das ciências, na qual o componente social adquire uma grande relevância, isto é, fatores externos, como o econômico, político, social e cultural passam a fazer parte desses processos de reconstrução; também, existem a história interna e externa, natural e social, e a história intelectual das ciências e do conhecimento científico.

Pesquisadores, como Quintanilla (2005), tentam aproximar as ditas reconstruções históricas com o contexto escolar, estabelecendo a possibilidade de se levar toda uma historicidade das ciências às salas de aula: autores (homens e mulheres dedicados a esta atividade), instrumentos (equipamentos, aparelhos, artefatos), métodos (reconstrução de práticas experimentais relevantes) e formulações teóricas (conceitos, axiomas, sistemas de proposições, entre outros).

Porém, não existe uma definição única para aquilo que pode ser entendido como “história”. Para fins concretos deste trabalho, a historia é entendida aqui como um processo dinâmico de construção e de reconstrução de guerras, culturas, sociedades, junto à evidência de escritos, tradições, símbolos, danças, dentre outros registros que legitimam os que existiram num tempo único e específico.

Logo, a história das ciências está à margem de tais processos que nos têm permitido aproximar, conhecer, identificar e caracterizar as formulações teóricas, as práticas experimentais e as inovações que fizeram sucesso nesses períodos únicos de espaço-tempo.

Segundo Labarca (2005), a tentativa de se aproximar de uma definição ou daquilo que pode significar “entidade teórica”, obrigatoriamente, implica adentrar-se em aspectos ontológicos e epistemológicos, convertendo-o num dos tópicos relevantes na filosofia das ciências gerais, como nas filosofias específicas, no caso da Química. O autor também afirma que, a partir de uma perspectiva

histórica, a busca de uma definição pode ser ainda mais difícil, devido ao fato de que, o que é entendido ou aceito como entidade teórica num momento, pode sofrer transformações no decorrer do desenvolvimento do conhecimento científico e ter novas formas de significar que sejam completamente diferentes daquelas iniciais (como no caso do átomo). Portanto, essa procura por uma definição pode levar ao anacronismo.

Porém, é necessário estabelecer ou definir os critérios que delimitam e enquadram a definição, isto é, supor que aspectos como: propriedades, função, características, formas de significação, de sentido, de referência, conceitos e axiomas, dentre outros, serão os que permitem encontrar tal definição ou que, pelo menos, estabeleçam um possível caminho de aproximação.

Nessa linha de raciocínio, é possível propor uma classificação das entidades teóricas, não com o intuito de se estabelecer uma estrutura delas, mas, sim, de caracterizar o papel que elas desempenham no interior das teorias científicas¹⁷.

Entidade	Função ou papel	Exemplo
Heurísticas ¹⁸	São todos aqueles termos que referem ou apresentam estados de idealidade da “realidade conhecida ou construída”, como pode ser o estado de idealidade dos	Gás ideal Éter

¹⁷ Esta classificação foi apresentada no I Congreso Internacional de Enseñanza de las Ciencias y la Matemática II Encuentro Nacional de Enseñanza de la Matemática, sob título “UMA PROPOSTA DE CARACTERIZAÇÃO DAS ENTIDADES TEÓRICAS SEGUNDO SEU PAPEL NAS TEORIAS CIENTÍFICAS. “Implicações no ensino de ciências”. Garay, F., Oki, M., El-Hani, C., (2011).

¹⁸ Chamizo (2010) estabelece estas possíveis realidades como modelos heurísticos. Porém, também podem ser entendidos como idealizações ou modelos ideais, mesmo porque não são reais, embora tentem apresentar, ou melhor, construir uma “realidade” ideal.

	gases ou o zero absoluto na escala de temperatura.	
Instrumentais	Entidades teóricas ou conceitos que se referem a ferramentas ou instrumentos de predição.	Espaço Tempo
Variantes	Todos aqueles termos que no decorrer da História têm-se mantido, mas que as suas formas de significar e o seu sentido tem mudado em concordância com os novos conhecimentos científicos.	Átomo Substância pura Substância simples Elemento
Matemáticas	São todos aqueles termos que fazem parte ou são produtos de uma formulação matemática, mas que na explicação do fenómeno adquirem um carácter de existência no mundo.	Orbital
Experimentais	Termos que resumem uma quantidade de dados, observações, registros e análise experimental em relação a réplicas de fenómenos naturais.	Partículas subatômicas Fótons

Quadro 1 Classificação das Entidades Teóricas

2.3 Uma aproximação à historia da Lei de Periodicidade

A formulação da lei de periodicidade surge como formulação didática, não como uma pesquisa no campo da ciência. Ela é uma resposta a uma necessidade de organizar a informação conhecida na química na época, e ser de mais fácil ensino, resposta que veio do professor não do cientista.

A reconstrução histórica, - perspectiva social¹⁹ - que se apresenta a seguir, foi realizada a partir da revisão de fontes primárias, secundárias e com apoio de bibliografia auxiliar. Foram consultados autores, tais como Taton, 1973; Van Sprosen, 1969; Scerri, 1999, 2000, 2001, 2002; Scerri e Worrall, 2001; Rodríguez, Mansoor, Brito, 2005; Hendry, 2005; Roman, 2002, Newlands, 1863; Mendeleev, 1879; Marshall, 2000; Lockemann, 1960; Linares e Izquierdo, 2007; Giunta, 1998, Garay, Gallego y Pérez, 2006, Garay, Gallego y Pérez, 2005, Döbereiner, 1829;

¹⁹ Assume-se dita perspectiva, em concordância com a definição de ciência como atividade humana, portanto, ela está imersa e permeada pelos contextos, social, político econômico e cultural (Garay, 2007).

Schneer, 1975; Partington, 1945; Meyer, 1870; Cubillos, 2003; Campbel, 1989; Ben-zin y Genut, 1998, Bensaude-Vincent, 1997, 1991; Akeroyd, 2003; Asimov, 1983; Kaji, 2002.

Porém, é necessário deixar claro que de um lado, alguns dos textos que foram procurados para dita reconstrução, não foram possível obtê-los ou por outro lado, o idioma em que foram escritos não é de domínio do autor desta tese, por isso, se usaram textos nas primeiras traduções ou aquelas versões que tentaram manter fidelidade com a versão original.

Ainda no século XVII, nos trabalhos de Boyle (1627-1691), aludem-se aos quatro elementos de Aristóteles e as qualidades fundamentais, (frio, quente, seco e húmido). O que se pode ressaltar é a ideia das interações e de afinidades entre os elementos, que na atualidade é um conceito importante nas novas formas de significar a tabela periódica, mas como uma tabela de relações entre os elementos e não como um quadro meramente informativo das propriedades físicas dos elementos químicos.

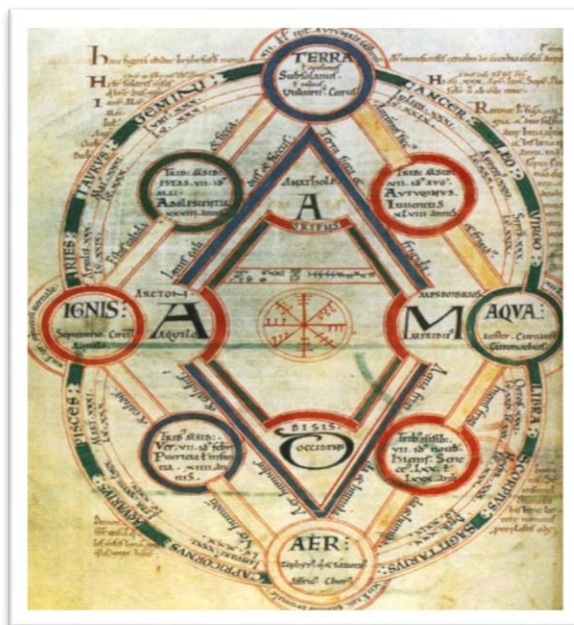


Ilustração 1 Os quatro elementos. Tomado de Polish magazine "Mówią Wieki", 12/2009. Último ingresso Junho de 2012. <http://www.historiakuchni.pl/index.php>

Assim, o conceito de afinidade é tomado por Etienne-François Geoffroy (1672-1731), que propõe que:

[...] sempre que duas substâncias com determinada disposição para se unir entre elas, estejam unidas, e se coloque uma terceira que tenha maior afinidade por uma delas, dita terceira se ligará com esta, desligando-a da outra [...]²⁰,

A partir deste pressuposto, ele formula dois tipos de atrações, as eletivas simples e eletivas duplas. Ele propõe uma tabela que tenta dar conta das afinidades entre substâncias, mas que não se aproxima de um conceito de periodicidade. Porém, os trabalhos de Geoffroy, são considerados de relevância na formulação da lei periódica.

²⁰ Tradução livre do autor do trecho, tomado de Quilez, J (2006; pp 46)

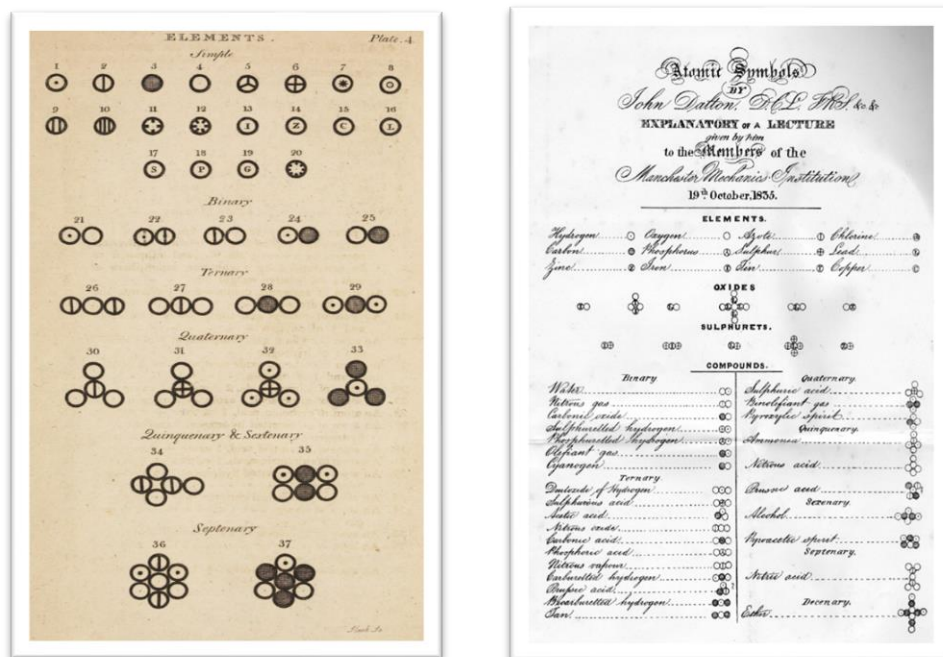


Ilustração 3 Tabela de elementos e compostos de J. Dalton. Tomado de A New System of Chemical Philosophy, 1808. Último ingresso Setembro de 2012 <http://rstl.royalsocietypublishing.org/content/116/174>
<http://web.lemoyne.edu/~giunta/dalton.html>

Uma proposta alterna, foi a formulada por J.J. Berzelius (1779-1848), além de trabalhar no que hoje é conhecido como leis ponderais, interessou-se também pelo problema dos pesos atômicos dos elementos, reformulando-os como “pesos de combinação” em termos de pesos atômicos relativos, tomando como base o valor de 100 que fosse assignado ao oxigênio, publicando a nova tabela de pesos atômicos em 1813, sob título “Tabela comparativa dos pesos atômicos dos corpos elementais”. Ele também ordenou os elementos em eletropositivos e eletronegativos

Names	Symbols	Weight in form of gas	Ditto at a minimum	Ditto at a máximum	Sp. gr. in a solid form
Oxygen	O	100.00	...	...	...
Sulphur	S	201.00	200.00	210.00	1.998

Phosphorus	P	167.512	167.3	...	1.714
Muriatic radicle	M	139.56	...	157.7	...
Fluoric radicle	F	60.	...	...	...
Boron	B	73.273	...	...	...
Carbon	C	75.1	73.6	75.9	3.5
Nitric radicle	N	79.54	75.51	...	...
Hydrogen	H	6.636	...	7.63	...
Arsenic	As	839.9	...	852.2	8.81
Molybdenum	Mo	601.56	...	...	8.6
Chromium	Ch	708.045	...	...	5.9 ?
Tungsten	Tn	2424.24	...	...	17.22
Antimony	Sb	1612.96	...	...	6.7
Tellurium	Te	806.48	...	819.	6.115
Columbium	Cl	...	...	...	...
Titanium	Ti	1801.	...	...	...
Zirconium	Zr	...	...	...	...
Silicium	Si	216.66	...	...	...
Osmium	Os	...	...	...	...
Iridium	I	...	...	...	...
Rhodium	Rh	1490.31	...	...	11.
Platinum	Pt	1206.7	...	...	21.65
Gold	Au	2483.8	...	...	19.361
Palladium	Pa	1407.56	...	...	11.871
Silver	Ag	2688.17	...	2718.31	10.51
Mercury	Hg	2531.6	2503.13	2536.1	13.56
Copper	Cu	806.48	800.	...	8.722
Nickel	Ni	733.8	...	...	8.666
Cobalt	Co	732.61	...	...	8.7
Bismuth	Bi	1774.	...	...	9.88
Lead	Pb	2597.4	...	2620.2	11.445
Tin	Sn	1470.59	...	...	7.299
Iron	Fe	693.64	...	...	7.788
Zinc	Zn	806.45	...	...	7.215
Manganese	Ma	711.575	...	...	8.013

Uranium	U	...	...	...	...
Cerium	Ce	1148.8	...	...	...
Yttrium	Y	881.66	876.42	...	...
Glucinum	Gl	...	...	...	...
Aluminum	Al	228.025	...	342.	...
Magnesium	Ms	315.46	301.63	321.93	...
Strontium	Sr	1418.14	...	...	...
Barytium	Ba	1709.1	...	...	...
Calcium	Ca	510.2	...	...	...
Sodium	So	579.32	...	...	0.9348
Potassium	Po	978.0	...	...	0.8

Ilustração 4 Tabela dos pesos atômicos relativos proposta por J.J. Berzelius. Último acesso em novembro 2012. <http://web.lemoyne.edu/~giunta/berzelius.html>

Em 1826, o mesmo Berzelius, revisou os valores por ele publicados a partir dos trabalhos adiantados por Dulong e Petit, sobre a constância de colar atômico, que logo seria formulada como lei. Logo, foi tomado o valor do hidrogênio como base, refazendo mais uma vez, ditos valores de peso atômico. Em 1850, Jean Servais Stas propõe o oxigênio como base de comparação com um valor de peso de 16,00. Em 1883, Karl Seubert e Lothar Meyer realizaram um novo cálculo dos pesos atômicos. Finalmente, em 1900, cria-se a Comissão Internacional de pesos Atômicos, que publica anualmente tabelas com valores de pesos atômicos, considerados de maior precisão (Lockermann, 1960).

Algumas aproximações feitas a respeito da ideia de “periodicidade” estão nos trabalhos desenvolvidos por J. P. Cooke²¹, Cremers, Glastone; Gmelin; Lenssen; Pettenkofer e Dumas, focados no caráter preditivo e nas reações dos compostos, no período compreendido entre 1860 e 1870.

INTRODUCCIÓN AL PENSAMIENTO QUÍMICO

O		N		H
F Cl Br J				Li Na K
S Se Te				Mg Ca Sr Ba
P As Sb				G Y Ce La
C B Si				Zr Th Al
Ti Ta W				Sn Cd Zn
Mo V Cr		U Mn Co Ni Fe		
		Bi Pb Ag Hg Cu		
		Os Ir Rh Pt Pd Au		

SISTEMA DE GMELIN (PUBLICADO EN 1843)

O		N		H
8		14		1
F Cl Br J				Li Na K
9 35 90 127				6 23 39
S Se Te				Mg Ca Sr Ba
16 39 64				12 20 44 68
P As Sb				G Er Y Tr Ce Di La
31 75 129				5 - - - 47 50 47
C B Si				Zr Th Al
6 11 21				22 60 14
Ti Ta Nb Pe		W	Sn Cd Zn	
25 184 - -	92	58 60 53		
Mo V	Cr	U Mn Co Ni Fe		
46 69	27	60 28 29 30 28		
		Bi Pb Ag Hg Cu		
		208 104 108 100 32		
		Os Ru Ir Rh Pt Pd Au		
		100 52 99 52 99 53 197		

SISTEMA DE GLASTONE (PUBLICADO EN 1851)

Ilustração 5 Tabelas periódicas de Gmelin y Glastone. Tomado de: Cubillos, G. (2003).

Em 1828, Dumas organizou os elementos em três, obtendo que os pesos atômicos eram números inteiros ou múltiplos de um meio, ou um quarto, formulando séries aritméticas complexas.

²¹ Seus trabalhos em química foram focados no desenvolvimento de um esquema classificatório dos elementos. Considerado também como o precursor impuro da tabela periódica (Contakes and Kyle, 2011)

a	$a + d$	$a + 2d + d'$	$a + 2d + 2d' + d''$
F	Cl	Br	I
19	19 + 16,5	19 + 33 + 28	19 + 33 + 56 + 19
[19]	[35,5]	[80]	[127]

Ilustração 6 Tabela dos elementos de Dumas. Tomado de: Taton, R. (1973). Historia de la Química.

J. W. Döbereiner, entre 1817 e 1829, assim como L. Gmelin, em 1843, propõem um sistema de classificação por tríades. Porém, Gmelin formula que tal relação entre os elementos que constituíam as tríadas, era o reflexo íntimo da “natureza íntima das substâncias” (Taton, 1973).

$Al : Gl : Yt : Ce = 1 : 2 : 3 \frac{1}{2} : 5$	↓	Cl	S	Ca	Li
		Br	Se	Sr	Na
		I	Te	Ba	K

Ilustração 7 Tabelas de tríades propostas por L. Gmelin e J. W. Döbereiner (Taton, 1973).

Em 1850, Max Von Pettenkofer, após trabalhos experimentais, conclui que o peso atômico relativo aos elementos semelhantes, diferiram por múltiplos inteiros.

E. Béguyer de Chancourtois, geólogo francês, entre 1862 e 1866, elabora um ordenamento dos elementos conhecidos em forma de hélice. Este foi dos primeiros trabalhos que tenta revelar a relação entre as propriedades dos elementos e o peso atômico.

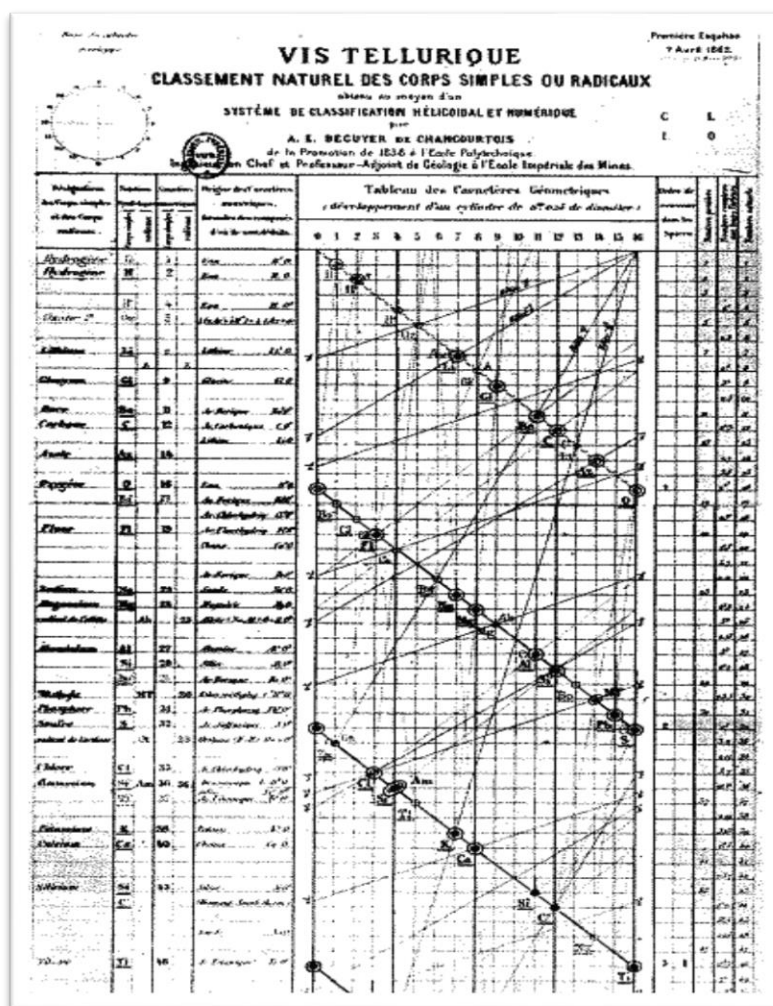


Ilustração 10 Tabela dos elementos elaborada por E. Béguyer de Chancourtois Último acesso em novembro de 2012 <http://culturesciences.chimie.ens.fr/>

J. A. Newlands, em 1865, propõe sua organização com o nome de “oitavas”. Tal ordenamento, similar aos anteriores, foi feito, tendo como critério o incremento no valor do peso atômico. Ele observou que nesta ordem, as

propriedades dos elementos se repetia após o sétimo elemento. Infelizmente, pelas imprecisões nos pesos atômicos, sua classificação não conseguiu dar conta dos elementos além do cálcio.

No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.
H 1	F 8	Cl 15	Co & Ni 22	Br 29	Pd 36	I 42	Pt & Ir 50
Li 2	Na 9	K 16	Cu 23	Rb 30	Ag 37	Cs 44	Tl 51
G 3	Mg 10	Ca 17	Zn 25	Sr 31	Bd [sic-Cd] 38	Ba & V 45	Pb 54
Bo 4	Al 11	Cr 19	Y 24	Ce & La 33	U 40	Ta 46	Th 56
C 5	Si 12	Ti 18	In 26	Zr 32	Sn 39	W 47	Hg 52
N 6	P 13	Mn 20	As 27	Di & Mo 34	Sb 41	Nb 48	Bi 55
O 7	S 14	Fe 21	Se 28	Ro & Ru 35	Te 43	Au 49	Os 51

Ilustração 11 Tabela dos elementos proposta por J Newlands Tomado de Newlands 1863.

O professor de química L. R. Gibbes, entre 1870 e 1874, elaborou uma tabela periódica usando um critério diferente do peso atômico. Ele ordenou os elementos em famílias, de acordo com a valência principal de cada elemento, chamando o carbono, o nitrogênio, o oxigênio e o flúor de elementos típicos, por compartilharem características similares com os elementos do grupo.

O professor Gibbes pensou de forma diferente a tabela periódica, em relação àquela proposta por D. Mendeleev. Porém ele deixou espaços vazios, e

não se preocupou com eles, assumindo que mais adiante, tais espaços deveriam ser preenchidos.

TABLE OF CHEMICAL ELEMENTS.										
n	S E R I E S.									
	A	B	C	D	E	F	G	H, I	K	GROUPS.
-4		C=12	Si=28	Ti=50	As=75	Cb=94	Sn=118	Ta=182	Au=196.6	Silicon Gr.
-3		N=14	P=31	V=51.3	Se=79	Mo=96	Sb=122	W=184	Os=199	Phosphorus Gr.
-2		O=16	S=32	Cr=52.5	Br=80		Te=128			Sulphur Gr.
-1		F=19	Cl=35.5				I=127			Chlorine Gr.
0										
+1	Li=7	Na=23	K=39		Rb=85	Ag=108	Cs=133		Tl=204	Kalium Gr.
+2	Gl=9.3	Mg=24	Ca=40	Zn=65	Sr=87.5	Cd=112	Ba=137		Pb=207	Calcium Gr.
+3	B=11								Bi=210	
Al=27.5—Cr=52.5; Mn=55; Fe=56; Co=59; Ni=59; Cu=63.5—U=120										Iron Gr.
Y=61.7 Zr=89.5; Ce=92; La=92; D=96 Er=112; Th=115.7										
In=74 Ru=104; Ro=104; Pd=106—Pt=197; Ir=197										Platinum Gr.
H=1 Hg=200										

FIGURE 1 —GIBBS' SYNOPTICAL TABLE (1875)

Ilustração 12 Tabela dos Elementos de Gibbs. Tomado de Taylor, 1941.

Em 1869, L. Meyer, apresenta a tabela periódica e os resultados que levaram-lhe a propor dito gráfico. Meyer escreve que:

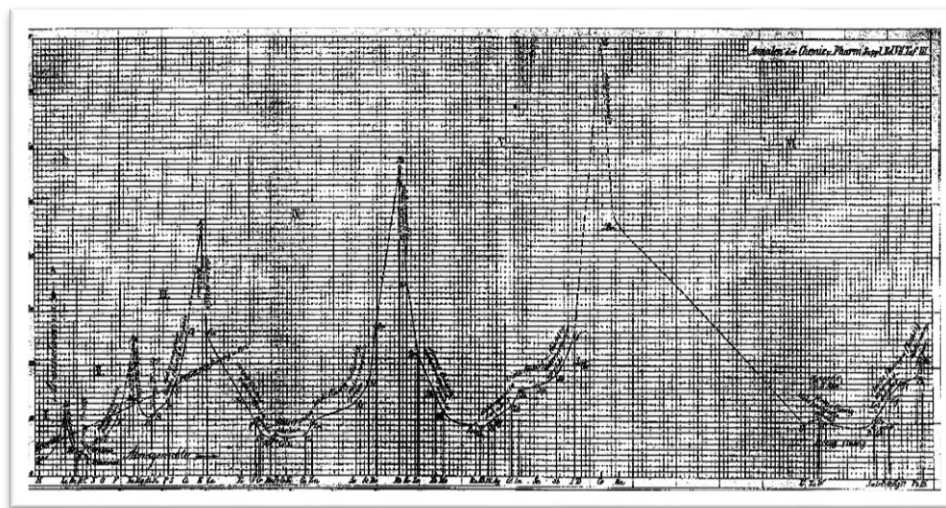
[...] se nós assumimos os átomos como agregados de um mesmo material, que só diferem da sua massa uns de outros, então nos podemos considerar as propriedades dos elementos como dependentes do peso atômico, portanto, podem se considerar funções deste²² [...] (L. Meyer, 1869).

Portanto, ele conclui que o volume dos átomos é função direta do peso atômico.

Ao apresentar dita conclusão, obteve uma serie de ondas que alcançaram valores máximos e mínimos para um grupo determinado, e elementos como Na, K,

²² Tradução feita pelo autor

Rb, Cs. Isto evidenciou também outras propriedades, tanto físicas como químicas, que se repetiam no grupo de elementos.



Periodic table according to Lothar Meyer, 1870

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
	B=11,0	Al=27,3		--		?In=113,4	Tl=202,7	
			--		--		--	
	C=11,97	Si=28		--		Sn=117,8		Pb=206,4
			Ti=48		Zr=89,7		--	
	N=14,01	P=30,9		As=74,9		Sb=122,1		Bi=207,5
			V=51,2		Nb=93,7		Ta=182,2	
	O=15,96	S=31,98		Se=78		Te=128?		--
			Cr=52,4		Mo=95,6		W=183,5	
--	F=19,1	Cl=35,38		Br=79,75		J=126,5		--
			Mn=54,8		Ru=103,5		Os=198,6 ?	
			Fe=55,9		Rh=104,1		Ir=196,7	
			Co=Ni=58,6		Pd=106,2		Pt=196,7	
Li=7,01	Na=22,99	K=39,04		Rb=85,2		Cs=132,7		--
			Cu=63,3		Ag=107,66		Au=196,2	
?Be=9,3	Mg=23,9	Ca=39,9		Sr=87,0		Ba=136,8		--
			Zn=64,9		Cd=111,6		Hg=199,8	

Ilustração 13 Tabela Periódica proposta por L. Meyer. Tomado de Table from Annalen der Chemie, Supplementband 7, 354 (1870). Último acesso em: Novembro de 2012:
<http://web.lemoyne.edu/~giunta/meyer.html>

Esta reconstrução visou chegar ao autor do livro “The Principles of Chemistry” e formulador da Lei de periodicidade: Dmitri I. Mendeleev (1834-1904). Quem assistiu ao Congresso de Karlsruhe, e que como professor de química na Universidade de São Petersburgo, encontrou-se com quem não se tinha um livro de química que ajudara aos seus estudantes na compreensão desta ciência, portanto, decidiu-se por criar um, no qual inicialmente formulou a lei de periodicidade apenas como princípio (Garay, 2007).

É importante ressaltar que o livro nasceu a partir de uma necessidade didática, de como facilitar o ensino de química. Foi por este trabalho que D. Mendeleev, formulou o princípio de periodicidade, que apresentou no seu ensaio de 1869, sob o título “Sistema dos elementos baseado nos pesos atômicos”.

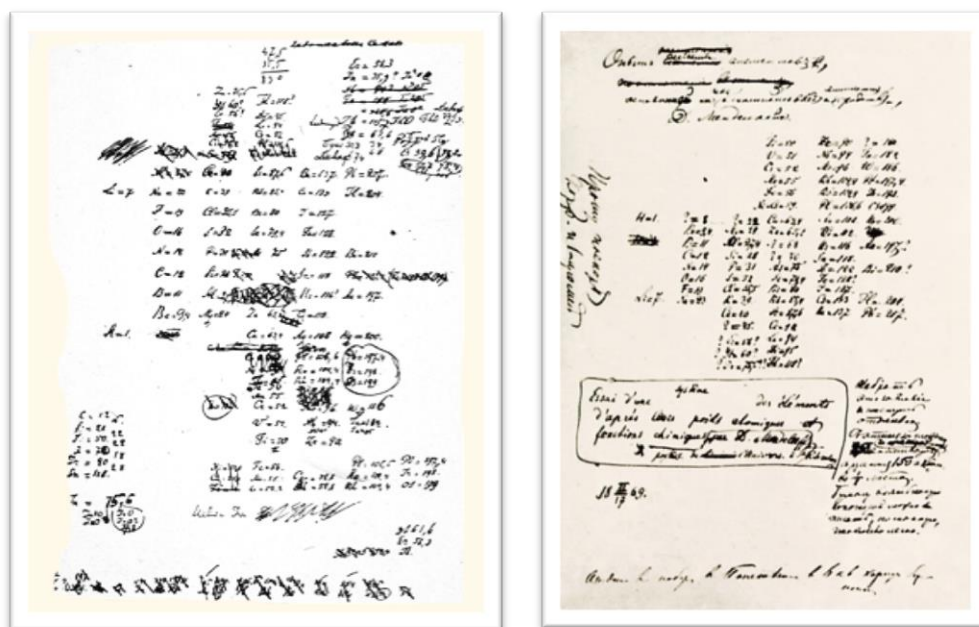


Ilustração 14 Primeiros rascunhos de sistema periódico dos Elementos, propostos por D. Mendeleev (1867-1869). Tomado de Garay (2007)

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=106,5	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	U=116
C=12	Si=28	?=70	Sn=118
N=14	P=31	As=75	Sb=122
O=16	S=32	Se=79,4	Te=128?
F=19	Cl=35,4	Br=80	I=127
Li=7	Na=23	K=39	Rb=85,4
		Ca=40	Sr=87,6
		?=45	Ce=92
		?Er=56	La=94
		?Yt=80	Di=95
		?In=75,6	Th=118?
			Ba=137
			Pb=207.
			Tl=204.

Д. Менделѣевъ

Ilustração 15 Primeiros rascunhos de sistema periódico dos Elementos, propostos por D. Mendeleev (1867-1869). Tomado de Garay (2007)

No texto intitulado “Experimento de um sistema de elementos baseado no seu peso atômico e na afinidade química”, ele publicou seus primeiros modelos de tabela periódica, formulando a lei de periodicidade e estabelecendo que: [...] *As propriedades dos corpos simples, a constituição dos compostos, assim como as propriedades destes, são funções periódicas dos pesos atômicos dos elementos* (Mendeléiev, 1879). Porém, é neste trabalho onde ele consegue desenvolver as formulações teóricas que apoiam sua formulação.

- Ao dispor os elementos de acordo com o aumento progressivo dos valores dos seus pesos atômicos, evidencia-se uma periodicidade nas suas propriedades.

- Os elementos com propriedades químicas similares, podem ter pesos atômicos semelhantes, como acontece com o grupo de Ósmio Irídio e Platino, ou no caso onde seus pesos atômicos aumentam progressivamente, segundo razão aritmética, como no caso do Potássio, Rubídio, Césio.

- A distribuição dos elementos em grupo, segundo a ordem dos seus pesos atômicos, corresponde ao agrupamento, segundo a ordem das suas valências.

- Os elementos que estão amplamente espalhados na natureza, caracterizam-se por ter pesos atômicos baixos e ter propriedades marcadamente definidas, sendo considerados como elementos típicos.

- O caráter do elemento encontra-se determinado pela magnitude do peso atômico.

- Espera-se a descoberta de elementos que ainda não se conhecem, por exemplo, dos elementos análogos ao alumínio e ao silício, sendo os valores dos seus pesos atômicos aproximadamente de 65 e 75, respectivamente.

- O peso atômico pode ser corrigido com a ajuda do conhecimento que se tem dos pesos atômicos dos elementos próximos. Assim, por exemplo, o peso de combinação do Telúrio deve estar entre 122 e 126, mas não pode ser 128.

- É possível prever certas propriedades dos elementos, uma vez que se conhecem seus pesos atômicos.

	Predicho	Hallado experimentalmente
	Ekaluminin (1871)	Galio (1875)
Peso atômico	68	69.9
Gravedad específica	6.9	5.96
Volumen atômico	11.5	11.7
	Ekaboro (1871)	Escandio (1879)
Peso atômico	44	43.79
Óxido	Eb_2O_3 ; gr. esp. 3.5	Sc_2O_3 ; gr. esp. 3.86
Sulfato	$\text{Eb}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{Sc}_2(\text{SO}_4)_3$
	Ekasilicón (1871)	Germanio (1885)
Peso atômico	72	72.3
Gravedad específica	5.5	5.47
Óxido	EsO_2	GeO_2
Cloruro	EsCl_3 ; p.e. <100°C densidad 1.9	GeCl_4 ; p.e. 86°C densidad 1.89

Ilustração 16 Tabela dos elementos ainda não descobertos. Porém, com as propriedades preditas por D. Mendeleev. Tomado de Garay (2007)

THE PERIODICITY OF THE ELEMENTS

The Elements	Their Properties in the Free State				The Composition of the Hydrogen and Organo-metallic Compounds	Symbols and Atomic Weights		The Composition of the Saline Oxides	The Properties of the Saline Oxides				Small Periods or Series
	<i>t</i>	<i>a</i>	<i>d</i>	$\frac{A}{Z}$		R	A		$d' \frac{(2A+n'16)}{d''}$	$\frac{V}{d''}$	$\frac{[10]}{[9]}$	$\frac{[11]}{[10]}$	
Hydrogen	<-200°	[1]	[2]	[3]	[4]	H	1	1 = n	[8]	[9]	[10]	[11]	1
Lithium	180°	—	0.59	12	—	Li	7	1†	0.917	19.6	<-20	—	2
Beryllium	(900°)	—	1.64	5.5	—	Be	9	2	2.0	15	—	9	—
Boron	(1300°)	—	2.5	4.4	—	B	11	3	3.06	16.3	+ 2.6	10	—
Carbon	>(2500°)	—	<2.0	6	—	C	12	4	1.8	39	<10	<19	—
Nitrogen	-203°	—	<0.7	20	—	N	14	1 - 3* - 5*	>1.0	<88	<5	—	—
Oxygen	<-200°	—	<1.0	16	—	O	16	—	1.64	66	—	—	—
Fluorine	—	—	—	—	—	F	19	—	—	—	—	—	—
Sodium	96°	0.71	0.98	23	—	Na	23	1†	Na ₂ O	2.6	24	-22	3
Magnesium	500°	0.27	1.74	14	—	Mg	24	2†	3.6	22	—	3	—
Aluminium	600°	0.23	2.6	11	—	Al	27	3	Al ₂ O ₃	4.0	26	+ 1.3	—
Silicon	(1200°)	0.08	2.3	12	—	Si	28	4	2.65	45	5.2	—	—
Phosphorus	44°	1.28	2.2	14	—	P	31	1 - 3* 4* 5*	2.39	59	6.2	—	—
Sulphur	114°	0.67	2.07	15	—	S	32	2 - 4* 5* 6*	1.96	82	8.7	—	—
Chlorine	-75°	—	1.3	27	—	Cl	35.5	1 - 3 - 5* - 7*	—	—	—	—	—
Potassium	58°	0.84	0.87	45	—	K	39	1†	2.7	35	-55	—	4
Calcium	(800°)	—	1.6	25	—	Ca	40	2†	3.15	36	- 7	—	—
Scandium	—	—	(2.5)	(18)	—	Sc	44	3†	3.86	35	(0)	—	—
Titanium	(2500°)	—	(5.1)	(9.4)	—	Ti	48	3 4	4.2	38	(+5)	—	—
Vanadium	(2000°)	—	5.5	9.2	—	V	51	2 3 4 5	3.49	52	6.7	—	—
Chromium	(2000°)	—	5.5	8.0	—	Cr	52	2 3 - 6* 7*	2.74	73	9.5	—	—
Manganese	(1500°)	—	7.5	7.3	—	Mn	55	2† 3 4 - 6* 7*	—	—	—	—	—
Iron	1400°	0.12	7.8	7.2	—	Fe	56	2† 3 - 6*	—	—	—	—	—
Cobalt	(1400°)	0.13	8.6	6.8	—	Co	58.5	2† 3 4	—	—	—	—	—
Nickel	1350°	0.17	8.7	6.8	—	Ni	59	2† 3	—	—	—	—	—
Copper	1054°	0.29	8.8	7.2	—	Cu	63	1† 2†	Cu ₂ O	5.9	24	9.8	5
Zinc	432°	—	7.1	9.2	—	Zn	65	2†	5.7	20	4.8	—	—
Gallium	30°	—	5.96	12	—	Ga	70	3	Ga ₂ O ₃	(5.1)	(36)	(4.0)	—
Germanium	900°	—	5.47	13	—	Ge	72	2 - 3 4	4.7	44	4.5	—	—
Arsenic	500°	0.06	5.7	13	—	As	75	3 - 5*	4.1	56	6.0	—	—
Selenium	217°	—	4.8	16	—	Se	79	4 - 6*	—	—	—	—	—
Bromine	-7°	—	3.1	26	—	Br	80	1 - 5* - 7*	—	—	—	—	—
Rubidium	39°	—	1.5	57	—	Rb	85	1†	—	—	—	—	6
Strontium	(600°)	—	2.5	35	—	Sr	87	2†	4.3	48	-11	—	—
Yttrium	—	—	(8.4)	(26)	—	Y	89	3†	5.05	45	(-2)	—	—
Zirconium	(1500°)	—	4.1	22	—	Zr	90	4	5.7	43	-0.2	—	—
Niobium	—	—	7.1	13	—	Nb	94	3 - 5*	4.7	57	+6.2	—	—
Molybdenum	—	—	8.6	12	—	Mo	96	2 3 4 - 6*	4.4	65	6.8	—	—
Ruthenium	(2000°)	0.10	12.2	8.4	—	Ru	103	2 3 4 - 6 - 8	—	—	—	—	—
Rhodium	(1900°)	0.08	12.1	8.6	—	Rh	104	2 3 4 - 6	—	—	—	—	—
Palladium	1500°	0.12	11.4	8.3	—	Pd	106	1† 2 - 4	—	—	—	—	—
Silver	950°	0.19	10.5	10	—	Ag	108	1†	Ag ₂ O	7.5	31	11	7
Cadmium	320°	0.31	8.6	13	—	Cd	112	2†	8.15	31	2.5	—	—
Indium	176°	0.46	7.4	14	—	In	113	2 3	In ₂ O ₃	7.18	38	2.7	—
Tin	230°	0.23	7.2	16	—	Sn	118	2 - 4	6.95	43	2.8	—	—
Antimony	432°	0.12	6.7	18	—	Sb	120	3 4 5	6.5	49	2.6	—	—
Tellurium	455°	0.17	6.4	20	—	Te	125	4 - 6*	5.1	68	4.7	—	8
Iodine	114°	—	4.9	26	—	I	127	1 - 3 - 5* - 7*	—	—	—	—	—
Cæsium	27°	—	1.88	71	—	Cs	133	1†	—	—	—	—	—
Barium	—	—	3.75	36	—	Ba	137	2†	5.1	60	-6.0	—	—
Lanthanum	(600°)	—	6.1	23	—	La	138	3†	6.5	50	+1.3	—	—
Cerium	(700°)	—	6.6	21	—	Ce	140	3 4	6.74	50	2.0	—	—
Didymium	(800°)	—	6.5	22	—	Di	142	3 - 5	—	—	—	—	—
Ytterbium	—	—	(6.9)	(25)	—	Yb	173	3	9.18	43	(-2)	—	10
Tantalum	—	—	10.4	18	—	Ta	182	5	7.5	59	4.6	—	—
Tungsten	(1500°)	—	19.1	9.6	—	W	184	4 - 6	6.9	67	8	—	—
Osmium	(2500°)	0.07	22.5	8.5	—	Os	191	3 4 - 6 - 8	—	—	—	—	—
Iridium	2000°	0.07	22.4	8.6	—	Ir	193	3 4 - 6	—	—	—	—	—
Platinum	1775°	0.05	21.5	9.2	—	Pt	196	2 - 4	—	—	—	—	—
Gold	1045°	0.14	19.3	10	—	Au	198	1 - 3	Au ₂ O	(12.5)	(33)	(13)	11
Mercury	-39°	—	13.6	15	—	Hg	200	1† 2†	11.1	39	4.5	—	—
Thallium	294°	0.31	11.8	17	—	Tl	204	1† - 3	Tl ₂ O ₃	(9.7)	(47)	(4.3)	—
Lead	326°	0.29	11.3	18	—	Pb	206	2† - 4	8.9	53	4.2	—	—
Bismuth	268°	0.14	9.8	21	—	Bi	208	3 - 5	—	—	—	—	—
Thorium	—	—	11.1	21	—	Th	232	4	9.86	54	2.0	—	12
Uranium	(800°)	—	18.7	13	—	U	240	4 - 6	(7.2)	(80)	(9)	—	—

Ilustração 18Tabela de periodicidade dos elementos. Tomada de The Principles of Chemistry By D. Mendeleev (1872).

As formulações teóricas feitas pelo D. Mendeleev, são ainda alvo de reflexões da História e da Filosofia da Química (Scerri, 2000; Bensaude-Vincent,

1999; Garay, 2007). Alguns autores argumentam que a importância da lei de periodicidade radica no ordenamento dos elementos conhecidos até então. Porém, alguns outros aceitam a tese de que ela foi aceita pela comunidade de cientistas, pelo seu caráter preditivo (Akeroyd, 2003; Kaji, 2003; Scerri y Worrall, 2001). O fato de ele ter deixado espaços vazios, no seu gráfico, que logo foram preenchidos, deu força ao caráter preditivo, após a descoberta do primeiro elemento predito por D. Mendeleev, o gálio em 1875, (Scerri e Worrall, 2001), assim como a posterior classificação dos metais de transição e a inversão do telúrio-iodo (van Spronsen, 1969).

Outra prova que teve que ser superada pelas formulações de D. Mendeleev, esteve relacionada com a descoberta de certo tipo de elementos gasosos (com o Argônio primeiro), o que levou a Rayleigh y Ramsey a um debate a respeito do lugar que deveria ter tal elemento na tabela proposta por D. Mendeleev, a razão da natureza química do elemento (Garay, 2007). Como consequência do debate, se propõe estabelecer um grupo entre os alcalinos e os halogêneos sob o nome de gases nobres, confirmando de forma contundente caráter preditivo e validade da lei de periodicidade (Rodríguez et. al, 2005).

É importante destacar que a formulação da Lei de Periodicidade fundamentou-se no modelo atômico de J. Dalton (Taton, 1973), além da lei de proporções múltiplas, os aportes teóricos feitos por Canizaro a respeito de pesos atômicos, assim como de algumas propriedades físicas e químicas dos elementos.

Porém, no texto ele não expressa abertamente ser um atomista, porque em algumas notas esclarecedoras, deixa entrever uma postura menos comprometida com a existência dos átomos. Alguns autores como Rodríguez et al (2005), estabelecem que D. Mendeleev expressou a lei periódica em termos de entidades que referiam aos átomos assim: *[..] a lei periódica tem mostrado que os átomos apresentam uma periodicidade harmônica das propriedades dependentes das massas, permitindo observar que um aumento nos pesos atômicos produz uma modificação nas propriedades que estruturam a lei periódica”[...]*²³.

Acima tem se exposto superficialmente os modelos teóricos a respeito da lei de periodicidade e suas representações gráficas, focando-se no modelo de D. Mendeleev. Porém, assume-se que a importância da formulação da lei periódica, não radica somente no seu poder preditivo, mas também, que a lei de periodicidade estabelece um princípio relacional, isto é, que não só é evidente a periodicidade das propriedades e a mudança destas em função do peso atômico, mas também, é possível entendê-la em termos relacionais.

²³ É importante destacar que na tradução livre que se tem feito dos trabalhos do D. Mendeleev, a respeito da Lei Periódica, alguns autores, usam indistintamente o termo átomo, corpo, ou elemento. Porém, não se pode atribuir o mesmo sentido a isto, porque nas notas de rodapé, no livro “The Principles of Chemistry”, o autor não deixa claro uma postura, alias, ele faz uso do termo “coisa” como uma forma de não se comprometer com a teoria atômica ou com a existência das partículas chamadas átomos.

CAPITULO III

3 AS RELAÇÕES ENTRE FILOSOFIA, HISTÓRIA E O ENSINO E A APRENDIZAGEM DE QUÍMICA

Acima se apresentou uma discussão a respeito da Filosofia da Química - focalizada no realismo de entidades -, como também a respeito do papel da história na aceitação daqueles conceitos científicos que se referem a entidades teóricas. Portanto, é importante, além de ser necessário, caracterizar, ou pelo menos tentar se aproximar das possíveis relações entre a Filosofia da Química, a História da Química e a Educação em Química.

A História da Química fornece não só exemplos de entidades teóricas que foram aceitas em época específicas, mediadas pelos contextos políticos, econômicos, sociais, culturais, como também mostra os processos de abandono e mudança ou aceitação de novas entidades. Por outro lado, a filosofia da Química permite o estudo da natureza de ditas entidades teóricas e a sua relação com e na construção do mundo. Porém, não é possível deixar de fora a educação, mesmo, porque é através dela que tanto a filosofia quanto a história adquirem sentido, se reformulam, são aceitas e reestruturadas, modificam formas de pensar e contribuem nas construções dos mundos possíveis.

A Educação em Ciências precisa da História e da Epistemologia das Ciências (Matthews, 1994; Adúriz-Bravo, et al. 2002). Na Educação Química,

pode-se dizer também da necessidade destas áreas de conhecimento. Afirma-se então, que a educação em Química precisa se fundamentar na história e na filosofia desta ciência. Portanto, isto fornece uma tríade, alvo desta pesquisa.

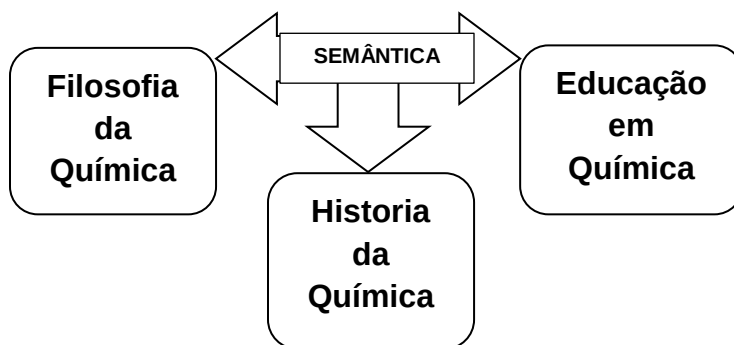


Figura 1 Proposta de relação entre a Filosofia, História e Educação em Química, apresentada como uma relação, desde a perspectiva semântica.

Esta proposta se formula como uma forma de relacionar estes três campos²⁴ de conhecimento, mas a proposta aqui, se baseia no pressuposto de que ditas relações estão permeadas pelas construções de significado e sentido, nas interações entre estas e no seu uso nos contextos didáticos e científicos. Por isso a inclusão da semântica²⁵, como perspectiva que pode mediar tais relações, principalmente na educação química.

A formação em Química, em termos gerais, tem-se caracterizado por priorizar o ensino e a aprendizagem de conceitos, símbolos, formulações

²⁴ O termo campo se traz desde a perspectiva teórica de P Bourdieu, Como espaço social de ação e de influencia onde confluem relações sociais determinadas.

²⁵ O termo se usa sob o suposto de que a relação entre estes campos de conhecimento esta determinado pela construção de significados e sentidos

matemáticas e, principalmente, técnicas, práticas e experiências de laboratório (Galagovsky, 2005; Izquierdo et al, 2007; Rebouças et al, 2005).

Dos aspectos listados anteriormente, as práticas e os experimentos de laboratório têm chamado mais a atenção da comunidade de especialistas, de um lado, pela necessidade de repensar seus fins – imagem manifesta ou imagem científica - (Van Brakel, 2000; Vivas-Reyes, 2009), de modo a minimizar impactos ambientais. De outro, pela implementação de simulações computacionais que são consideradas promissoras, no que diz respeito à representação e explicação dos fenômenos de forma suficientemente clara, propiciando condições adequadas para a aprendizagem dos alunos (RAVIOLO, 2010; HARRISON; HESLOP, 2010; TÜYSÜZ, 2010). Porém, esta perspectiva enfrenta o problema do realismo e da modelagem, ou seja, como superar no ensino a ideia de que aquilo é tão só um modelo ou representação idealizada do pensamento e que possivelmente não se aproxime do “objeto físico” que tenta representar.

O problema anterior poderia se analisar e possivelmente solucionar com o estudo da História e da Filosofia da Química. Porém, existem problemas nesta inclusão da História da Química, como os apontados por Zaragoza et al. (2007): a inserção limitada da História da Química nos livros didáticos; os processos de ensino e de aprendizagem focados nos conceitos trabalhados nos currículos de formação dos professores, nos quais há uma alusão mínima à História e à Filosofia da Química; e a falta de interesse, tanto de professores quanto de estudantes, sobre as dimensões históricas e filosóficas da Química.

Por outro lado, sendo a Filosofia da Química um campo de conhecimento relativamente novo, a inclusão deste no ensino e aprendizagem da Química é também recente. Portanto, não é surpreendente que suas implicações no ensino da Química ainda sejam mínimas (ERDURAN, 2000; ERDURAN et. al., 2005), ou pelo contrario, sejam apenas alvo de pesquisas que tentam caracterizar as relações entre a Educação em química e a Filosofia da Química, e partir dos resultados, formular possíveis caminhos de inclusão. No entanto, uma das primeiras aproximações de uma formação que incluísse a História e Filosofia da Química, foi feita a partir do uso da História e da Filosofia das ciências em geral, ou limitava-se ao estudo e memorização de trechos históricos (GAGLIARDI E GIORDAN, 1986; GAGLIARDI, 1988).

Segundo Erduran (2001), inicialmente, esta formação teve como foco principal, a aprendizagem de trechos da História da Química. Mesmo que tais abordagens fossem lentas, os notáveis esforços já têm oferecido alguns frutos, ao mostrar que tal abordagem histórica desta ciência pode ser feita a partir de diferentes perspectivas e/ou enfoques, como, por exemplo: reconstrução do contexto histórico, repetição das práticas relevantes, identificação e descrição de instrumentos antigos ou da escolha de textos históricos para discussão (QUINTANILLA, 2005).

Trabalhos como o de Justi e Gilbert (2002), sobre a Filosofia da Química e suas implicações no Ensino de Química em nível universitário; ou de Erduran

(2001), em torno da Filosofia da Química, como campo emergente e suas implicações para a Educação Química assim como o de Scerri, (2001), acerca da nova Filosofia da Química e a sua relevância na Educação em Química, e o de Erduran et al (2006) que reflete sobre o papel da Filosofia da Química na formação do professorado, mostram diferentes propostas de abordagem da Filosofia da Química como meio de identificar as perspectivas de análises da natureza do conhecimento químico, e como tal análise pode se apoiar no estudo da história desta ciência. Portanto, foca-se nas discussões em torno de conceitos, tais como: átomo, orbital, estrutura atômica ou lei periódica.

Segundo Niaz e Rodriguez (2001), a História e a Filosofia da Química encontram-se implícitas na própria Química e, embora isto não seja suficiente, o fato de estarem subentendidas, supõe um adiantamento nos processos de inclusão, mas isso não exclui a necessidade de estudo das perspectivas filosóficas e históricas desta ciência.

Porém, não enfatiza em como fazer a inclusão destas perspectivas, mas sim em como devem ser abordadas. De acordo com Scerri (2001), não é suficiente formar os professores de química apenas nos conteúdos desta ciência; eles precisam adentrar no estudo da natureza da própria Química, em outras palavras, os professores em formação inicial e continuada, devem ter uma formação complementar em áreas tais como a Filosofia e a História da Química, permitindo espaços de reflexão a respeito da epistemologia e ontologia desta ciência.

Porem é possível mencionar alguns dos problemas mais relevantes no ensino e aprendizagem da química. Primeiro evidenciase um transito não explicito entre os níveis Molar e Molecular (JENSEN, 1998); em segundo lugar, há dificuldades decorrentes da associação à imagem ruim da Química como ciência²⁶, resultante de sua relação com problemas ambientais na atualidade, o que contribui para que o interesse ou a motivação dos estudantes em aprender sobre esta ciência esteja nos seus níveis mais baixos (IZQUIERDO 2004; LABARCA, 2005; ZARAGOSA ET AL 2007; VIVAS-REYES, 2009). Em terceiro lugar, são observados problemas, decorrentes da apresentação da Química como uma ciência dogmática e afastada dos valores e dos objetivos dos estudantes (ensino de conceitos como átomo ou lei periódica, que se afastam da realidade do estudante). Em quarto lugar, há dificuldades conceituais próprias desta ciência (conceitos abstratos como: orbital, densidade de carga ou configuração eletrônica). Tais aspectos justificam ser a Química percebida como uma ciência complexa, fato que também influi diretamente nos processos de ensino e aprendizagem (IZQUIERDO, 2004).

Na tentativa de solucionar ou superar tais dificuldades, a Didática Específica da Química tem abordado os processos de ensino e aprendizagem desta ciência a partir de diferentes perspectivas. Dentre as quais, encontram-se a inclusão, o estudo e a análise da História e Filosofia da Química, não somente nos

²⁶ Trabalhos como os de Van Brakel (2000), a respeito da imagem científica e da imagem manifesta da química apoiam este argumento.

documentos curriculares, como também nas práticas em sala de aula. Neste sentido, diferentes pesquisas têm apresentado diversas abordagens que, de uma forma ou de outra, tentam se aproximar da História e da Filosofia da Química, a exemplo de: a Química como uma ciência estruturada através de modelos (TOMASSI, 1999; JUSTI E GILBERT, 2000; GARAY, 2007), cuja construção e reconstrução de modelos à luz da História e da Filosofia; a necessidade de uma abordagem, a partir das novas tecnologias da informação e comunicação (NTIC), permitindo espaços virtuais de reflexão, tanto dos fenômenos quanto da sua história (SANTOS ET AL, 2008).

Outra dificuldade a ser superada, tanto na educação científica quanto na comunidade de químicos, é a ideia do realismo ingênuo. Autores, como Scerri (2000), ao caracterizar o realismo como ingênuo, argumenta que, tanto químicos quanto educadores em Química se mostram realistas ingênuos, por atribuírem, a certos tipos de entidades teóricas formuladas pelas teorias, um caráter real ou de existência, como é o caso dos orbitais atômicos e moleculares, aos quais se atribui uma existência física definida. Em outras palavras, quando supõem que uma função matemática (ψ) que designa a entidade teórica “orbital”, pode existir. Em busca de uma solução para tal dificuldade, Schummer (2006) estabelece como ponto de partida, o estudo da História e da Filosofia da Química, incluindo aspectos relativos à ontologia, epistemologia e metodologia desta ciência.

A formação de professores de Química, nos níveis inicial e avançado, tem sido apontada como possível caminho na inclusão e relação da Filosofia e da

História da Química e os processos de ensino e aprendizagem desta ciência (SCERRI, 2001; ERDURAN, 2001, 2000; QUINTANILLA, 2010). A inserção destas perspectivas no currículo fornece um novo campo de conhecimento e reflexão aos professores de Química, para que eles possam se aproximar e empoderar dos aspectos ontológicos, epistemológicos, metodológicos e axiológicos na formulação ou construção dos conceitos químicos e, assim, ministrar diferentes e melhores explicações dos fenômenos, na busca de consolidar um conhecimento científico escolar nas salas de aula.

Uma das possíveis justificativas, na necessidade de inclusão da Filosofia e História da Química, na educação Química, – conforme exposto acima – obedece à identificação e caracterização de um realismo ingênuo, presente nas explicações, de caráter intuitivo, da maior parte dos professores de Química a respeito dos fenômenos químicos; De acordo com Scerri (2001, 2000), um trabalho conjunto de filósofos, historiadores, químicos e professores de química, enriqueceria e potencializaria os processos de ensino e aprendizagem desta ciência, nos diferentes contextos em que eles sejam desenvolvidos. Com a emergência e consolidação da Filosofia da Química como campo de conhecimento, os professores não terão que recorrer à Filosofia da Física ou da Biologia, ou da ciência em geral, para argumentar epistemológica e ontologicamente a química como uma ciência, seja natural ou artificial, ou como defende Chamizo (2010), uma tecno-ciência.

O estudo da Filosofia da Química, a respeito da imagem científica e da imagem manifesta (VAN BRAKEL, 2000) permite mudar a imagem inadequada da Química, que se tem convertido em um dos obstáculos a serem superados no ensino e na aprendizagem desta ciência. A apresentação desta ciência na sala de aula, como complexa, abstrata e subordinada (IZQUIERDO, 2004) acrescenta o leque de aspectos a serem discutidos, no que tange à autonomia da Química frente à Física (LOMBARDI, LABARCA, 2005).

Uma imagem da Química dependente da Física é levada às salas de aula, onde os estudantes parecem não perceber a relevância da aprendizagem do conhecimento químico e a sua importância para explicar os fenômenos do mundo (IZQUIERDO, 2004). Isso se reflete em uma imagem da Química como uma ciência secundária, subordinada à Física, que só serviria para classificar, ordenar e nomear substâncias. Porém, a inclusão da Filosofia e História da Química na educação em Química, permite o reconhecimento de um conhecimento científico químico próprio, que está além das formulações físicas e dos axiomas matemáticos.

Acima se apontou e caracterizou alguns dos problemas que atingem o ensino e a aprendizagem da Química, a respeito da inclusão da Filosofia e História desta ciência, mas, por outro lado também se tem os resultados de diversas pesquisas, que têm buscado fornecer possíveis soluções ou, pelo menos, traçar um caminho que oriente na busca de ditas soluções para os mencionados problemas.

Taber (2001) propõe que ao não existir ideias prévias, pode-se levar um processo de construção dos conceitos estruturantes da química na sala de aula. Porém ele afirma que as formas de significar errôneas construídas pelos estudantes, dependem em grande medida, daquele que orienta a aula, isto tem sido denominado como erros pos-instrucionais. Mas, na medida em que o professor se aproxime dos diálogos em torno da natureza do conhecimento químico, pode se afirmar que ditos erros tenderão a desaparecer.

Erduran (2001) ressalta a importância do uso de modelos no ensino da Química, como importante ferramenta da aprendizagem conceitual desta ciência, uma vez que se constituem em um importante recurso metodológico de explicação. Garay (2007) afirma que a inclusão da História da Ciência como espaço de reflexão, na formação em Química, possibilita uma melhor abordagem dos conceitos químicos, desde que tal abordagem leve em conta os pressupostos teóricos da modelagem utilizada nesta ciência.

NO caso da Educação Química e da inclusão da Filosofia e da História desta ciência, não se pode desconhecer que existem aspectos que se tem convertido em obstáculos que acrescentam dita brecha:

1. O desconhecimento dos professores do campo científico chamado Filosofia da Química.

2. O não reconhecimento da necessidade de estudos frente à natureza daquilo que é chamado de conhecimento químico.

3. As pesquisas são formuladas por especialistas em contextos diferentes das salas de aula, sem reconhecer o valor dos aportes dos professores da área.

4. A falta de interesse dos professores por campos de conhecimento como filosofia e história da química.

5. Os sistemas de crenças dos professores de química, que muitas vezes recaem num realismo ingênuo.

6. Os currículos de formação de professores têm realizado esforços, muito tímidos, a respeito da inclusão da História e da Filosofia da Química.

7. O acesso às fontes de informação é mínimo, seja pela dificuldade no uso das tecnologias, seja pelas limitações no domínio de outros idiomas.

8. Uma formação deficiente nas áreas de história e filosofia das ciências em geral e da química em particular.

9. As demandas das instituições de ensino por um lado, e da sociedade em geral por outro, obrigando o professor a responder por atividades que nada tem a ver com seu agir profissional, limitando o tempo e as condições para fazer pesquisa na sala de aula.

10. A falta de refletir sobre sua prática pedagógica, assim como da natureza do conhecimento que está sendo ensinando nas salas de aula.

Em consequência, é possível afirmar que as relações entre Filosofia, História e Educação Química, estão além da forma de significar a natureza do conhecimento químico e da sua reconstrução como conhecimento científico

escolar nas salas de aula. Muito pelo contrário, dita relação abre um espectro de possibilidades de pesquisa em torno do conhecimento do professor e do papel deste, não como mero consumidor dos produtos das pesquisas, mas sim como um ente ativo nos processos de pesquisa, optando pelo novo agir como professor-pesquisador.

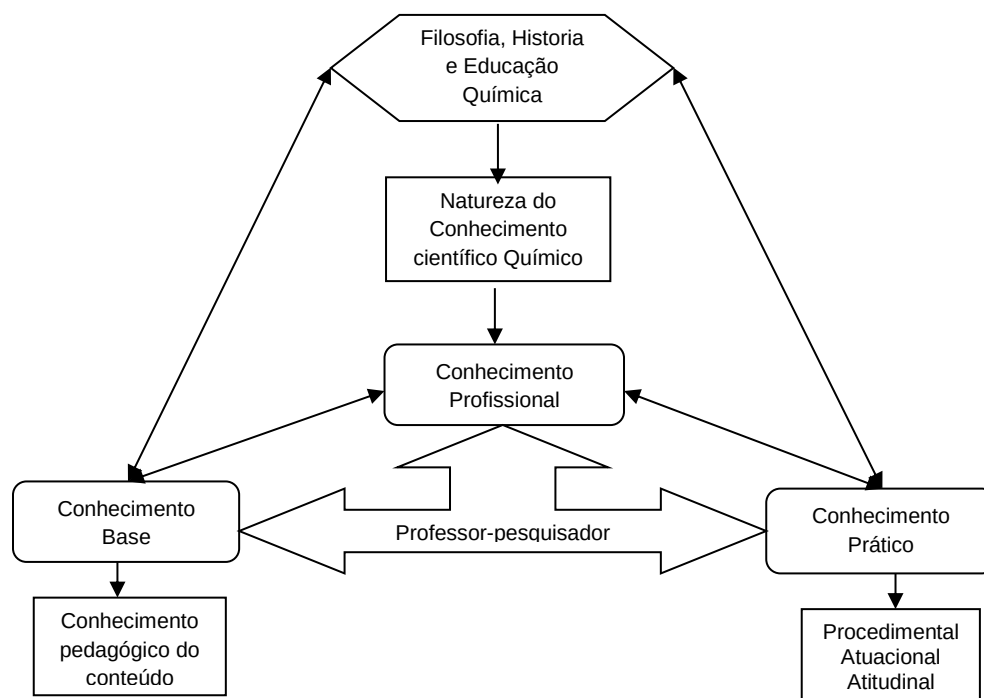


Figura 2 As relações entre Filosofia, História e Educação Química e o conhecimento dos professores.

Esta figura visa representar a relação que existe entre a Filosofia, História e a Educação Química e o conhecimento do professor. Nesta, se consideram os três tipos de conhecimento que estruturam o professor como professor-pesquisador e como isto se relaciona diretamente com o estudo da natureza do conhecimento científico, neste caso do conhecimento científico químico e da educação em química. Tendo assim, um professor que não somente está obrigado a se aproximar dos novos diálogos da filosofia e da história da Química, mas também

está na obrigação de pesquisar sobre e em Educação Química, partindo destas duas perspectivas.

Um professor-pesquisador terá então que desconstruir seu conhecimento da química, para construir um conhecimento científico químico, a partir do estudo da natureza da química (filosofia) e da reconstrução das formulações teóricas (história) para assim transformar a educação química.

3.1 A LEI DE PERIODICIDADE: Exemplo de relação da Filosofia, História e da Educação Química

Só na mudança dos conhecimentos do professor, poderão se transformar as práticas de ensino e aprendizagem da Química, mudança permeada pelas formas de significar e de sentido que tem os conceitos, leis e modelos nesta ciência. Mas, a construção de ditas formas de significar e de sentido, deverão partir do estudo da filosofia e história da Química.

Neste trabalho, defende-se a tese de que só existirá uma mudança na Educação em Química quando houver uma transformação na imagem manifesta da Química, não somente na sociedade, mas sim na comunidade de especialistas e dos professores. Isto é, na medida em que seja reconhecida a importância que tem o estudo da Natureza do Conhecimento Científico Químico e da sua história.

Na busca deste objetivo, se estabelece que um dos conceitos que são alvo na discussão da filosofia da química, mas que seu ensino e seu aprendizado, ainda hoje são deficientes, é o da “LEI DE PERIODICIDADE”, mesmo porque como se apresenta a seguir, algumas pesquisas tem concluído que no currículo de Química inclui-se tabela periódica, mas muito pouco se reflete sobre os pressupostos teóricos que conseguiram sua formulação.

A lei periódica e a tabela periódica têm sido alvo de pesquisas que pretendem melhorar os processos de ensino e aprendizagem da Química. De acordo com Neves et al. (2001), a quantidade de pesquisas envolvendo este assunto ainda é pequena, quando comparada com os outros conteúdos conceituais químicos. Isto supõe um caráter secundário, tanto da tabela quanto da lei periódica na Educação Química, ainda que autores como Vivas-Reyes (2009, p.126) afirmem que a Química chegou à sua maturidade como ciência, devido à tabela periódica, sendo equiparável com os axiomas da Geometria, da Física de Newton ou da Biologia de Darwin.

Os processos que envolvem a Educação Química são assumidos neste trabalho, como processo de construção de Modelos Didáticos Analógicos (ADURIZ-BRAVO ET AL, 2005), e da modelagem (JUSTI, 2005). Tal abordagem considera um uso assertivo e prudente da História e da Filosofia da Química. Foca-se neste ponto, devido ao fato de que, tanto os professores quanto os estudantes precisam conhecer a natureza das ciências, mas, para isso, deve

existir uma formação neste sentido, que a História e a Filosofia da Química não se constituam em obstáculos, mas em ajuda, nas salas de formação em Química.

Esta proximidade com a História e a Filosofia da Química, permite ao autor desta pesquisa propor que a abordagem da modelagem na Educação Química, pode ser feita desde a densidade semântica (TONTINI, 2004). Isto, porque o estudo da Filosofia da História da Química possibilita conhecer as diferentes formas de significado e de sentido das entidades teóricas, nas formulações que constituem o conhecimento científico químico, as mudanças destas, assim como seu desenvolvimento ou “evolução”. Portanto, fala-se da construção Modelos Didáticos, e tal construção deve estar sob uma base Vigostkiana²⁷, evitando assim a emergência dos modelos híbridos (JUSTI, et al 1999) .

Para as intervenções na sala de aula que visam pela construção de modelos, propõe-se o uso do termo “Pluralismo Pragmático do Modelo”, formulado por Schummer (1998), para definir a físico-química como ciência emergente das possíveis relações entre a Física e a Química. Ele é proposto como conceito com alto potencial no ensino das ciências e, especificamente, no ensino da Química. Nesse sentido, afirma-se que “os modelos em Química são constantemente refinados e adaptados a contextos e problemas específicos” (SCHUMMER, 2006, p. 01).

²⁷ O principal argumento para esta proposta semântica está exposto no livro *Pensamento e Linguagem* (1934).

Erduran, (2001), afirma que os modelos e a modelagem poderão fornecer um crucial e relevante contexto de pensamento, no qual, aspectos epistemológicos da Química podem ser promovidos nas salas de aula. Acrescenta-se ainda que não se pode desconhecer o contexto, porque este tem uma forte influência na construção das formas de significado e de sentido de ditos modelos.

Porém, tanto na formação em química quanto na formação de professores de química, deve-se aproximar, não somente a natureza do conhecimento químico, mas também a natureza dos modelos e da modelagem (ERDURAN et al, 2007).

Esta aproximação pode ajudar na compreensão do fato de que, na Química, podem existir diversos modelos para explicar um mesmo fenômeno – pluralismo de modelos - a citar como exemplo: o modelo ácido-base de G., Lewis (1923); J., Brønsted & T., Lowry (1923)²⁸; e S., Arrhenius (1884). E tal existência de múltiplos modelos para explicar um mesmo fenômeno leva, nas salas de formação em Química, ao surgimento de modelos híbridos (JUSTI; GILBERT, 2002), que podem se caracterizar como a mistura que emerge no uso das diferentes formas de significar dos modelos. Isto é claramente o resultado de não fazer explícita a função do modelo e as diferenças respeitos dos outros, esquecendo a construção do sentido na explicação do fenômeno – esta mesma

²⁸ Estes cientistas formularam seu modelo de ácido-base, simultaneamente, mas de forma independente.

situação pode acontecer no caso das explicações de fenômenos, que implicam ou demandam o uso dos modelos atômicos, do conceito de oxido-redução, inclusive mesmo no caso da nomenclatura química. Portanto, uma formação em Química deve supor espaços de reflexão, a partir da História e da Filosofia da Química, que permitam estabelecer com clareza, o limite na explicação dos modelos.

Segundo Erduran (2001), a aquisição de conhecimento declarativo, ou informação contextual sobre modelos é só um aspecto dos modelos de aprendizagem. Os estudantes precisam saber como e por que os modelos foram construídos, o que implica no desenvolvimento, por parte do estudante, de uma compreensão procedimental em um campo da ciência onde possa empregar modelos. Neste caso, assume-se que dito conhecimento da natureza dos modelos, é responsabilidade única do professor, e é ele quem deve explicitar para os estudantes.

Diferentes pesquisas tentam indagar como são apresentados os modelos e como é feita a modelagem nas salas de aula de formação em Química. Os resultados destas pesquisas apresentam um possível realismo de caráter ingênuo, no ensino e na aprendizagem da Química, assim como também, o papel tanto dos livros didáticos quanto dos experimentos na Educação Química. Autores como Grosslight et al (1991), Weck (1995), Gilbert & Boulter (1997), Scerri (1991), Erduran (2001), têm estabelecido uma possível classificação das diferentes formas como são apresentados os modelos científicos de Química nas salas de aula:

1. Como versão final do conhecimento da matéria, cópia de “moléculas reais”²⁹ em contraste com tentativas e aproximações de representação.
2. Os livros didáticos apresentam misturas dos diferentes modelos científicos químicos, e assim como estão nos livros, eles são construídos na sala de aula, podem ser considerados como modelos híbridos³⁰.
3. Modelos em escala, na forma de modelos de bolas e barras, geralmente usados para representar a geometria das moléculas e, desta forma, explicar os fenômenos, esquecendo, por vezes, a informação conceitual do modelo representado.
4. Como modelos químicos que são frequentemente explicados a partir da Mecânica Quântica, os quais expressam um fisicalismo e matematização do conhecimento científico químico.
5. A introdução de modelos químicos é geralmente completada com práticas experimentais, mas não se estabelece uma relação direta entre o modelo teórico apresentado na sala de aula e o experimento. Muito pelo contrario, sendo a química uma ciência inobservável, o experimento geralmente fica no nível físico, portanto, os modelos químicos, geralmente, geram um padrão de correspondência com o mundo dos fenômenos físicos, nunca químicos.

²⁹ Schummer assume este conceito, mais como uma “metáfora iluminadora” ou uma idealização do pensamento, do que como uma entidade real. (Schummer, 1998)

³⁰ Justi et al, (1999), tem desenvolvido uma pesquisa relacionada com da emergência dos modelos híbridos na salas de aula de Química.

Por outro lado, também se tem pesquisas que tentam caracterizar os diferentes níveis de modelação dos estudantes na aprendizagem, a partir do uso da modelagem como estratégia de intervenção no ensino. Autores como Garay (2007), e Grosslight (1991), têm formulado propostas neste sentido, e é a partir destas formulações que se propõe a seguinte caracterização dos níveis de modelação dos estudantes de química, que talvez se possa extrapolar a outros contextos de formação.

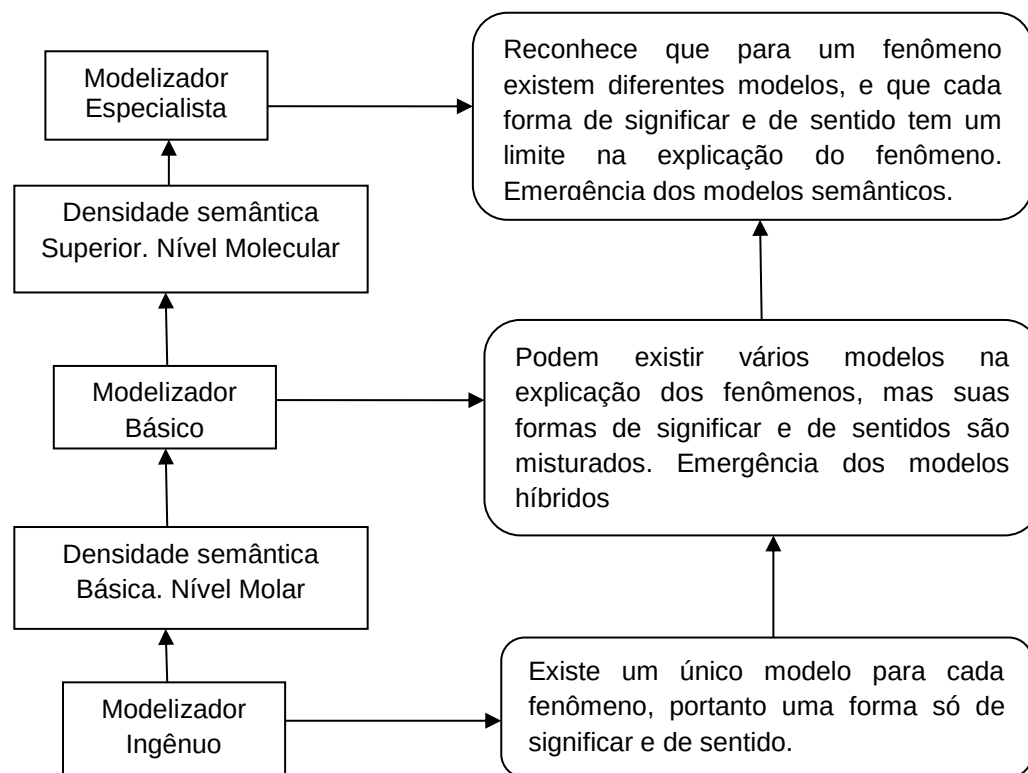


Figura 3 Níveis de modelação.

A proposta anterior se fundamenta nas elaborações teóricas de Grosslight (1999) e Garay (2007). Porém o argumento teórico supõe níveis Molar e Molecular propostos por Jensen (1999), na sua formulação da estrutura lógica da Química;

assume o incremento das densidades semânticas (TONTINI, 2004) das entidades teóricas e dos modelos em química (GUEVARA ET AL 2005; CHAMIZO 2010), e finalmente é mediado pelo contexto e pela zona de desenvolvimento proximal de Vigostky (1995).

Esta ferramenta supõe aspectos, tais como: as interações entre os estudantes, entre os estudantes e o professor e entre os estudantes e o entorno. Parte-se do pressuposto de que os modelos, bem como a ciência, são construções sociais, como qualquer outra atividade humana, mediada por dimensões políticas, econômicas, sociais e culturais, que dependem, em certa medida, das interações entre indivíduos e destes com o ambiente e o contexto.

Em 1994, M. Matthews formula que era necessária à inclusão da história e da epistemologia no ensino de ciências. Posteriormente, pesquisas desenvolvidas por Adúriz-Bravo, Chamizo, Quinatnilla, Talanquer, Izquierdo Bensaude-Vincent, Niaz-mansoor, entre outros, estabeleceram um caminho nesta direção, mas focando-se no ensino de química.

Neste trabalho e a partir das formulações teóricas de Scerri, Erduran, Erduran et al, Lombardi, se tenta identificar e caracterizar as relações entre Filosofia, História e Educação em Química, sob o suposto de que o reconhecimento de ditas relações permite a otimização do processos de ensino e aprendizagem científica. Isto é, identificar se nas pesquisas em educação sobre e

em química, são levadas em conta tanto a filosofia quanto a história desta ciência, em todos os níveis de escolaridade, primário, secundário e universitário.

Gagliardi (1988) afirma que, no caso da história da ciência e sua relação com a educação em ciências, a história pode ajudar na definição dos conceitos estruturantes. Isto é, a partir do uso da história, podem-se construir formas de significar e de sentido diferentes nos alunos, ditas construções ou transformações nos conceitos possibilitam um rearranjo nas estruturas conceituais dos alunos, o que permite um progresso no processo de aprendizagem.

Autores como Garay (2007) e Quintanilla (2005) argumentam que a implementação da História da Ciência, como um componente fundamental de estratégias didáticas, aperfeiçoa os processos de apropriação e compreensão de conceitos, métodos e modelos teóricos, contrário aos processos de ensino e aprendizagem, baseados no paradigma tradicional de transmissão e repetição, no qual omite-se intencionalmente o desenvolvimento histórico do conhecimento científico ou, simplesmente, destacam-se alguns fatos relevantes, mas geralmente de forma anedótica (GRIBBIN, 2005).

Porém, trabalhos como os de Erduran (2005a); Erduran et al, (2005b) e Scerri (2001), estão construindo as bases para caracterizar as relações entre estes dois campos. Afirma-se que é quase uma obrigação que os professores de química se aproximem ao estudo da natureza do conhecimento químico, para desta forma mudar o discurso da química nas salas de aula.

Isto mudará as formas de significar e de sentido nas salas de aulas de química a respeito dos conceitos meta-teóricos, como "modelo", "teoria", "lei" ou "princípio". Caldin (2002) segue este argumento, afirmando que as leis e teorias são alvo fundamental para a reflexão dentro da Filosofia da Química.

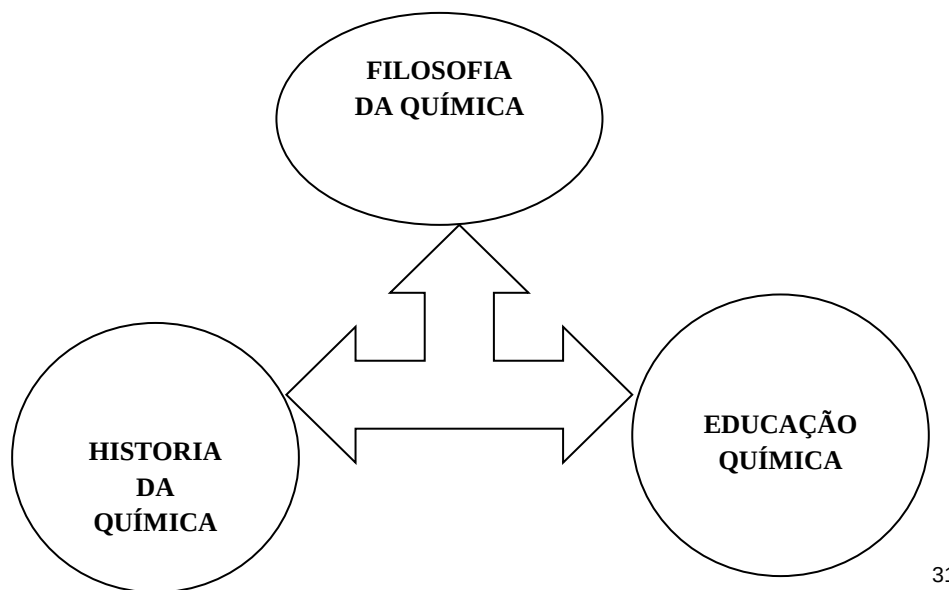
Em conexão com isso, pode-se dizer que identificar e caracterizar a relação entre filosofia, história e ensino da Química é uma tarefa difícil, que está apenas começando, e baseia-se principalmente na história e na filosofia da educação da ciência. Niaz e Rodriguez (2001) argumentam que a história e a filosofia da química estão implícitas na mesma química. No entanto, presumir ou supor não significa que ela é suficiente ou que a tarefa está concluída, ao contrário, isso cria novos desafios relacionados com os seus modos de abordar a educação científica.

Como alegado pelo trabalho de Gagliardi e Giordan (1986); e Gagliardi, (1988), inicialmente, as formações em química que incluem a filosofia e a história desta ciência, foram feitas a partir da história e filosofia das ciências em geral, e caracterizada, conforme argumenta Erduran, (2001), em um momento onde esta formação tem como principal foco a memorização de momentos da história da ciência.

Porem, devem ser superados os obstáculos identificados por Zaragosa et. al (2007, p 687-8), entre os quais é possível encontrar: integração limitada da

história da química em livros didáticos; o processo de ensino e aprendizagem enquanto foco do programa conceitual para a formação de professores, onde a presença de conceitos de história e filosofia da química é mínima e; finalmente, o bloqueio de interesse para professores e alunos para esta área de formação.

A continuação apresenta-se uma aproximação do que poderia ser entendida a relação entre filosofia, história e ensino da química, permitindo a evidência de que essas relações existem e têm uma relação interna, exercendo influência sobre cada uma destas áreas.



31

Figura 4 Esquema relacional entre a História, Filosofia e Educação Química

³¹ Alguns dos argumentos aqui apresentados foram submetidas ao periódico Science and Education sob o título: **PERIODIC LAW: PHILOSOPHY, HISTORY AND IMPLICATIONS IN CHEMISTRY TEACHING; APPROACHES TO IBERO-AMERICAN CONTEXT. Literature review, between the years 2000 to 2010;** Fredy Ramon Garay Garay¹, Charbel Niño El-Hani².

Filosofia da Química e Ensino de Química: O estudo da natureza do conhecimento químico, é o alvo da Filosofia da Química. Aqui se abordam linhas de indagação, como o reducionismo, o fisicalismo, conceitos meta-teóricos e recentemente, a semântica das teorias científicas. Isto transforma o discurso da química, portanto, as práticas discursivas nas salas de aula deverão ser mudadas, a partir destas reflexões. Isto é, as práticas docentes estarão permeadas pelas novas formas de significado e de sentido dos conceitos da química, da imagem da química, e principalmente pela construção destas novas formas de significado e de sentido, a partir de uma perspectiva interacionista, possibilitada por uma interação dialógica entre professores e alunos.

Filosofia de Química e História da Química: Relações de produto do estudo sobre os momentos históricos em que foi formulada, desenvolvimento que estabeleceu o conhecimento científico, assim como as perspectivas filosóficas que foram o ponto de apoio nestes processos. Isto é, reconstruções históricas mediadas pelas reflexões metateóricas fornecidas pela Filosofia da Química.

História da Química e Ensino de Química: São todas as interações decorrentes do processo de inclusão da história das ciências e do ensino das ciências e do impacto das investigações históricas sobre o ensino das ciências. Como argumentam alguns autores, estes devem ser utilizados para quebrar o conceito mítico e um estado de caráter humano da ciência na atividade social, construído para os homens e mulheres dedicados a esta tarefa.

Filosofia da Química, História da Química e Ensino de Química: Interações permeadas pelas formas de significar e de sentido, que se visam a partir da história, que sua natureza visa-se pela filosofia e sua construção na sala de aula possibilita novas formas de se aproximar à Química.

Em vista disto, as reflexões em torno da História e da Filosofia da Ciência em geral, e da química especificamente, ajudam a uma melhor compreensão sobre a natureza da ciência, porque geralmente a imagem da ciência está associada com as leis e princípios logicamente formulados, a partir da física e da matemática. Nesta imagem, a ciência está entendida como uma construção do conhecimento, tão somente para resolver problemas, tendo um caráter único, individual e androcêntrico. Para superar esta imagem equivocada da ciência, Solbes e Traver (1996) e Izquierdo, (1996) defenderam que o estudo da história e da filosofia da ciência pode ajudar na recuperação do caráter social do conhecimento científico.

3.2 Da educação em química: o caso da lei de periodicidade

A Química como ciência, a partir das perspectivas filosófica e histórica, pode-se afirmar que é uma ciência baseada em modelos teóricos, no sentido

semântico³², sendo a atividade científica o processo no qual se produz, refina e aperfeiçoam modelos. Porém, estabelece Justi (1999), tais modelos são mediadores entre a teoria e a “realidade”, embora autônomos destes. Porém, eles podem ser considerados idealizações do pensamento, obtidos pela interpretação dos dados empíricos, mas altamente heurísticos, como é o caso da molécula (SCHUMMER, 1999).

Tais modelos são reconstruídos nas salas de aulas, como modelos científicos químicos escolares, sob os pressupostos teóricos da modelagem (ERDURAN, 2001; JUSTI e GILBERT, 2002; IZQUIERDO, 2004). Neste sentido, pode-se assumir que o ensino e a aprendizagem da Química, a partir desta abordagem, fazem dos conceitos químicos, modelos a serem objetos de estudo na didática específica da Química (GARAY, 2007).

O fato de a lei periódica ter sido enunciada no livro “The Principles of chemistry”, teve uma influencia importante na educação em química, que procurava fazer da química uma ciência de fácil compreensão. Este fato faz com que seja relevante rever como está sendo ensinada a lei de periodicidade nas aulas de formação em química.

Como apontado anteriormente, a lei periódica tem sido alvo de discussões na Filosofia das Ciências, em geral, e na Filosofia da Química, em particular

³² Na nova epistemologia das ciências, esta perspectiva semântica, tem sido objeto de estudo, nas ultimas décadas, sendo conhecida como “família semantista”. Seus principais precursores são Suppe, F.; Van Fraassen, B.; Giere, R.

(SCERRI, 1997; 2000; 2007; 2009; 2011; SCHUMMER, 2006), assim como, de importantes abordagens históricas (JENSEN, 2005; SCERRI, 2007; BENSAUDE-VINCENT, 2008) e como objeto de estudo na relação da Filosofia, História e Ensino de Química (RODRIGUEZ ET AL, 2005; LINARES, 2005, GARAY, 2006, 2007).

Neste trabalho, assume-se que na educação em Química, no que tange ao ensino e aprendizagem da periodicidade química, esta deve ser abordada a partir do estudo da lei periódica e da sua concretização gráfica (a tabela) e não, como se apresenta na maioria dos trabalhos analisados, priorizando a tabela periódica ao invés da lei – isto é, em análogo ao estudo dos espelhos no lugar da teoria óptica na Física. Aliás, afirma-se que deve existir uma virada mais que necessária nestes processos. Isto é, o estudo da lei de periodicidade, além de permitir uma aproximação com a natureza do conhecimento científico químico, enquanto o estudo das leis em química, também deve possibilitar ensinar a tabela periódica como uma representação de relações mais do que uma tabela de informação.

Porém, a abordagem da tabela periódica tem sido feita a partir de perspectivas, tais como as novas tecnologias da informação e da comunicação (NTICs), na implementação de software e ferramentas virtuais (CARREIRA ET AL, 2005), através da discussão do conhecimento pedagógico do conteúdo (Neves et al 2000), como modelo científico (GARAY, 2007), numa abordagem histórica (PIRES, 2008; ZARAGOZA ET AL, 2007), ou como conteúdo intermediário nas

abordagens de outros conceitos químicos, como: estrutura química, substância ou elemento (LINARES, 2005).

O ensino e aprendizagem da lei e da tabela periódica têm, em linhas gerais, as mesmas dificuldades acima apresentadas na educação química. Por exemplo, na tabela periódica, existem valores que correspondem às propriedades das substâncias, assim como valores que correspondem ao átomo, o que implica na necessidade da passagem de um contexto macro a um contexto micro, ao mesmo tempo.

Uma forma que poderia solucionar tal dificuldade está na necessidade de fazer explícito o discurso em química, isto é, passar da mera definição das propriedades periódicas, da lei de periodicidade e da tabela periódica como um conjunto de temas, para ideias centrais, como sugere Talanquer, (2012). Estabelecendo com clareza o alcance da lei, assim como da tabela e dos seus limites, definindo com nitidez, quando se está fazendo referência a um nível molar, um molecular ou um energético (JENSEN, 1999). Assim deixar explicitado quando se esta falando de elemento como substância simples ou substância básica (PANETH, 2003), e focando-se na tabela, mais como uma tabela de relações entre as espécies químicas, do que nos valores e símbolos físicos de entidades teóricas.

Izquierdo (2004) estabelece que a transição do pensamento de entidades teóricas para entidades abstratas, no caso do ensino e aprendizagem da

periodicidade química, precisa de uma forte reflexão em torno da lei periódica, da formulação teórica por trás da organização dos elementos no esquema (tabela periódica) e o modelo, ou modelos, que ajudaram na sua configuração. Esta abordagem da formulação da lei pode (e deve) ser feita, através da História e da Filosofia da Química, que permitem aperfeiçoar os processos de explicação e argumentação.

Esta autora também estabelece a necessidade de tornar a linguagem química, mais racional e razoável, deixando o discurso abstrato e ilógico (IZQUIERDO, 2010). Nesta transformação da linguagem, se deve reconhecer a gramática da linguagem química (CHAMIZO, 2010), na busca de um marco explicativo mais amplo e que aborde diferentes níveis de significação e de sentido, ao se referir à lei de periodicidade.

A seguir, apresentam-se alguns exemplos de pesquisa em Educação em Química, que têm como alvo de indagação, pesquisa e objeto de estudo, o ensino e aprendizagem da lei e da tabela periódica. É relevante apontar aqui que, na maioria dos trabalhos analisados, eles se referem no seu título ao ensino ou aprendizagem da tabela periódica, estabelecendo de antemão, uma importante e não coerente separação entre a lei e a tabela periódica dos elementos químicos.

Esta hipótese sobre a importância do ensino e aprendizado da tabela periódica tem a ver com a perspectiva de educação, isto é, ainda hoje, a educação é considerada como um processo de transmissão de conhecimento. Portanto, o

importante não é o estudo, análise e explicação da lei periódica num marco conceitual, mas sim da memorização da informação contida na tabela periódica.

A tabela periódica é concebida como o “instrumento” de trabalho do cientista químico, imagem que é extrapolada ao contexto educativo, ou como afirma Linares (2005), ela pode funcionar como um “modelo” nas aulas de Química. Esta abordagem faz com que o tempo dedicado ao ensino e a aprendizagem da lei periódica seja mínimo, além de ser ligado principalmente ao ensino de outras temáticas em Química, a exemplo da configuração eletrônica e da ligação química.

A tabela periódica vem sendo ensinada como um conjunto de regras estabelecidas, em que os alunos, na maioria das vezes, utilizam-na como sendo apenas uma fonte de consulta na resolução de exercícios. O ensino se tem mostrado ainda como tradicional e sem muita relação com os interesses dos alunos (Pires et al, 2008). Em outro trabalho, Junior et al, (2009), afirmam que a tabela periódica é uma temática problemática na aprendizagem da Química, contudo, para uma grande parte dos alunos, a tabela periódica não passa de um amontoado de informações sem utilidade.

Uma pergunta interessante que orienta as pesquisas em torno da tabela é a formulada por Linares (2004), “[...] o que quer ensinar um professor ou professora, quando explicam tabela periódica nos cursos gerais de Química na universidade?” Desta, pode-se derivar uma série de perguntas, como: por que ensinar a tabela

periódica? Deve-se ensinar a tabela periódica ou lei periódica? A tabela periódica se aprende, compreende ou memoriza? Estuda-se a lei periódica e se aprende o uso da tabela? Embora se tenham múltiplas respostas para tais questões, e cada uma com diferente nível de complexidade, talvez, o importante seja questionar se não seria melhor ensinar e refletir sobre a lei periódica e que, como resultado deste processo, possa-se chegar ao uso adequado e assertivo da tabela periódica na construção do marco explicativo da química, que permita ao estudante se aproximar melhor as evidências dos fenômenos da Química.

Uma primeira característica, que surge desta análise, consiste no fato de fazer um ordenamento da tabela periódica por cores, segundo o estado de agregação da matéria, (como metais, gases, etc.) ensinando assim, conceitos como o de família e grupo (CORSE; ARCARI, 2004). A relação que se estabelece com a História da Química é mínima, e como as autoras manifestam “[...] *sempre que podíamos e convinha, colocávamos um pouco da história da construção da tabela, do nome dos elementos e outras curiosidades que dificilmente são abordados nos livros didáticos [...]*”. Isso permite caracterizar uma possível forma em que é assumida a História da Química nas salas de aula, reduzindo-a a uma mera ferramenta de dados curiosos, anedóticos e pouco relevantes, a qual é usada, quando for necessário, mas nunca com fins educativos, mas meramente como informação.

Contudo, a inclusão da história e da filosofia da química, nos espaços de formação nesta ciência, deve ser de forma rigorosa e sistemática, pelo fato de

poder conduzir a erros conceituais que podem se converter em obstáculos para os processos de ensino e aprendizado. Por exemplo, o caso de Gurrola et al (1998), que apresentam uma estratégia de ensino da tabela em forma de jogo, mas que no desenvolvimento histórico proposto apresentam uma versão deformada da história da formulação da lei periódica. Estas abordagens propiciam a geração do que o Taber (2004) tem chamado de erros pós-instrucionais, os quais, segundo o autor, são ainda muito mais difíceis de superar do que as ideias prévias, ideias alternativas ou concepções.

Outras abordagens identificadas, que são apresentadas como novidades, além das estratégias virtuais (LEMES E JUNIOR, 2008; PINTO, 2009), são as diferentes propostas de ensino da tabela periódica, desde a sua construção com os alunos (CORSE E ARCARI, 2004; VICO, 2006), privilegiando alguns aspectos mais do que outros, tais como: símbolo, nome, se é metal, ametal ou gás, número atômico e distribuição eletrônica; dentro da abordagem histórica e epistemológica, encontram-se propostas de ensino da tabela periódica a partir de uma abordagem histórica (ARELLANO; RIVERA, 1996); histórico-epistemológico (RODRIGUEZ et al, 2005); ou histórico contextual (GARAY, 2007).

Uma aprendizagem da tabela periódica de forma memorística, descontextualizada, a-histórica, dogmática e abstrata (GARAY, 2007; MELLO, 1996 APUD. PIRES 2008), deve-se ao fato de que, nos currículos de formação em química, não se têm uma abordagem tanto da História quanto da Filosofia desta ciência. Aliás, pode-se afirmar que a falta de interesse nestas áreas por parte dos

professores e mesmos de químicos, tem feito com que seu estudo se veja reduzido a aproximações superficiais, que não acrescentam em nada à natureza do conhecimento científico químico.

Ora, relativo ao processo de avaliação da aprendizagem, geralmente está focado na memorização de símbolos e dados dos elementos, sem se preocupar se o dado corresponde ao átomo, à espécie básica ou à espécie simples. Isto se evidencia nos trabalhos de Corse e Arcari (2004), que estabelecem que uma das críticas feitas pelos estudantes é a falta de exercícios para o treino da memória. Porém, eles não reclamam pela necessidade de estudar, analisar e compreender a lei de periodicidade.

No trabalho de Neves et al (2001), que tenta responder a questionamentos relacionados ao ensino e aprendizagem da lei e da tabela periódica, eles apresentam um importante dado sobre as pesquisas feitas nesta área, fazendo um levantamento bibliográfico em revistas de ensino e aprendizagem das ciências, em geral, e da Química, em particular, onde encontraram que só há uma pequena quantidade de pesquisas que tem como objeto de estudo esta temática, no período por eles pesquisado.

Resultado semelhante foi encontrado por Garay (2007), concluindo que, entre as possíveis razões para este resultado, esteja o fato de que tal temática é apresentada de forma sistemática, a-histórica e operacional nos livros didáticos. Nesse sentido, ele afirma que os livros não enfatizam a lei periódica como

fundamental no conhecimento científico químico. A própria compreensão do sentido de “lei” na ciência é interpretada de forma inadequada pelos livros, que não aproveitam o espaço de apresentação dos conteúdos para discutir sobre questões epistemológicas das ciências (NEVES et al, 2001, p. 08). Contudo, ~é possível concluir que não existe, tanto nas pesquisas em, quanto sobre educação química, verdadeiras discussões a respeito da natureza do conhecimento científico químico e da lei de periodicidade.

3.3 A proposta para o ensino

O anterior tópico permite refletir quanto aos processos de ensino e aprendizagem da química, em torno da lei de periodicidade. Como evidenciado, não é possível continuar com foco, para o ensino e a aprendizagem, sobre tabela periódica. O que se propõe neste trabalho é centrar o ensino e aprendizagem na lei, devido a que isto permite:

1. Reconhecer o marco conceitual e explicativo da química;
2. Refletir a respeito da natureza do conhecimento científico químico;
3. Fazer uso de forma assertiva, tanto da história, quanto da filosofia da química;
4. Se afastar de fiscalização e matematização do conhecimento químico;
5. Reconhecer a química como ciência autônoma;

6. Reconstruir a imagem manifesta da química;
7. Repensar a química como ciência, desde uma perspectiva semanticista, isto é a química como ciência baseada na construção e reconstrução de modelos teóricos;
8. Analisar a densidade semântica do conceito de periodicidade, mais do que memorizar dados que estão numa tabela;
9. Rever a tabela, não como um gráfico com certa quantidade de informação contida, mas sim como uma tabela que permite reconhecer as relações entre as espécies químicas;
10. Construir um conhecimento científico químico escolar no marco conceitual e explicativo da química e não da física e da matemática.

Finalmente, as mudanças, tanto na pesquisa quanto na educação química, são absolutamente necessárias, mas estas devem estar ligadas obrigatoriamente às perspectivas filosófica e histórica desta ciência, a razão de que não faz sentido mudar as estratégias de intervenção, senão mudar a visão fisicalista e matematizada dos conceitos químicos.

CAPITULO IV

Porque com D. Mendeleev se teve o último átomo químico.

4 METODOLOGIA

4.1 ANÁLISE CRÍTICO-DOCUMENTAL NA RECONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO

Enquadrar uma pesquisa, que pretende dar conta das implicações de uma perspectiva filosófica, na construção do conhecimento científico e da ciência como uma atividade humana dentro de um contexto social, que tem atividades, normas, regras e comportamentos próprios como qualquer outra, e que de outro lado, pretende acrescentar e fornecer argumentos a uma área de conhecimento ainda jovem como é a Filosofia da Química, faz da escolha da metodologia de pesquisa um dos processos mais importantes no desenho, execução e finalização da pesquisa.

Um possível diálogo entre os diferentes paradigmas e novas perspectivas, dimensões, metodologias, métodos e técnicas da pesquisa, permitem apresentar a linha de trabalho que guiou este projeto de pesquisa.

Esta pesquisa utilizará o diálogo entre paradigmas que permitam alcançar os objetivos propostos, mas se afastará daqueles que, ontológica e epistemologicamente, não têm possíveis zonas ou fronteiras de cruzamento.

Autores como Freitas (2007); Sandberg (2004); Rotha e Mehta (2002) e Crotty (1998), formularam que a perspectiva interpretativa tem como finalidade a compreensão e interpretação dos conteúdos. Nesta a realidade não é apreensível, mas é uma construção dos sujeitos que entram em contato com ela. Não existe uma relação direta entre o sujeito e o objeto, mas sim, uma gama de relações que estão no meio destes, que dele emergem, dando significado e sentido. Esta perspectiva tem como objetivo a compreensão do sentido da ação social em contexto da cotidianidade e do ponto de vista dos entes que participam dela.

Por outro lado, e segundo Agger (1991), a teoria crítica tem como finalidade transformar a realidade social. Apoia-se no potencial de mudança, a partir de atividades de intervenção, na qual a realidade é percebida como produto das interações entre os sujeitos.

A pesquisa sócio-histórica pode ser assumida como um novo paradigma, que tem a possibilidade de complementar paradigma, como a interpretativa e a teoria crítica, além de abrir um espectro de possibilidades de abordagens e desenhos de pesquisa. Essa nova perspectiva teórica permite romper com a dicotomia subjetivo/objetivo, externo/interno, social/individual, entre outros, além de se apoiar nos pressupostos teóricos de Vigotsky, (teoria da constituição do conhecimento em ambientes interativos), e Bakhtin, (teoria enunciativa da linguagem), pois esses pressupostos se configuram no materialismo histórico dialético (FREITAS, 2003, 2002, 1996).

Uma pesquisa feita ou apoiada neste paradigma, não somente tem como finalidade a explicação, mas também a descrição e compreensão do fenômeno, a partir do seu acontecer histórico, considerando o contexto social além das implicações culturais.

A perspectiva interpretativa tem como finalidade a compreensão e interpretação dos conteúdos; nele, a realidade não é apreensível, mas é uma construção dos sujeitos que entram em contato com ela. Não existe uma relação direta entre o sujeito e o objeto, mas sim, uma gama de relações que estão no meio destes, que dele emergem, dando significado e sentido (CROTTY, 1998).

Portanto, em uma pesquisa sócio-histórica, há também que se descrever, dentro de um contexto sócio-cultural, na qual a produção de conhecimento se faz a partir das interações que se produzem entre os sujeitos e a realidade. Como propõe Freitas (2003), o método dialético constitui-se em uma alternativa metodológica, ao assinalar a possibilidade de superação da dicotomia sujeito-objeto, num diálogo entre paradigmas e metodologias.

Para essa abordagem, alguns autores propõem que, além de se fazer um registro fiel do passado (tendo em consideração não somente o fato ou o fenômeno, mas também o contexto), deve-se contribuir para a solução de problemas atuais, o que se traduz, para este trabalho, em uma reconstrução do

conceito de periodicidade química no contexto histórico, dialogando com a Filosofia da Química, para contribuir na Educação Química.

De outro lado, também, formulam-se alguns dos passos que se tem em conta para o desenvolvimento da pesquisa, entre eles estão: formulação do problema, especificação dos dados, determinação dos dados disponíveis, coleta de dados, preparação do relatório, interação entre o relatório e a análise de dados, conclusão das fases descritiva e interpretativa. Para esta pesquisa, além destas etapas propostas por esses pesquisadores, também se orientará de acordo com as evidências externas e internas com que se contam as fontes primárias e secundárias.

Para a análise dos dados coletados, nesta tese, pretendeu-se interpretar, sintetizar, recopilar (o momento sócio-histórico da Química), explicar e compreender, determinar tendências e generalizar significados (aportes da Filosofia da Química) e transformar (proposta de ensino), para uma nova significação da lei periódica dos elementos químicos.

4.2 Análise Documental³³

A análise documental como método de pesquisa, emerge como consequência de uma das fases do processo de documentação, especificamente na fase de tratamento documental, (Garrido, 1993). Para esta fase da pesquisa, utilizou-se o seguinte esquema:

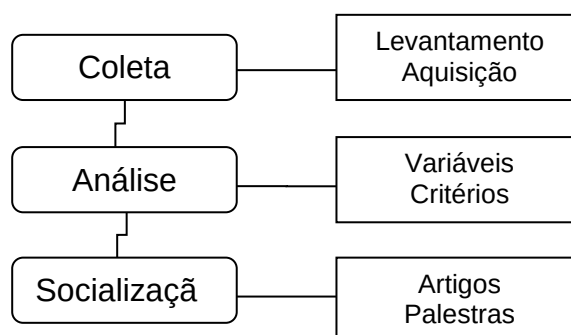


Figura 5 Estrutura da metodologia

Solis Hernandez (2003) define a Análise Documental (AD) como o processo da escolha de ideias informativamente relevantes de um documento, com o objetivo de expressar o seu conteúdo sem ambiguidades. Para Fox (2005), a AD consiste em examinar, discriminar, reconhecer e estudar os documentos, considerando nesses, os elementos objetivos. Perrello (1998) aponta que a AD pode desenvolver duas fases: a) determinação do significado geral do documento, com a ressignificação da informação que nela se encontra; b) descrição formal e a elaboração de estratégias e métodos de busca. Finalmente citam Peña e Pirela

³³ Esta metodologia de pesquisa tem sido construída e retroalimentada a partir dos diálogos com os projetos de pesquisa de **Andrea Petrelly e David Diaz**, estudantes de Maestria em Docencia de la Química, de la Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá Colômbia, quem pertencem a meu grupo de Pesquisa, e desenvolvem seus projetos de graduação sob minha Orientação.

(2007), que o objetivo da AD é a aproximação cognitiva do sujeito com o conteúdo das fontes de informação.

Para mediar a relação Documento-conhecimento-pesquisador, empregou-se como unidade de análises, a proposta por Van Dijk (1998) denominada macroestrutura semântica, que se refere à determinação de descritores ou palavras chaves, através das quais, pode-se representar o conteúdo dos documentos a analisar.

Para esta etapa da pesquisa, formularam-se perguntas que guiaram os diferentes processos propostos e que permitiram identificar novas variáveis, assim como, caracterizações das categorias e critérios que emergiram no desenvolvimento da pesquisa.

A partir de uma visão particular, o ator pode ser influenciado por dois níveis: o nível micro, definido pela interação entre todos os atores socialmente situados, e o nível macro, caracterizado pelas instituições, grupos e relações de grupo e poder social. Assim, qualquer formulação científica em contexto, pode ser considerada como uma realidade social de interação e experiência cotidiana, em níveis micro e macro, formando um todo unificado.

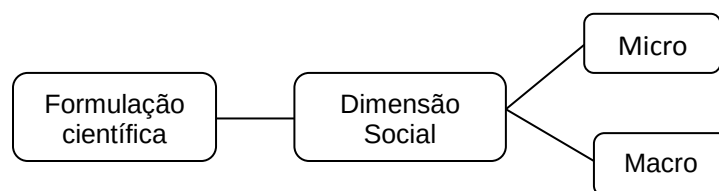


Figura 6 Construção da Formulação científica

A construção do conhecimento, não ocorre individualmente, mas através de várias interações que acontecem através de influências externas em diferentes graus, de forma que no nível micro ou local, e em nível macro, são estabelecidas pelo conjunto de leis, teorias e comunidades, sobre as quais repousam os fundamentos de uma ciência como a Química.

Na atividade científica geral, o nível micro é parte do aparelho sensorial do sistema conceitual incorporado na linguagem comum. No entanto, sua passagem ao nível macro, envolve os instrumentos que melhoram a extensão dos sentidos e, ao mesmo tempo, ajudam a clarear o sistema conceitual, introduzindo conceitos com alcance maior do que a linguagem comum, conceitos para descrever fatos e hipóteses científicas, com grande precisão e universalidade (MOSTERÍN, 1984).

Assim, para prosseguir enriquecendo e ampliando a construção do conhecimento científico, foi exigido das comunidades que validem a interação social, na qual o conhecimento científico pode ser construído de várias maneiras. Isto geralmente ocorre nas formas escrita e oral, demarcadas por ações explícitas e implícitas, respectivamente, demandando conhecimento prévio da linguagem para se alcançar o entendimento com a sociedade contemporânea na qual emergiu.

Assim, a construção e reconstrução do Conhecimento Científico Químico se dão por meio das práticas discursivas e da interpretabilidade semântica, não

como um simples ato de comunicação, mas também como oportunidade para influenciar o pensamento e a ação do outro – como parte subjetiva do ser humano a ser influenciada pela experiência imprevisível e única.

Identificar o discurso que produz o indivíduo dentro de um contexto social, influenciará substancialmente na construção, que irá intervir nas representações que são feitas sobre o conhecimento envolvido para, finalmente, determinar as ações, o que levará à possibilidade de analisá-lo. Assim, compreender um texto é, sobretudo, a capacidade de se construir um modelo para o mesmo e, inversamente, para se produzir o texto, o modelo é o ponto de partida para todo o processamento (VAN DIJK, 1995).

Nesta AD, é necessário fazer alusão a alguns aspectos da semiótica que serão levados em consideração, para a análise, tanto do livro “The Principles of Chemistry”, quanto dos livros de texto e dos periódicos e revistas científicas. De um modo geral, a sintaxe mostra a ordem das palavras e como elas se relacionam dentro das frases em uma semântica do discurso, área que estuda os signos linguísticos e suas combinações de forma sincrônica e/ou diacrônica, como o significado, a interpretação de um símbolo, a fala, a linguagem e a representação formal, o estudo da linguagem pragmática, em relação ao ato de falar, o conhecimento do mundo, o uso de alto-falantes e contextos de comunicação (GARCIA BERRIO; ALBALADEJO, 1983).

Portanto, a semântica e a pragmática fornecem uma reconstrução abstrata da realidade, através do significado conceitual de unidades linguísticas. Esta relação é chamada de estrutura do modelo, com todos os elementos importantes para a interpretação de instruções em uma linguagem determinada (VAN DIJK, 1992).

Van Dijk (2003) revela que os discursos são interpretados como elementos que têm uma relação consistente com os modelos mentais, isto é, uma relação direta e bidirecional entre o discurso e o modelo, que os usuários têm sobre os acontecimentos, fatos ou fenômenos. Porém, o modelo que é estabelecido para a compreensão do acontecimento, fato ou fenômeno, é construído e reconstruído como uma representação de ditas situações, por meio da fala ou da escrita, com qualidades semânticas.

4.3 O Modelo Preferencial e as macroestruturas semânticas

Na compreensão do discurso, é necessária a reconstrução dos modelos, tendo em conta tanto à dimensão social quanto a dimensão cognitiva. Estes modelos compõem o chamado modelo preferencial, que se refere à informação selecionada pelo indivíduo, de acordo com seus interesses e interpretações de eventos (VAN DIJK, 1999). Este modelo liga o nível semântico e pragmático da

análise crítica do conteúdo, a partir da noção de reflexão e transformação que foi inicialmente destinada a investigar um tema de particular relevância.

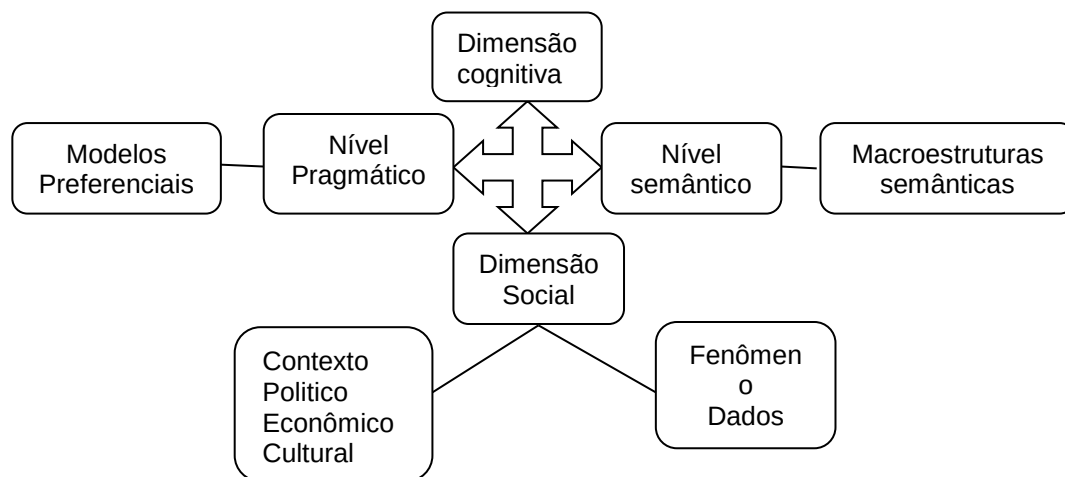


Figura 7 Nível semântico e pragmático. Adaptado de Petrelly 2012

De acordo com Van Dijk (1992), as macroestruturas referem-se à análise de texto, como uma representação abstrata da estrutura global do significado de um texto. As propostas estão ligadas aos estados de coisas, em vez dos verdadeiros ou falsos habituais: a frase é verdadeira quando o estado de coisas a que se refere existe, caso contrário, ela é falsa. No entanto, deve ser levado em conta que, ao lado da realidade atual, existem as chamadas realidades alternativas, em conjunto referidas a um mundo possível, e construído pelas semânticas abstratas. Na química este nível refere à heurística ou nível de idealização.

4.4 As microestruturas e macroestruturas

Berio Garcia e Albaladejo (1983) consideram que a linguagem textual vai além da oração como unidade linguística, já que permite estudar a organização do texto para responder à natureza global da intenção comunicativa. Consequentemente, o texto descreve duas contribuições: a macroestrutura textual, como uma estrutura profunda subjacente, relações de produtos para além da frase, no âmbito linguístico; e uma microestrutura textual, como uma estrutura de superfície de frases do texto e das estruturas subjacentes dessas sentenças.

Estas estruturas têm uma relação bidirecional, na qual o texto pode ser gerado, num primeiro passo, a partir de uma perspectiva de produção, que se manifesta por um arranjo de diferentes operações sintéticas, ponto de partida da macroestrutura, ou ponto final da microestrutura. Em segundo lugar, o texto pode ser gerado a partir do ponto de vista da receção, expressa pela administração de diferentes operações analíticas que conduzem, a partir da superfície da microestrutura, a parte mais profunda da macroestrutura.

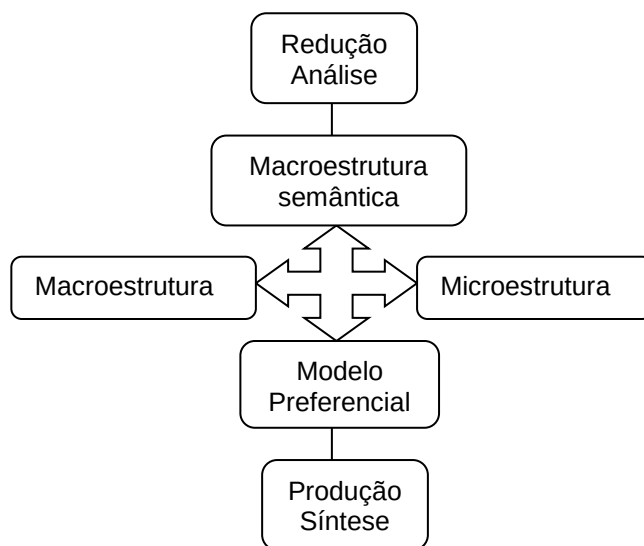


Figura 8 Modelo de análise e síntese. Adaptado de Petrelly, 2012

Portanto, o entendimento de um texto consiste em obter a macroestrutura, que está relacionada com o armazenamento de expressão na memória, em duas fases: uma mesa de informações, em que o pesquisador reduz a informação com um ponto de vista analítico, e uma fase de produção, com um ponto de vista sintético. Esta operação envolve a capacidade de destruir ou converter as informações, para que eles desenvolvam questões que são condicionadas pelas intenções comunicativas semânticas (GARCIA et al, 1983).

A seguir, apresentam-se as macro-regras propostas por Van Dijk (1983), que serão usadas tanto nos resultados quanto na discussão:

1. **Supressão:** Tendo certa sequência de proposições, suprimem-se todas aquelas que não sejam pressuposições das proposições subsequente da sequência.

2. **Generalização:** Tendo certa sequência de proposições, elaborase uma proposição que contenha um conceito derivado deste conceito e, desta forma, a proposição construída substitui a sequência original.

3. **Construção:** Tendo certa sequência de proposições, constrói-se uma proposição que vence o mesmo fato, denotado pela totalidade da sequência de proposições, substituindo a sequência original pela nova proposição.

Segundo Van Dijk (1983), a ordem na qual devem-se construir as macroestruturas usando as macro-regras, é a seguinte: **Construção; Supressão; Generalização.**

Garcia Berrio e Albaladejo (1983) mostram outra forma de construção de macro regras:

- Destrução de perda de informações acidental de informações não essencial, não recuperável.
- Destrução de informações constitucional: informações sobre a estrutura eliminada.
- Generalização simples: apagar a informação particular e manter a comum.
- Construção: feita uma proposição que denota o mesmo fato, expresso por uma série de proposições, que formam a regra inicial.

O que também suscita as seguintes macro-regras na área de Produção / Síntese:

- Desenvolvimento da informação acidental: acrescenta informações importantes, nuclear.
- Desenvolvimento de conteúdos de informação: um complemento à informação nuclear.
- O desenvolvimento da informação particular ou específico:
- Especificação de informação nuclear em geral.

Usando, tanto as macro-regras quanto as macroestruturas, na reconstrução das formas de significado e de sentido das entidades teóricas, na formulação da lei de periodicidade, buscou-se encontrar os aspectos materiais, que permitem estabelecer o caráter real de ditas entidades, descritas no livro “The Principles of Chemistry”, e contrastar tal caráter real, tanto nos livros de texto quanto nas pesquisas em Educação Química, que têm como alvo a lei e a tabela periódica.

CAPITULO V

5 DOS RESULTADOS

A grande quantidade de conhecimento químico existente sobre as propriedades químicas e suas relações, como as resumidas na tabela periódica, devem empregar-se com melhor fundamento na teoria atômica, que os relativamente escassos dados experimentais obtidos unicamente com as ideias físicas. Langmuir. 1919.

5.1 O Livro “The Principles of Chemistry”, quinta edição, by D. Medeleev. (1875)

[...] O tempo veio para desviar da contemplação visionária de aspirações platônicas, e de verbosidade clássica, e para entrar nas regiões de trabalho real para o bem comum, e para provar que o estudo da ciência não é somente uma educação excelente para a juventude, mas que infunde as virtudes do trabalho e da verdade, e cria sólida riqueza nacional material e mental, que sem ela seria irrealizável [...] (Mendeleev, 1972, Prefácio).

Bem no começo do livro, ficaram expostas algumas das posturas filosóficas, políticas e científicas de D. Mendeleev, frente a conceitos tais como ciência, verdade ou realidade. Isto permite desenhar uma linha que possibilite a análise das diferentes “entidades teóricas”, que o cientista utilizou no seu livro “The Principles of Chemistry”, na formulação da lei de periodicidade dos elementos químicos ou lei periódica.

As entidades teóricas que serão analisadas neste trabalho são: átomo, elemento, composto e sustância, porque elas são consideradas a base da formulação da lei. Porém, tenta-se identificar, através das formas de significar dos

conceitos, o caráter real de cada uma das entidades no trabalho deste cientista. Porém, para conseguir entender tais significados, foi preciso caracterizar a postura de D. Mendeleev, em torno da ciência Química, como ele a entendia, definia e assumia nas suas aulas.

Um fato relevante que é citado por outros autores como E. Scerri, e B. Bensaude-Vincent, é que D. Mendeleev não acreditava no átomo, porém fez uso desta entidade teórica para apoiar suas formulações. Isto, então, leva a analisar o caráter material das entidades, tais como elemento, substância, átomo e composto, como estruturantes da lei de periodicidade.

Estas entidades estão presentes na tese doutoral de R. Linares sob o título *“Elemento, Átomo y Sustancia Simple. Una reflexión a partir de la enseñanza de la tabla periódica en los cursos de Química General”* (2004). Porém, como o foco desta pesquisa não foi a tabela, mas sim a lei, decidiu-se então trabalhar as mesmas entidades.

Além disso, esta pesquisa procurou elementos que contribuíssem para a natureza do conhecimento científico. Portanto, apoiou-se, para isso, na afirmação de Izquierdo (2010), que estabelece que foi D. Mendeleev, o último cientista a trabalhar com o átomo químico, mas que a fisicalização desta entidade por parte de L. Pauling, transformou a entidade química numa partícula física.

A respeito da entidade teórica “elemento”, tem se evidenciado que foi D. Mendeleev quem conseguiu diferenciar as entidades em dois níveis. Usando as categorias de Jensen (1999), o cientista logrou identificar os elementos no nível molar (sustância simples) e no nível molecular (sustância básica). Portanto, são estes dois aspectos que serão o fundamento de análise. Hendry (2006) tenta, de uma forma interessante, definir elemento e composto, desde uma análise microestrutural, afirmando que o composto é muito mais difícil de definir, como apenas uma mera combinação de átomos diferentes, materiais heterogêneos, que, no entanto, tem que se procurar um critério diferente. Porém, ele conclui que os elementos definem-se pelos compostos e que os últimos são o produto das relações dos primeiros.

Finalmente, a entidade *sustância*, em química, pode estar relacionada a qualquer coisa, ocorrendo o mesmo com o conceito de partícula, que pode se referir a partículas subatômicas, e também pode estar se referindo a moléculas e radicais livres, entre outros. O mesmo acontece com a entidade *sustância*, que pode ser elemento, composto, solução ou mesmo mistura. Portanto, para este trabalho, usou-se o significado outorgado por Schummer (1998), quem estabelece que uma *sustância* pode ser assumida para química como espécie química, ou espécie química básica.

A seguir apresentam-se as concepções de elemento, *sustância*, átomos e compostos relacionando o fisicalismo e do conhecimento químico. Reconstrução

feita a partir dos livros de textos, artigos científicos e resultados de pesquisa em e sobre educação química.

Entidade	Fisicalismo ³⁴	Conhecimento Químico
Átomo	Partícula fundamental, componente da matéria, que possui estrutura interna.	Entidade teórica que faz parte de um modelo teórico idealizado sobre a composição da matéria (GARAY, 2012).
Elemento	Sustância que não se pode se subdividir em outras mais simples por meios químicos	Sustância simples ou básica (PANETH, 2004), a depender do nível molar ou molecular (JENSEN, 1999)
Composto	Sustância formada por átomos de dois ou mais elementos, unidos quimicamente em proporções fixas.	No nível molar ele pode ser considerado como sustância que conserva a suas propriedades termodinâmicas, mas no nível molecular, isto é mais complexo, porque o estudo terá que se fazer um a um além das relações das suas partes (HENDRY, 2008)
Sustância	Forma de matéria que tem composição definida e propriedades distintas	Espécie química básica (SCHUMMER, 1998)

Quadro 2 Fisicalismo vs Conhecimento Químico.

O anterior quadro estabelece um ponto de partida, que orienta a análise do livro “The Principles of Chemistry”, quinta edição, publicada no ano de 1875³⁵, abordando as entidades teóricas: átomo, elemento, composto e sustância, como estruturantes da lei de periodicidade. Porém, apresentam trechos, que evidencia não só as entidades teóricas, mas que também as reflexões por parte do D. Mendeleev, a respeito da ciência, neste caso da química e da filosofia.

[...] Sem pretender atingir em meu tratado a integridade de uma obra de referência, eu ainda tenho me esforçado por expressar os principais desenvolvimentos da ciência que se refere aos elementos químicos, vistos naquele aspecto no qual apareceram a

³⁴ Todas as definições apresentadas aqui foram tomadas do Livro Química de Raymond Chang, 10 edição, 2010.

³⁵ É importante deixar claro que em razão da dificuldade de compreensão do idioma russo, se trabalhou na edição em inglês, como fonte secundária. Porém, este recurso é aceito na pesquisa em educação toda vez que os livros de texto são considerados como fonte secundária, se partir desse princípio, tanto na primeira versão quanto na sua tradução ao inglês, “The Principles of Chemistry”, poderia se considerar como fonte secundária.

mim após um longo estudo continuado do sujeito e da participação no avanço do conhecimento contemporâneo [...] (Mendeleev, nota de rodapé Prefácio X, 1975).

O tom de humildade presente no trecho citado acima, o qual está bem no começo do livro, na introdução, expõe um cientista humanizado, que encontra no estudo da ciência dos elementos químicos, uma possibilidade de avanço do conhecimento que, como apresenta mais na frente, também leva a um avanço na sociedade. Embora esta obra tenha sido escrita, não com fins científicos, mas sim com fins didáticos, ela surge como resposta à preocupação de D. Mendeleev, a respeito de como ensinar química na universidade de São Petersburgo, Rússia.

Para alguns historiadores das ciências, muitas das obras científicas foram escritas com fins únicos, de serem utilizados como livros de textos para o ensino de uma ou outra ciência. Isto não tem sido diferente, ainda menos nos trabalhos de D. Mendeleev, quem escreve seu livro “The Principles of Chemistry”, com o propósito de facilitar o ensino de Química e a aprendizagem dos seus estudantes na cátedra de Química Inorgânica da Universidade de São Petersburgo (Agafoshin, 1973; Brook, 1999; Bensaude-Vincet, 2003).

[...] A hora chegou quando o conhecimento da Física e da Química fez parte da educação, assim como os clássicos foram importantes há dois séculos. Naqueles dias, as nações que se destacaram no aprendizado dos clássicos, assim como, agora, as mais avançadas são aquelas que são superiores no conhecimento das ciências naturais [...] (MENDELEEV, 1875. nota de rodapé Prefácio X).

Um dos aspectos característicos do trabalho do D. Mendeleev tem a ver com a importância que o cientista atribui à educação. Para ele, a educação atinge

diferentes campos, assim como a qualidade de vida, reconhecimento do indivíduo, o crescimento das nações pelo conhecimento, entre outros³⁶.

Mas também, D. Medenleev deixa claro que o conhecimento não é uma construção individual e que está em constante avaliação por parte dos pares. Assim, ele afirma:

[...] Eu também quis mostrar, no tratado elementar de química, as vantagens palpáveis adquiridas pela aplicação da lei periódica, que eu vi pela primeira vez em sua totalidade no ano de 1869, quando eu estava empenhado em escrever a primeira edição deste livro, no qual, de fato, a lei foi enunciada pela primeira vez. No entanto, esta lei não foi estabelecida tão firmemente como agora, quando tantas das suas consequências foram verificadas pelas pesquisas de químicos diversos, e, especialmente, por Roscoe, Lecoq de Boisbaudran, Nilson, Brauner, Thorpe, Carnelley, Laurie, Winkler, e outros [...] (Mendeleev, 1875. nota de rodapé Prefácio X).

O reconhecimento da lei não foi devido aos trabalhos experimentais do próprio D. Mendeleev, mas sim, pelas pesquisas da comunidade de químicos da época, que não se limita aos colegas da universidade ou mesmo da Rússia, mas que é estabelecida por químicos de diferentes nacionalidades, que aceitam a lei, na medida em que esta podia ser avaliada e validada.

Para entender as definições ou formas de significar no livro de D. Mendeleev, é importante conhecer o seu posicionamento frente à Química, isto é, caracterizar e entender o que ele assume por Química, para assim poder perceber

³⁶ Autores como Mauricio Nieto, distam desta postura a respeito do conhecimento científico e do avanço das sociedades. Para mais informação Ver M Nieto (2010, 2008, 1996)

como ele integrava as entidades químicas no seu trabalho. Segundo ele, a Química:

[...] Refere-se ao estudo 1. das substâncias homogêneas ou materiais, 2. dos objetos que constituem o universo, e das transformações destas substâncias em outras, e que fenômenos, 3. são os que acompanham essas transformações. Cada alteração química ou reação, 4. como é chamado, só pode ter lugar sob uma condição de contato mais íntimo e perto das substâncias que reagem, 5. e é determinada pelas forças adequadas para as partículas mais pequenas invisíveis (moléculas) da matéria [...] (Mendeleev, 1875. nota de rodapé Prefácio).³⁷

Nesta definição de Química, assume-se que ela só estuda aquelas substâncias homogêneas, mais ainda, o autor não as define como elementos ou compostos. Porém, uma característica importante é o fato delas serem homogêneas, porque são estas as que pertencem ao campo de estudo da ciência Química. As outras substâncias, ou seja, as heterogêneas, fogem desta ciência e são campo de pesquisa de outras áreas, como afirma ele:

[...] Química lida apenas com as substâncias homogêneas, achadas na natureza, ou extraído de substância, natural ou artificial não homogêneo. As várias misturas encontradas na natureza formam as disciplinas de outras ciências naturais, como geognose, botânica, zoologia, anatomia, etc.[...] (MENDELEEV, 1875. nota de rodapé Prefácio X).

Ainda assim, nesta primeira definição de Química, ele não tem nenhuma aproximação das entidades consideradas estruturantes do marco conceitual da Química como ciência, como é o caso do átomo (Calvin, 2002). É importante notar que, para D. Mendeleev, as partículas menores encarregadas de interagir nas

³⁷ No livro “The Principles of Chemistry”, que corresponde à página 4 do prefácio escrito pelo Autor.

transformações ou reações químicas, eram as moléculas e não os átomos. Porém, para ele, segundo Bensuade-Vincent (1998), aceitar esta entidade, como partícula física possível de divisão, era novamente cair no misticismo e na metafísica, do qual tanto teria custado à Química se afastar.

No seu objetivo de definir os campos de estudo da química, D. Mendeleev formula que a Química, como a ciência referida ao estudo das substâncias homogêneas, tem um método próprio, o qual tenta definir, como é apresentado a seguir:

[...] A investigação de uma substância ou fenômeno da natureza consiste: a) na determinação da relação da "coisa" sob pesquisa, com alguma já conhecida, seja a partir de estudos anteriores, ou a partir de experiência, ou a partir da consciência dos entornos comuns da vida, isto é, na determinação e expressão da qualidade do desconhecido com a ajuda daquilo que é conhecido; b) em medir tudo o que pode ser submetido à medição, é, assim, que denota a relação quantitativa do que está sob pesquisa para o que já é conhecido e a sua relação para as categorias de tempo, espaço, temperatura, massa; c) na determinação da posição detida pela coisa sob pesquisa no sistema das coisas conhecidas, guiado por dados qualitativos e quantitativos; d) a encontrar, a partir das quantidades que foram medidas, a dependência (visível) empírica (função, ou 'lei', como é por vezes denominada) de fatores variáveis, por exemplo, a dependência da composição da substância nas suas propriedades, da temperatura sobre o tempo, do tempo na posição [...] e) na elaboração de hipóteses ou proposições sobre a causa real e a natureza verdadeira da relação entre o estudado (medidas ou observados) e o que é conhecido ou das categorias de tempo, espaço, etc.; f) na verificação das consequências lógicas das hipóteses por experiência, e g) no avanço de uma teoria que deve ter em conta a natureza das propriedades do estudado nas suas relações com coisas já conhecidas e com essas condições ou categorias entre as quais ela existe [...] (MENDELEEV, 1875, p. 01).

Aqui, é possível evidenciar um dos argumentos mais interessantes no trabalho de D. Mendeleev, referente ao fato de como se tem que aproximar

daquelas “coisas” não observáveis. O primeiro, é o fato de ter que ter um análogo naquilo que é conhecido, porque é a partir dele que é possível determinar no caso, propriedades daquilo que não se conhece, estabelecendo assim uma relação de dependência entre o conhecido e aquilo que espera-se conhecer, sendo a verificação por à experiência um possível médio de se aproximar à “coisa” de estudo.

D. Mendeleev, continua na descrição da forma de como aproximar aquilo que não é conhecido, aquilo não observável, que faz parte dos fenômenos químicos:

[...] É certo que só é possível para o estudado, quando tomamos como base algum fato incontestável que é autoevidente para a nossa compreensão, como, por exemplo, número, tempo, espaço, movimento, ou massa. A determinação de tais concepções primárias ou fundamentais (categorias), embora não exclua da possibilidade de pesquisa, muitas vezes não se sujeitam ao nosso atual modo de generalização científica. Daí se segue na pesquisa de qualquer coisa, porém, sempre permanece algo que é reconhecido sem pesquisa, ou admitido como um fator conhecido. Os axiomas da geometria podem ser tomados como um exemplo. Assim como na ciência da biologia é necessário admitir a faculdade de organismos para se multiplicar, como uma concepção cujo significado ainda é desconhecido. Assim, no estudo da Química, a noção de elemento deve ser reconhecida sem quase nenhuma análise adicional. No entanto, primeiro investiga-se o que é visível e sujeito a observação direta por parte dos órgãos dos sentidos, podemos esperar que, primeiro, as hipóteses chegaram, e depois as teorias sobre as quais deve ser colocadas como base das nossas investigações [...]. (MENDELEEV, 1875, pag 1).

Uma dificuldade no estudo foi caracterizar, dentro do método de pesquisa no trabalho de D. Mendeleev, a importância de ditos “*estudados*” ou “*coisas*” que são

autoevidentes,³⁸ embora surjam questionamentos como, por exemplo: como determinar que algo seja autoevidente? O que deve ser feito para que algo seja autoevidente? O fato de algo ser autoevidente, restringe então o campo possível de pesquisa? Isto pode ser entendido a partir da caracterização do método. Como ele explica mais adiante, onde é possível derivar a importância dos métodos indutivos e dedutivos, mesmo que historiadores e filósofos da Química ainda não tenham chegado a um acordo sobre qual destes dois tipos de métodos, garantiu a formulação da lei de periodicidade³⁹.

Assim, o método proposto por D. Mendeleev, para chegar a teorizar sobre aquilo que é estudado, caracteriza-se pela observação, as hipotetises e teorização, assumindo isto como uma expressão de um pensamento dedutivo, que levaria mais adiante a propor propriedades de elementos ainda não conhecidos. Porém, não pode se afastar de um único método científico (indutivo) da época, que parte da observação (o uso dos órgãos dos sentidos), passa pela formulação de hipótese para finalmente poder propor uma formulação científica.

[...] As mentes dos antigos esforçaram-se para, ao mesmo tempo, aproveitar as categorias muito fundamentais da investigação, enquanto todos os sucessos de conhecimento recente são baseados no método de investigação acima citado, sem a determinação do "início de todas as coisas". Seguindo este método indutivo, as ciências exatas já conseguiram tornar-se

³⁸ Estes "estudados" ou "coisas" podem ser analisados desde a perspectiva de I. Hacking, quem considera que as entidades teóricas, podem ter um análogo no "mundo real" só se são possíveis de manipulação porém, ele é independente de toda formulação teórica, sendo então este o traço da autoevidencia.

³⁹ Tese discutida por Garay, F. 2007. Los modelos abstractos, constructo en la formación inicial de profesores. El caso de la tabla periódica. Tesis de Maestría universidad Pedagógica Nacional. Bogotá Colombia.

familiarizadas, certamente com grande parte do mundo invisível, que diretamente é imperceptível para os órgãos dos sentidos (por exemplo, o movimento molecular de todos os corpos, a composição dos luminares celestes, os caminhos do seu movimento, a necessidade da existência de substâncias que não podem ser submetidas à experiência, etc). (MENDELEEV, 1875)

Neste trecho, D. Mendeleev apresenta sua postura frente às entidades na ciência, e na Química em particular isso porque ele aceita a existência de um “mundo invisível”, mas que este mundo existe fora da nossa experiência, sendo evidente, neste trecho, que a experiência é o processo de conhecimento do “mundo invisível”, através dos sentidos. Mas, este conhecimento empírico (percepção ou conjunto de percepções) está permeado necessariamente por tudo aquilo que se conhece. Portanto, nesta aproximação ao mundo invisível, tem que lidar-se com as concepções daquilo que se conhece, como ele mencionou acima, só podendo-se aproximar daquilo que não se conhece (a coisa, ou o estudado), a partir daquilo que é conhecido. E, se isto está permeado pela limitação dos órgãos dos sentidos, então, tem-se uma aproximação bastante pobre do “mundo Invisível”. Poder-se-ia citar então I. Hacking (1983), o qual assume a existência de um “mundo invisível”, mas que as nossas teorias científicas não dão conta dele:

[...] Portanto, pode ser dito com segurança, que o método indutivo de investigação é um modo mais perfeito de adquirir conhecimento do que o método dedutivo sozinho (partindo-se da aceitação do invisível como incontestável, pode se aproximar aquilo que é visível e observável) porque os antigos se esforçaram para abraçar o universo. Ao investigar o universo através de um método indutivo (fazendo uso do que é observável para se aproximar um pouco daquilo que pode ser verificado e incontestável), a nova ciência se recusa a reconhecer o dogma como verdade, mas através da razão, por um método lento e trabalhoso de investigação, esforça-se para que atinja deduções verdadeiras [...] (Hacking, 1983, p. 01).

Um dos principais objetos de estudo da História e a Filosofia da Química, foca-se na necessidade de estabelecer com clareza, qual foi o método de pesquisa utilizado por D. Mendeleev na formulação da lei de periodicidade. Isto é, alguns autores consideram que ele empregou o método indutivo, porque para chegar ao arranjo dos elementos na tabela periódica, ele se baseou nas formulações e observações, tanto dos seus trabalhos como de cientistas anteriores. Por outro lado, também se afirma que ele se baseou no método dedutivo, devido ao fato dele ter deixado os espaços na tabela periódica para elementos que ainda não tinham sido descobertos (GARAY, 2007). Porém ainda hoje não existe um consenso a respeito, mesmo porque na época, as mudanças nas linhas de pensamento a respeito da constituição da matéria a partir do método experimental, e a cada vez maior fisicalização do átomo químico, levaram a supor que D. Mendeleev teve que assumir diferentes posturas na defesa da sua formulação.

É importante reconhecer que, nesta época, eram evidentes as transformações pelas quais passava a Química: a passagem da compreensão das entidades teóricas (átomo, molécula, etc.), para as entidades de caráter físico (átomo divisível, elétron, próton, partículas subatômicas), levou necessariamente a uma mudança na epistemologia, isto é, na necessidade de um método além do método indutivo, isto é, o método dedutivo. Porém, o mesmo D. Mendeleev reconhece as dificuldades e virtudes, tanto de um como outro. Portanto, é possível afirmar que na formulação da lei de periodicidade, não se empregou de um ou

outro método, mas que se usou uma liga destes. Ele já tinha reconhecido que não existem verdades absolutas na ciência – “a nova ciência se recusa a aceitar verdades científicas como dogmas” -, mas também reconheceu que, pela mistura destes métodos, poder-se-ia chegar a “deduções verdadeiras”.

Após esta tentativa de caracterizar o pensamento do cientista, que levou à formulação da lei de periodicidade, agora se apresentam algumas das formas de significar quanto às entidades substância, elemento, composto e átomo, que usou na configuração de sua lei.

5.2 Das entidades teóricas no livro *The Principles of Chemistry*.

O livro de D. Mendeleev, emerge como uma proposta didática, que tenta explicar a química do seu tempo, uma química descritiva, relacional, de substâncias simples e substâncias básicas, de entidades teóricas como elemento, composto, substancia e átomo.

5.2.1 Substância

Na definição de química, D. Mendeleev fez uso do conceito de substancia, como entidade teórica, que foi o objeto principal de estudo desta ciência:

[...] Química refere-se ao estudo 1. Das substâncias homogêneas ou materiais 2 de todos os objetos dos quais o universo foi feito, das transformações das substâncias em outras e com o fenômeno 3 que acompanha ditas transformações [...] (Mendeleev, 1875. nota de rodapé Prefácio X)

Assim como as substâncias são objeto de estudo da ciência química, D. Mendeleev, também estabelece como pode se aproximar do estudo destas, ou melhor, caracterizar a pesquisa a respeito destas entidades:

[...] A investigação de uma substância ou um fenômeno de natureza consiste (a) na determinação da relação da coisa sob investigação com o que já é conhecido, a partir de estudos anteriores, ou a partir de experimentação, ou a partir da consciência dos ambientes comuns da vida, isto é, na determinação e expressando a qualidade do desconhecido com o auxílio do que é conhecido [...]

Percebe-se que o cientista assume que as substâncias ou sua estrutura pertencem ao mundo desconhecido. Portanto, para se aproximar delas, tem que se partir daquilo que é conhecido, ou seja, o mundo empírico ou mundo molar, se quiser usar o nível de Jensen (1999) ou nível macroscópico, segundo Johnstone (1982).

[...] (b) na medição de tudo o que pode ser medível, e, assim, denotando a relação quantitativa de que sob investigação em relação aos já conhecidos e a sua relação com as categorias de tempo, espaço, temperatura, são (c) na determinação da posição detida pela coisa sob investigação no sistema das coisas conhecidas, guiado por dados quantitativos e qualitativos (d) a encontrar, a partir das quantidades que foram medidos, a dependência empírica (visível) (função, ou "lei", como às vezes é chamado) de fatores variáveis [...]

Porém, D. Mendeleev define substância como:

[...] Uma substância ou material é aquilo que ocupa espaço e tem peso. Isto é, que apresenta uma massa que é atraída pela terra e por outras massas de material, das quais, os objetos da natureza são compostos e, através das quais, os movimentos e os fenômenos da natureza são realizados. É fácil descobrir, examinando e investigando, por vários métodos, que os objetos reuniram-se na natureza e nas artes, que alguns deles são homogêneos, enquanto outros são compostos por uma mistura de várias substâncias homogêneas. Isto é visto mais claramente nas substâncias sólidas. Os metais utilizados nas artes (por exemplo, ouro, ferro, cobre) devem ser distinguidos pela sua homogeneidade, caso contrário, eles são quebradiços e impróprios para muitas utilizações. Matéria homogênea apresenta propriedades semelhantes em todas as suas partes. Ao quebrar uma substância homogênea para obter peças que, embora diferentes na forma, se assemelham em suas propriedades e nas melhores qualidades. Vidro, açúcar e mármore, etc., são exemplos de substâncias homogêneas [...] (Mendeleev, 1875)

No caso das substâncias, D. Mendeleev, tem o mesmo problema apresentado pelos cientistas atuais, em relação à definição do termo, pois não se tem uma definição única e consistente a respeito desta entidade. Portanto, pode-se afirmar que esta entidade teórica não passa de uma forma de tentar classificar a matéria (os materiais). Contudo, o seu conceito, assim como seu uso, está tão implícito na linguagem cotidiana que tem se transformado num conceito polissêmico, embora, não consiga classificar nem caracterizar os elementos nem os compostos da natureza.

Nesse sentido, como afirma D. Mendeleev (1875), substância faz parte do grupo desses conceitos “[...] São reconhecidos sem pesquisa ou admitidos como um fator conhecido [...]”. Embora tente uma definição de tal conceito, supondo que este caracterize certos tipos de materiais, o cientista não deixa claro que substância

seja sinônimo de material. Por sinal, o fato dele supor que substância é tudo aquilo que ocupa espaço e tem peso, supõe, então, que tudo no mundo é substância.

Mesmo que na revisão dos textos universitários fique implícito que substância seja um termo que tenta agrupar somente os elementos e os compostos, não consegue entrar neste grupo, as misturas, ou seja, mesclas homogêneas e heterogêneas não são substâncias. Elas estão formadas por substâncias, mas no seu uso, uma substância pode ser uma mescla homogênea, porque não se tem clareza na definição de composto. Aliás, o uso de propriedades, tais como “quebradiço”, para diferenciar uma substância homogênea de uma heterogênea não define, com nitidez, elemento e composto, e ainda menos, mescla homogênea.

Portanto, é de se supor que nesta definição de substância, D.Mendeleev faz uso de todas aquelas propriedades conhecidas para tentar explicar aquilo que não pode ser observado (a coisa, ou o estudado). Nos termos de Jenssen (1998), ele poderia, a partir de um nível molar (o nível daquilo que é conhecido, o mundo do empírico) tentar explicar o nível molecular (o nível das coisas ou dos estudados, dos objetos invisíveis). Argumento este que pode se apoiar nos três níveis propostos por Jhonstone (1982, 1997, 2000), isto é, supor que a Química se desenvolve em três níveis: em macroscópico, em microscópico e, por último, em nível simbólico.

Assim, para D. Mendeleev, o mundo conhecido corresponde ao nível macroscópico (mundo empírico ou mundo conhecido pela experiência empírica), a partir do que é possível conhecer no mundo invisível ou nível microscópico (que corresponde aos objetos invisíveis, que só podem ser conhecidos a partir do nível macroscópico), e no nível simbólico, com o qual pode-se tornar em objetos de crença (Ramsay, 2001).

Neste caso, D. Mendeleev não deixa claro se as substâncias são os mesmos elementos, deixando dúvidas, pois afirma que toda aquela substância homogênea constitui a maioria dos materiais do mundo, ou pelos menos uma mistura delas. Mas, no estudo destas substâncias, ele deixa claro que “[...] Química lida apenas com as substâncias homogêneas que se encontram na natureza, ou extraído de substância, natural ou artificial não-homogêneo [...]” (Mendeleev, 1875). As várias misturas encontradas na natureza formam as disciplinas de outras ciências naturais, como geognose, botânica, zoologia, anatomia, etc. Assim, pode-se afirmar que nos trabalhos de D. Mendeleev, as entidades teóricas referem-se – apenas àquelas entidades que se definem desde o mundo conhecido (empírico, molar ou macroscópico) –, às substâncias homogêneas.

Sendo as substâncias homogêneas alvo de estudo da ciência química, na atualidade, estas estão compostas por dois grandes grupos, os elementos e os compostos, mas como afirma Hendry (2006), definir elemento e composto, são dois problemas ainda muito complexos, mesmo porque a nossas definições atuais

não dão conta destas entidades, muitas vezes justificadas pelo micro-estruturalismo. Portanto, se faz relevante tentar caracterizar o que é elemento como entidade, segundo D. Mendeleev.

5.2.2 Elemento

[...] Uma reação de rearranjo pode, em certos casos, ter lugar com uma única substância; isto é, uma substância pode, por si só mudar para uma nova forma isomérica. Assim, por exemplo, se o enxofre rígido amarelo é aquecido a certa temperatura e, em seguida, vertido em água fria, por arrefecimento, de uma mole de variedade castanha. Fósforo normal, que é transparente, venenoso, e fosforescente no escuro (em ar), dá, após ter sido aquecido a 270 (em uma atmosfera incapaz de combustão de suporte, tal como vapor), opaco, vermelho, e não uma variedade isomérica tóxica, o que não é fosforescente. Casos de isomeria pronto elimina a possibilidade de um rearranjo interno de uma substância, e são o resultado de uma alteração no agrupamento dos mesmos elementos, tal como um certo número de bolas podem ser agrupadas nas figuras e formas de modos diferentes e de várias propriedades [...] (Mendeleev, 1875)

Autores como Paneth, Scerri, Bensaude-Vincent, Bensaude; Vincent & Strengers, têm apontado que D. Mendeleev acoplou as formulações teóricas de A. Lavoisier e R. Boyle, a respeito do conceito de elemento, na sua teorização, tal como aponta acima, onde ele deixa entrever que o elemento não é a substância, mas compõe a substância.

[...] Tendo aceitado a verdade da lei acima, a questão é saber se involuntariamente existe qualquer limite para as várias transformações químicas, ou elas são em número ilimitado isto é, não são possíveis a partir de uma dada substância para ser obtido uma quantidade equivalente de todas as outras substâncias? Em outras palavras, não existe uma mudança perpétua e infinita de um tipo de material em todos os outros tipos, ou é o ciclo dessas

transformações limitado Este é o segundo problema essencial da Química, uma questão de qualidade da matéria, sendo evidente, mais complicado do que a questão da quantidade [...] (Mendeleev, 1875)

Um argumento muito importante desenvolvido por D. Mendeleev e que é retomado pelo A. Tontini (2006), é o de considerar o conhecimento químico limitado, além de dependente, por ser uma função da natureza (reatividade, afinidade e valência) das substâncias.

[...] no estudo da Química, a noção de elemento deve ser reconhecida sem praticamente nenhuma análise posterior. No entanto, em primeiro lugar, ao investigar o que é visível e sujeito a observação direta pelos órgãos dos sentidos, podemos esperar que, em primeiro lugar, as hipóteses chegaram, e, posteriormente, as teorias que se tem agora têm de ser colocadas na base da nossa pesquisa [...]. (Mendeleev, 1875)

Partindo daquilo que é visível, supõe na formulação de D. Mendeleev, dois momentos, nos quais, o cientista para se referir ao conceito de elemento, citando os níveis de Jensen (1999), poderia estar sugerindo no nível molar (aquilo que é possível de perceber através dos órgãos dos sentidos), e num nível molecular, ao supor a existência daquilo que não é possível de observação, porém, pode ser conhecido a partir daquilo conhecido.

[...] Nos tempos antigos, a opinião mais generalizada de que tudo era visível, era composto de quatro elementos: Ar, Água, Terra e Fogo. A origem dessa doutrina pode ser rastreada tanto para trás nos confins da Ásia, onde foi entregue aos gregos e, mais amplamente desenvolvida por Empedocles, que viveu antes de

460 a.C. Ao aceitar um número tão pequeno de elementos, era fácil chegar à conclusão de que o ciclo de alterações químicas era, se não fosse infinito, em todos os eventos mais extensos [...]. (MENDELEEV, 1875)

Um fato importante é o uso da história, para contextualizar a origem do conceito. Porém é o pensamento de uma química dinâmica e relacional que faz relevante a noção de elemento em D. Mendeleev, a qual ele tenta desenvolver como se evidencia no seguinte trecho:

[...] Ao quebrarem substâncias de um modo em seus componentes, chegando ao último e como são indivisíveis em duas ou mais substâncias, por qualquer meio que seja, porém, não podem ser formados a partir de outras substâncias. Tudo que podemos fazer com que essas substâncias se combinem ou atuem em outras substâncias. As substâncias que não podem ser formadas a partir de, ou descomposta em outros, são denominadas substâncias simples (elementos) [...] (MENDELEEV, 1875)

Eis uma das aproximações a uma definição de elemento usada por D. Mendeleev, mas em termo de substância que ele chamou de simples. Porém, esta definição que foi também usada por A. Lavoisier, nos termos de Paneth (2003), pode ser considerada como uma substância básica, atendendo ao fato de que ele assume elemento como sendo substância básica e substância simples.

[...] O número destes elementos é muito pequeno em comparação com o número de substâncias compostas que são formadas por eles [...] (Mendeleev, 1875)

No entanto, ele considera, assim como R. Boyle, que os elementos também são parte dos compostos, e assim como Chamizo (2010), que faz analogia dos elementos com o alfabeto, D. Mendeleev supõe um número finito de elementos que podem formar um número muito maior de substâncias compostas. Porém, ainda não tem a certeza que todos os elementos, por ele conhecidos, existam no nível macroscópico.

[...] Na atualidade, apenas setenta elementos são conhecidos com certeza de existir. Alguns deles são muito raramente achados na natureza, ou são encontrados em quantidades muito pequenas, enquanto outros se encontram em dúvida [...] (MENDELEEV, 1875)

A dúvida da existência de elementos, não se relaciona com a existência das entidades que constituem os elementos, como citou-se acima, ele podia se referir a ditas entidades físicas como bolas, componentes, a coisa ou o estudado, são instrumentos dentro de sua formulação.

[...] Elementos não podem ser transmutados em outro, pelo menos até agora nenhum caso de tal transmutação foi encontrado. Pode, portanto, dizer-se que, ainda assim, é impossível transmutar um metal em outro. Inclusive, não obstante o número de testes que foram feitos nessa direção, nenhum fato foi descoberto que poderá de alguma forma apoiar a ideia da complexidade desses elementos indubitavelmente conhecidos, tais como oxigênio, ferro, enxofre. Portanto, desde a sua concepção, um elemento não é suscetível a reações de decomposição [...] (MENDELEEV, 1875).

A imutabilidade dos elementos possibilita supor que o D. Mendeleev, acreditava numa entidade física, que constitui os elementos, mas que é indivisível,

de forma que, estas duas características fazem dos elementos substâncias que não mudam. Isto corresponde, com o fato do cientista ter usado as formulações teóricas de J. Dalton a respeito do átomo, não como unidade mínima da matéria, mas sim como unidade mínima de combinação.

[...] Muitos filósofos antigos admitiram a existência de uma forma elementar da matéria. Esta ideia ainda aparece nos nossos dias, em que constantes esforços são feitos para diminuir o número de elementos, para demonstrar, por exemplo, que cloro contém bromo, ou que cloro contém oxigênio. Muitos métodos, fundamentados tanto no experimento quanto na teoria, têm sido tentados a provar a natureza composta dos elementos. Todo o trabalho nesta direção tem sido em vão e garante que a matéria elementar não é tão homogênea (simples) como a mente desejaria em seu primeiro momento de generalização rápida, a qual é reforçada a cada ano. Em todo o caso, não existe ainda evidências experimentais ou teóricas da natureza composta dos nossos elementos. Com os métodos e as provas agora à nossa disposição, é possível conceber a possibilidade de um método através do qual os diferentes elementos podem ser formados a partir de um material elementar [...] (Mendeleev, 1875).

É interessante o fato do D. Mendeleev acudir aos filósofos antigos para explicar a natureza composta dos elementos, e ainda mais, se questionar pela existência daquilo denominado “material elementar”. Em palavras de Paneth (2003). Tal material elementar pode ser considerado como as substâncias básicas, que são diferentes das substâncias simples, mais as duas são os elementos, em diferentes níveis, assim o deixa claro D. Mendeleev:

A fim de compreender a diferença entre a concepção da forma visível de um elemento como a conhecemos no estado livre e do elemento constitutivo (ou "radical" como denominou Lavoisier)

contido sob a forma visível, deve-se notar que as substâncias compostas também combinam entre si, formando compostos ainda mais complexos, e que evoluem de calor no processo de combinação. [...] (MENDELEEV, 1875)

Mas, reconhecer que são os elementos os que limitam o conhecimento sobre a matéria, é uma preocupação que o D. Mendeleev tenta resolver.

[...] O ponto mais fraco na ideia de elementos é o caráter negativo dos sinais determinantes provido pelo Lavoisier, e desde aquele tempo dominante em química. Eles não se decompõem, eles não mudam de um para outro. Mas deve-se observar que os elementos formam o horizonte limitado do nosso conhecimento da matéria, e que é sempre difícil determinar um lado positivo na fronteira do que é conhecido. Mas, mesmo assim, se não para todos, em todos os eventos para a maioria, daqueles que possuem as propriedades dos metais, existe uma série de sinais comuns positivos [...] (Mendeleev, 1875)

Reconhecer o limite entre aquilo que é conhecido e aquilo que não é possível de observação, é relevante nos trabalhos do D. Mendeleev. Porque ele não só enfrentou este limite do conhecimento científico, mas também se posicionou frente ao fato de tentar identificar ou diferenciar aquelas substâncias compostas das substâncias simples, e assim determinar quais eram elementos, reconhecendo que nem todos os elementos da natureza já estavam descobertos.

5.2.3 Composto

[...] Ou então, de forma mais concisa, pode-se dizer que a composição de um composto é a expressão dessas transformações de que é capaz. É útil, neste sentido, para fazer

uma distinção clara entre a concepção de um elemento como uma substância homogênea separada, e como um material, mais uma parte invisível do composto. [...] (MENDELEEV, 1875)

É clara a diferença que D. Mendeleev faz a respeito de composto e elemento, agora ele define o elemento, como aquela substância que conforma o composto, mas a respeito do composto somente é possível defini-lo a partir da forma como este se “transforma”. Hendry (2006) afirma que a definição de composto é ainda mais difícil que a definição de elemento, porque sendo os elementos as substâncias definidas pelos compostos, estes não definem o composto. Tal como é mencionado por Mendeleev, eles são apenas a parte invisível do composto.

[...] O composto original pode muitas vezes ser extraído a partir destes novos compostos através, exatamente, dos mesmos métodos que os elementos são extraídos das suas respectivas combinações. Além disso, muitos dos elementos existem sob diferentes formas visíveis, enquanto que o elemento intrínseco contido nessas diversas formas é algo que não está sujeito a alteração [...] (MENDELEEV, 1875).

Porém, como apresentado no trecho anterior, não deixa muito claro se ele está falando tanto de composto e de elemento num nível molar e refere-se a seus componentes num nível molecular, o qual faz sentido, mesmo porque ele na sua obra deixa claro que só tem uma forma possível de conhecer o que é invisível e é a partir daquilo conhecido. Portanto, ter um composto no visível (nível molar),

supõe uma composição interna – material elementar - (nível molecular). Porém, a dúvida dele está relacionada ao fato de não ter como decompor tanto compostos como elementos, na sua matéria elementar

[...] Pode ser que alguns deles são compostos de outros elementos já conhecidos. Compostos puros e incontestavelmente independentes destas substâncias são desconhecidos, e alguns deles nem sequer foram separados, mas são apenas pressuposto de existir a partir de resultados de pesquisas espectroscópicas. Não pode haver qualquer referência a tais elementos contestáveis e duvidosos num manual geral curto de química. [...] (MENDELEEV, 1875).

Evidentemente, a ideia dos compostos estarem formados por elementos ou por outros compostos parece fixa, ou em certos trechos até clara, porém existe dúvida não só em relação à possibilidade de ter compostos puros, além de subordinar a existência de ditos compostos puros aos dados experimentais. Isto permite supor um pensamento aparentemente antirrealista, em termos das teorias, no trabalho de D. Mendeleev, embora ele ainda não se comprometa a deixar isto evidente no seu livro.

[...] Mas, quando a qualidade e a quantidade dos elementos (composição) em uma substância são o mesmo e ainda as suas propriedades são diferentes, e, em seguida, torna-se evidente que as concepções dos elementos e a composição dos compostos, por si só, são insuficientes para a expressão de toda a diversidade das propriedades da matéria da natureza [...] (Mendeleev, 1875).

Se os elementos, entendidos como substâncias simples que formam compostos, estão estruturados por átomos, então é possível perguntar pelo caráter real dos átomos no trabalho de D. Mendeleev, no seu livro *The Principles of Chemistry*.

5.2.4 Átomo

Mendeleev nunca aceitou o átomo que surgia nos primórdios do século XX, formado por cargas elétricas, por considerar que desrespeitava a ideia química principal: que os elementos eram irreduzíveis uns doutros, ou seja, matéria diferente. (Izquierdo, 2010 p 171.)

[...] Eu acho que ele vai encontrar as leis fundamentais da mecânica do invisível dos movimentos da matéria, mais facilmente e mais rapidamente na estrutura química da matéria que nos fenômenos físicos (de eletricidade, calor, e luz), no que se refere a estes últimos, são realizados pelas já dispostas partículas da matéria, enquanto que agora é claro que o problema da química mecânica reside, sobretudo, na apreensão dos movimentos, que são uma forma invisível feita pelos pequenos átomos da matéria. [...] (Mendeleev, 1875).

Influenciado pelas formulações teóricas de I. Newton e de J. Dalton⁴⁰, D. Mendeleev, tenta formular uma estrutura interna da matéria, mas que não implica em se comprometer com uma ou outra entidade física. Assume um mundo

⁴⁰ Uma discussão frente às entidades físicas nestas formulações, foi desenvolvida no artigo Alarcon, L.; Aponte, A.; Sánchez, G.; Garay, F. (2013). EN BÚSQUEDA DE UN MODELO PARA EL CONCEPTO DE DISCONTINUIDAD DE LA MATERIA. Discusiones en torno de la naturaleza del conocimiento químico. Socializado no espaço de “VIERNES DE LA DIDÁCTICA” Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.

invisível, onde podem se apresentar fenômenos químicos, os quais são causados pelos “pequenos átomos”.

[...] As leis gerais da mecânica, estabelecidas por Newton, provavelmente irão servir como pontos de partida para mecânica molecular, mas a independência da sua posição torna-se mais evidente quando as moléculas químicas são comparadas com os sistemas celestes, tais como o sistema solar. Os átomos químicos podem ser considerados como membros de tais sistemas (como, por exemplo, o sol, os planetas, os cometas e outros corpos celestes), enquanto que o éter de luz pode ser comparado com a poeira cósmica que, sem dúvida alguma, é distribuída em todo espaço [...] (MENDELEEV, 1875).

Anteriormente se evidenciou o uso das analogias, como forma de se aproximar do invisível, a partir daquilo que é conhecido. Porém, é evidente para D. Mendeleev, que tais analogias poderiam não ser tão assertivas no seu emprego para explicar a conformação da matéria, como fica demonstrado no seguinte trecho:

[...] O estado atual da mecânica molecular é, de certa forma, copiado da mecânica celeste, mas isto não prova toda a semelhança de ambos os mundos, embora pareça à mente que, a partir dos principais elementos da unidade da criação, a representação é a mais provável [...] (MENDELEEV, 1875).

A estrutura interna da matéria é como um agrupamento de átomos que formam moléculas, porém elementos que formam compostos são apresentados no trabalho de D. Mendeleev. No entanto, se evidencia que a analogia que se estende além das entidades físicas, busca também explicar os fenômenos.

[...] É evidente, porém, que não só a própria reação consiste de movimentos, mas que, no que se referem ao composto formado (moléculas) os elementos (átomos) formam-se em harmonioso movimento estável (como os planetas do sistema solar) [...] (MENDELEEV, 1875).

Mas, no texto, é evidente que ele não aceita o átomo como entidade física, mas sim, como instrumento que serve na explicação do fenômeno, como estabelece no seguinte trecho:

[...] Assim, a doutrina atômica, admitindo apenas a divisibilidade mecânica finita, deve ser, por enquanto, ou pelo menos, só aceita como um meio, semelhante àquele empregado pelo matemático quando ele quebra uma linha curvilínea contínua em uma série de linhas retas. Há uma simplicidade de representação em átomos, mas não há nenhuma necessidade absoluta de se recorrer a eles. A concepção da individualidade das partes da matéria exibidas em elementos químicos é necessária e confiável. [...] (MENDELEEV, 1875).

Evidencia-se que para o D. Mendeleev, não é necessário a doutrina atomista. Para ele, a matéria elementar do elemento exibida nas relações com outros elementos é mais que suficiente, além de ser simples e confiável. Porém, ele consegue evidenciar as deficiências que se tem ao pensar na molécula como um agregado de corpos chamados átomos:

[...] A lei de substituição pode ser deduzida a partir de princípios mecânicos, se a molécula for concebida como um sistema de átomos elementares que ocorrem num certo equilíbrio químico e mecânico. Ao aplicarmos a molécula a um sistema de corpos em estado de movimento, - por exemplo, a soma total do sol, planetas e satélites, que ocorre em condições de equilíbrio móvel-, então devemos esperar a ação de uma parte, neste sistema, para ser igual e oposto ao outro, de acordo com a terceira lei da mecânica de Newton [...] (MENDELEEV, 1875).

Além do mais, o pensamento do cientista, enquanto a composição da matéria foi tão claro, que até o problema da superveniência, que hoje é um problema no ensino de ciências, foi abordado no interior da sua proposta:

[...] Naqueles casos em que tem lugar um ajuste, as propriedades do composto resultante são muito diferentes das propriedades das substâncias de que é composto [...] (Mendeleev, 1875).

Isto fica claro com o exemplo do amoníaco, onde ele determina que o composto não tem propriedades físico-químicas derivadas dos elementos que o compõem:

[...] Daí, amoníaco não tem nenhuma semelhança nas suas propriedades físicas ou químicas com elementos a partir dos quais é derivado, tem lugar uma contração em estado de vapor e, conseqüentemente, uma maior aproximação das peças diminui a distância entre os átomos, a partir de substâncias gasosas forma-se uma substância líquida [...] (Mendeleev, 1875).

Voltando para a concepção de átomo no pensamento do D. Mendeleev, encontra-se que para ele, é difícil assumir uma postura a respeito das novas

formulações teóricas relacionadas com esta entidade “física”, que levaria ao fisicalismo da “coisa” ou do “estudado”. Porém ao declínio da sua formulação, ele escreve:

[...] No ponto de vista da concepção atômica da constituição de substâncias, a pergunta surge naturalmente como o que são, então, os volumes relativos adequados a essas moléculas fisicamente indivisíveis que reagem quimicamente entre si e consistem nos átomos de elementos [...] (MENDELEEV, 1875).

Fazendo uso das formulações de Avogadro, Ampere e Gerhardt, D. Mendeleev tenta explicar o que seria o átomo, como entidade física, comparando-o com a molécula:

[...] A forma mais simples possível, a hipótese a este respeito seria de que os volumes das moléculas das substâncias são iguais, ou, o que é a mesma coisa, supor que os volumes iguais de vapores e gases contêm um número igual de moléculas [...] (Mendeleev, 1875).

No final, com os dados experimentais, D. Mendeleev não tem como não aceitar as formulações de Avogadro e Gerhardt. Porém, ele aceita a lei, mas duvida da existência das entidades:

[...] Desde então, a hipótese de Avogadro e Gerhardt tornou-se a base das concepções contemporâneas físicas, mecânicas, químicas, as consequências resultantes têm sido muitas vezes sujeitas a dúvidas, mas no final foram verificadas pelos mais diversos métodos, e agora, quando todos os esforços para refutar essas consequências têm-se revelado infrutíferas, a hipótese deve

ser considerada como verificada, e a lei de Avogadro-Gerhardt deve ser mencionada como fundamental, como de grande importância para a compreensão dos fenômenos da natureza [...] (MENDELEEV, 1875).

Esta dúvida fica evidenciada neste trecho:

[...] A simplicidade só da dedução do peso adequado para os átomos dos elementos, ou o simples fato de ter admitido a lei segue-se, como veremos mais tarde neste período, que a *vis viva* das moléculas de todos os gases é uma quantidade constante, é só uma razão suficiente para reter a hipótese se não fosse por acreditar nela como um fato incontestável [...] (MENDELEEV, 1875).

Afirmando que o fato de ter aceitado a lei, não é suficiente para acreditar na entidade, ou seja, o fato de ter atribuído uma propriedade física, neste caso, o “peso atômico relativo”, não é suficiente para converter dita entidade num objeto de crença, usando o termo de Ramsey (1997).

Um dos aspectos a serem considerados, é o fato do D. Mendeleev reconhecer que é graças à lei de Avogadro-Gerhardt, que se conseguiu prever propriedades de elementos ainda não descobertos:

[...] E como pela aceitação da lei tornou-se possível prever até mesmo as propriedades e pesos atômicos de elementos que ainda não haviam sido descobertos, e como estas previsões depois provou ser de acordo com os fatos reais, é evidente que a lei de Avogadro-Gerhardt penetra profundamente a natureza da relação de substâncias químicas. [...] (MENDELEEV, 1875).

O carácter preditivo foi o que consolidou o trabalho de D. Mendeleev como científico, mas o valor não só está neste carácter, mas sim, em que ele foi formulado sem axiomatização ou fisicalismo. Muito pelo contrario, ele baseou-se na forma mais clássica do conhecimento químico, na descrição, na base qualitativa, no reconhecimento das propriedades, mais do que as entidades físicas.

Capítulo VI

6 Dos livros de texto e dos periódicos Científicos

Daquilo que se ensina e se pesquisa a respeito da lei de periodicidade.

6.1 Dos livros de texto

Para fins práticos, neste trabalho, serão apresentados alguns exemplos de como nos livros de Química do ensino superior as perspectivas realistas ainda têm se mantido e como, por meio do ensino, não apenas é mantida tal perspectiva filosófica, como também isso acaba fazendo da Química uma ciência fisicalista e matematizada.

Nieto-Galan (2010, p. 26) afirma que “afinidades mecânicas, afinidades Newtonianas, ambíguas esferas de Dalton, explicações elétricas, teoria de valência, termoquímica, elétrons compartilhados” não são mais do que tentativas explicativas que tentam aproximar a Química da Física.

Assim, a partir dos trabalhos de Lavoisier e, mais adiante, no século XIX, com a emergência da Físico-química que se constrói dos aportes teóricos de Arrhenius, Ostwald e Van't Hoff, a Química afasta-se de sua condição meramente

descritiva, aproximando-se de uma Química fisicalista e matemática. Afirma ainda o autor: “embora o século XIX significou a consolidação dos produtos artificiais, não se tem dúvida de que, a partir do ponto de vista teórico, a irrupção do novo átomo físico teria que mudar o panorama da Química quanto à sua imagem pública” (NIETO-GALAN, 2010, p. 31).

O novo sistema de nomenclatura, gerado a partir dos trabalhos do casal Lavoisier, afasta-se da tradição newtoniana fisicalista e das matemáticas, criando assim seu próprio *corpus* de conhecimentos, sua própria linguagem, a sua autonomia intelectual (NIETO-GALAN, 2010). Desse modo, afirma-se que existe um conhecimento químico anterior ao fisicalismo das entidades, a partir da criação do átomo físico nos primórdios do século XX.

Tem-se a impressão de que a química pode ser redutível à física porque os sistemas químicos parecem ser uma forma especial de sistemas físicos. Embora esta impressão seja errônea, porque aquilo que é físico em relação aos sistemas físicos é os componentes do sistema e não o sistema em si, o que obedece a que esse nosso sistema tenha propriedades emergentes diferentes das propriedades físicas (CHAMIZO, 2010).

A seguir, apresenta-se o que se escreve nos livros de texto a respeito da lei e da tabela periódica. Tem-se utilizado categorias de classificação que respondem à metodologia em termos de recoletar, analisar e reestruturar a informação ditas categorias foram: Historia, Epistemologia ou Filosofia, Modelo, Lei e Tabela.

6.1.1 A lei e a Tabela periódica nos livros de texto

LIVRO	HISTORIA	EPISTEMOLOGIA	MODELO	ÊNFASES NA LEI	ÊNFASES NA TABELA
Química Chang, R. Ed 10 Mc Graw-Hill Cap 2 pp51-53 “la tabla periódica” Cap 8 Pp 324-244 “Relaciones periódicas entre los elementos”	Aponta que a maioria dos elementos foram descobertos no período compreendido entre 1800 e 1900. Pag 51 [...] <i>No século XIX quando os químicos só tinham uma vaga ideia a respeito dos átomos e das moléculas, e sem saber ainda da existência dos elétrons e prótons desenvolveram uma tabela periódica utilizando seus conhecimentos das massas atômicas [...]</i> p 324 Menciona-se a lei das oitavas, seu fracasso e recusa pela comunidade de cientistas. Citam-se superficialmente os trabalhos de D. Mendeleev e L. Meyer, ressaltando o caráter preditivo do “sistema de classificação” p 324 [...] <i>mesmo que esta tabela periódica tivesse grande êxito, as suas primeiras versões apresentavam incongruências [...]</i> p324 [...] <i>em 1913, o jovem físico Inglês H. Moseley descobriu uma correlação entre o que ele chamou de numero atômico e a frequência dos raios X [...]</i> p324 Nas notas de roda pé, se faz breves resenhas dos três cientistas Newlands, Mendeleev Meyer, de caráter anedótico.	Não se menciona	Não se menciona	Não se menciona	A necessidade de organizar a informação deu origem à tabela periódica [...] <i>uma tabela na qual se encontram agrupados os elementos que tem propriedades fisicoquímicas semelhantes [...]</i> p 51 [...] <i>A tabela periódica é uma ferramenta útil que correlaciona as propriedades dos elementos em forma sistemática [...]</i> p53
Química General. Umland, J Ed. 3 Thompson Learning. Cap. 1	Cita os trabalhos de D. Mendeleev, o porquê do desenvolvimento e relações que levaram a organização da tabela periódica. Assim como o	Não se menciona	Não se menciona	Não se menciona	[...] <i>A tabela periódica original estava baseada nas observações das reações químicas e físicas [...]</i> pág. 262

Pp 10-12 “Introducción” Cap. 8 pp 262-293 “Estructura electrónica y Tabla Periódica”	caráter preditivo ao predizer propriedades de elementos ainda não descobertos com “exatidão impressionante” [...] <i>desde 1871 se han hecho varios cambios a esa tabla periódica. El último elemento faltante en encontrarse fue el francio, que no se descubrió sino hasta 1939</i> [...] Pág. 290				
Química General. Whitten, K. Cap. 4. “periodicidad química y enlace iónico” Pp 103-124	Cita brevemente a historia da tabela periódica a partir dos trabalhos realizados por D. Mendeleev e L. Meyer. Explicam os fundamentos do trabalho do primeiro cientista, além de como foi desenvolvido. [...] <i>D. Mendeleev ordenou os elementos conhecidos segundo seu peso atômico e sequencias regulares, de tal forma que os elementos de propriedades similares ocuparam a mesma coluna</i> [...] pág. 103. Dita classificação dos elementos dependeu das propriedades físicas e químicas, por exemplo: os pesos atômicos.	Não se menciona	Não se menciona	Referencia brevemente às características da lei Periódica [...] <i>Na lei periódica, as propriedades dos elementos são função do seu numero atômico</i> [...]pág. 104. Mas cita-se não a lei de D. Mendeleev, e sim aquela reformulada por Moseley.	Não se menciona
Química General: Principios y aplicaciones modernas. Petrucci, R. Ed. 7 Prentice Hall Inc. Cap. 2 “los átomos y la teoría atómica” pp 46-49 Cap. 10 “la tabla periódica y algunas propiedades químicas”	Faz-se uso da historia, apenas para mencionar aqueles que formularam a lei de periodicidade.	Não se menciona	Não se menciona	Refere-se à formulação da lei de periodicidade por D. Mendeleev e L. Meyer [...] <i>quando os elementos se organizam em ordem crescente das suas massas atômicas, alguns conjuntos de propriedades se repetem periodicament e</i> [...] pág. 316	Refere-se à organização dos elementos como resposta a uma necessidade além das suas características específicas. Atribui características a tabela periódica, assim como as tendências grupais. [...] <i>Na tabela periódica, os elementos ordenam-se segundo o numero atômico crescente, iniciado pela esquerda na parte superior, se organizando em uma série de filas horizontais</i> [...] pág. 47
Fundamentos de la química general e inorgánica.	Faz uma resenha de algumas das formulações a respeito da periodicidade química [...] <i>Assim, já em 1819</i>			[...] <i>estabelecera m em 1869 que as</i>	A nova organização dos elementos na tabela periódica é resolvida a partir dos trabalhos

Christen, H Ed. 2 Editorial Reverté s.a Cap. 2 “el sistema de períodos” Pp 47-72	<i>Dôbereiner reconheceu que a massa atômica do metal leviano estrôncio (Sr: 87,62) encontrava-se justamente no meio das massas atômicas dos metais [...]</i> pág. 47 Declara que as formulações teóricas de D. Mendeleev e L. Meyer, foram independentes Pág. 47 Ressalta os obstáculos que teve que enfrentar D: Mendeleev, porém, destaca a importância das propriedades na predição do comportamento de elementos ainda não conhecidos.			<i>propriedades periódicas dos elementos variam de forma periódica e com regularidade, uma vez que se ordenam segundo a ordem crescente das suas massas atômicas [...]</i> pág. 47	experimentais de Moseley [...] a serie dos números da ordem (números atômicos) foi estabelecida experimentalmente por Moseley em 1913, a partir dos espectros de raios X dos elementos [...] pág. 49
Química General. Becker, R Ed. 3. Editorial Reverté s.a. Cap. 5 “Tabla periódica. Correlación de los parámetros atômicos” Pp 151-187	Faz menção a construção histórica dos elementos; destaca o trabalho de D. Mendeleev e L. Meyer na organização dos elementos, nos momentos que não existia a mecânica quântica. [...] <i>embora, a forma como propuseram colocou de manifesto claramente a periodicidade das propriedades físicas e químicas dos elementos e seus compostos</i> [...] pág. 151				
Química General. Baarri, M. Ed. 2. Reverté s.a. Cap. 3 “Clasificación periódica. Ley de Moseley. Propiedades generales de las familias de elementos”. Pp 9-16	Cita o trabalho de L. Meyer a respeito da variação dos volumes como critério de organização por períodos, dos elementos químicos. Porém destaca a organização de D. Mendeleev em grupos e períodos. Mas o crédito de tal organização fica com Moseley. [...] <i>mas o sistema periódico não adquiriu sua forma definitiva até que se formulou a lei de Moseley que se refere aos raios X</i> [...] pág. 10			[...] <i>A lei de periodicidade já tinha sido observada por alguns sábios que se dedicaram ao estudo das variações das propriedades químicas</i> [...] pág. 9	
Química general. Russell, J. Mc Graw Hill Ed. 2 Cap. 7 “Periodicidad Química” Pp 163-182	Aponta-se como ponto de partida o começo do século XIX, para a organização dos elementos químicos. [...] <i>Isto levou os químicos da época à busca de correlações numéricas entre os elementos</i> [...] pág. 163			[...] <i>A lei periódica estabelece que se os elementos colocam-se segundo seu</i>	

	Faz uma reconstrução histórica, apontando os principais cientistas tais como Dôbereiner, Bunsen, Cannizaro, Chancourtois, Newlands, Meyer y Mendeleiev. [...] Em 1829 Johann Dôbereiner, químico alemão, observou que certos grupos de elementos tinham propriedades similares. [...] pág. 164 [...] Em 1864 o químico inglês, Jhon Newlands, grande amante da música, afirmou que se os elementos ordenavam-se segundo seu peso atômico ascendente evidenciava-se certa periodicidade [...] pág. 164			numero atômico, observa-se uma repetição periódica de suas propriedades. [...] pág. 165	
Química General. Congo, F Ed. 3 Mc Graw-Hill Cap. 4 “la ley periódica” Pp 44-58	Toma os cientistas que trabalharam a respeito da periodicidade, a partir do começo do século XIX, dentre eles Dôbereiner, Newlands, Mendeleiev, Meyer, Dulong y Petit. [...] G. J Moseley descobriu o princípio que orienta a classificação moderna: as propriedades dos elementos empregam funções periódicas dos números atômicos [...] pág. 44 [...] as primeiras tentativas notáveis de classificação dos elementos fizeram-se após o congresso de Karlsruhe (1850), no qual o químico Stanislaw Cannizaro convenceu muitos dos assistentes da validade da hipótese de A. Avogadro [...] pág. 44				
Química General. Slabaugh, W. Ed.3 Editorial Limusa- Wiley Cap. 3 “Propiedades periódicas” Pp 49-61	Apresenta os argumentos que levaram a organização dos elementos químicos, porém ressalta principalmente os trabalhos de D. mendeleev e L. Meyer, focando-se na aproximação de tais formulações e sua relação na organização dos elementos.			Estabelece a importância da lei periódica e sua relação com as propriedades dos elementos.	Apresenta uma breve explicação da tabela periódica seu sentido, e organização dos elementos químicos.

				[...] quando os elementos se acomodam em ordem crescente dos seus números atômicos, apresentam propriedades similares [...] pág. 51	
Química general. Wood, J. Harper & Row Publisher. Ed. 2 Cap. 2 "Descripción de la materia: Clasificación periódica" Pp 33-37	Menciona brevemente os trabalhos de Döbereiner, Mendeleiev e Meyer. [...] Uma das primeiras tentativas de agrupar os elementos foi feita pelo J. Döbereiner, entre 1817 1830, quem agrupou os elementos em grupos de três ou triades [...] pág. 33 [...] Na sua primeira tabela periódica, eles colocaram os elementos segundo uma escala de pesos atômicos crescentes [...] pág. 33			Apresenta-se a lei periódica como [...] as características físicas e químicas dos elementos são função periódica dos seus números atômicos. [...] pág. 34	

Quadro 3 A lei de Periodicidade nos livros de texto.

Evidencia-se que nem todos os livros de texto preocupam-se em fazer uma discussão a respeito da natureza química da formulação da lei de periodicidade, mas simplesmente colocar em algum dos casos o nome do D. Mendeleev, parecia suficiente na construção deste conceito químico. Além disso, é importante notar que nem todos os livros tem a mesma formulação da lei, parecia ter diferentes formas de ser enunciada, assim como a mudança entre peso e massa atômica.

6.1.2 Dos livros de texto e as entidades teóricas: Átomo, Elemento, Composto e Substância

D. Mendeleev elaborou uma tabela periódica no seu livro Princípios de química (1869), para proporcionar aos seus alunos

um panorama compreensível da química do seu tempo (Izquierdo, 2010)

Muitos pesquisadores têm considerado os livros de texto como fundamentais nas práticas de ensino, eles orientam não só o currículo, mas também os conteúdos a serem ensinados e até as avaliações, segundo autores tais como Araújo y Santos (2001) Cachapuz, Malaquias, Martins, Thomaz e Vasconcelos (1989) Gallagher, (1991), Gutiérrez-Vázquez, (1993), Gottfried e Kyle, (1992), não são somente esses aspectos, também considera-se que eles têm uma posição privilegiada em relação a outros recursos didáticos, e dominam grande parte do ensino de ciências.

Revendo a história das ciências, é possível afirmar que os livros de texto não são uma invenção recente dos processos de ensino. Na história, encontram-se variados exemplos de texto que foram criados como ajuda nos processos de ensino, como afirma Bertomeu-Sánchez, García-Belmar & Bensaude Vincent, (2002), os livros de texto tem influenciado a química, tanto na França na primeira metade do século XIX quanto na Rússia de D. Mendeleev.

Ressaltando que o livro “The Principles of Chemistry” de D. Mendeleev, foi elaborado com fim didático, para melhorar a compreensão da química da época e em que se formulou pela primeira vez a lei de periodicidade, fazendo uso de entidades teóricas tais como átomo, elemento, composto e substância, o autor desta pesquisa considerou importante, revisar o que diz os livros de texto atuais usados com o mesmo fim, a respeito de ditas entidades.

No livro *Química Geral* (Petrucci, 2002), define-se o átomo como “a menor unidade”, e que “todos os átomos de um elemento são semelhantes na massa e em outras propriedades, porém, os átomos de um elemento são diferentes dos átomos dos demais elementos. Elemento é entendido por [...] substância formada somente por um mesmo tipo de átomo” (PETRUCCI, 2002, p. 07). “Composto define-se como aquela substância na qual se combinam os átomos de diferentes elementos uns com outros” (Petrucci, 2002, p. 08), e finalmente neste texto, substância define-se como “[...] *a composição e as propriedades de um elemento ou de um composto são uniformes em qualquer parte de uma mostra específica [...] no sentido químico, o termo substância é possível de se usar somente ao se referir ao elemento ou ao composto*” (Petrucci, 2002, p. 08).

Na quinta edição do livro “Química Geral” de Kenneth Whiten (2002), define-se átomo como partícula menor que mantém sua identidade química em qualquer processo químico ou físico (WHITEN, 2002). O elemento, nesta edição assume-se como uma substância que não se pode decompor em outras ainda mais simples por meios químicos, ela se compõe de uma classe só de átomos. (Idem, 2002). Um composto define-se como uma substância formada por dois ou mais elementos em proporções fixas (Idem, 2002). Finalmente, substância é definida como qualquer classe de matéria, cujas espécies tenham a mesma composição química e as mesmas propriedades químicas (Idem, 2002).

Na sétima edição do livro “Química” de Chang (2002), o átomo é definido como a unidade básica de um elemento que pode intervir numa combinação química (CHANG, 2002). O elemento é definido como uma substância que não pode ser separada em substâncias mais simples por meios químicos (Idem, 2002). Composto, define-se como uma substância formada por dois ou mais elementos unidos (Idem, 2002,). E finalmente neste livro, substância é definida como uma forma de matéria que tem uma composição definida (constante) e propriedades características (Idem, 2002).

No “Diccionario de Química y Productos Químicos”, (Hawley Gessner G, Omega, 1985), define-se átomo como: a menor partícula possível de um elemento, que consiste em um ou mais prótons (com exceção do hidrogênio) dois ou mais elétrons em órbitas, que giram em torno de dito próton (Idem, 1985, p. 93). Para o conceito de Elemento: classe de substância que compreende toda a matéria em nível atômico e acima deste nível (Idem, 1985, p. 341). Para o conceito de composto: mistura ou comparação mecânica, em escala microscópica, de dois ou mais materiais em estado sólido, são essencialmente insolúveis e diferem na sua natureza química (Idem, 1985, p. 238). Finalmente, o conceito de substância: qualquer elemento ou composto químico. Todas as substâncias estão caracterizadas por uma constituição única e idêntica, sendo assim homogêneas.

A seguir, apresentam-se algumas das definições das entidades teóricas a serem analisadas nesta pesquisa, de outros livros de química, assim como de outras edições destes livros.

Livro	Átomo	Elemento	Composto	Substância
Petrucci, R. (2002). Química General. Séptima Edición. Editorial.	Unidade diminuta. (cap1, pag7). Todos os átomos de um elemento são semelhantes em massa (peso) e outras propriedades, porém, os átomos de um elemento são diferentes dos átomos dos outros elementos. (cap2, pag34).	É uma substância formada somente por um tipo de átomo. (cap1, pag7).	São substâncias nas quais se combinam os átomos de elementos diferentes uns com os outros. (cap1, pag8).	A composição e propriedades de um elemento ou composto são uniformes em qualquer parte de uma mostra determinada, de mostras diferentes do mesmo elemento ou composto. Os elementos e compostos denominam-se substâncias (no sentido químico o termo deve ser empregado somente para denotar elementos ou compostos) (Cap1, pag8).
Brown, T. (2004). Química: la ciencia central. Novena edición.	Blocos de construção básicos da matéria, as menores unidades da matéria que podem se combinar com outros elementos. (pag 65 cap2, pag49 cap2)	Os elementos compõem-se de partículas extremamente pequenas chamadas átomos. Um elemento compõe-se de uma classe só de átomos. (pag 36, cap2).	Contém dois átomos de dois ou mais elementos [...] contém duas ou mais classes de átomos. (pag 2, cap1).	Matéria que contém propriedades definidas ou mais composição que é invariável de uma mostra para outra. (pag6, cap1).
Ibáñez, R De Freitas, L.	É mais do que só uma partícula menor, que pode intervir numa reação química. (pag 1, modulo 2)	Podem estar constituídos por átomos individuais ou moléculas (pag 6, modulo 2)		
Whitten K. (2002). Química General. Quinta Edición.	Partícula menor que mantém sua identidade química em qualquer processo químico ou físico. (pag 42, cap 2).	Substância que não se pode decompor em outras ainda mais simples por meios químicos, ela se compõe de uma classe só de átomos. (pag 12, cap 1).	Substância formada por dois ou mais elementos em proporções fixas. (pag 12, cap 1).	Qualquer classe de matéria cujos espécimes tenham a mesma composição química e as mesmas propriedades químicas. (pag 12, cap 1)
Chang, R. (2002). Química General. Séptima edición. Editorial Mc Graw-Hill. México.	Unidade básica de um elemento que pode intervir numa combinação química	Substância que não pode ser separada em substâncias mais simples por meios químicos	Sustância formada por dois ou mais elementos unidos	Forma de matéria que tem uma composição definida (constante) e propriedades características
Becker, R y Wentworth, H. (1977).	Toda a matéria esta formada por unidades discretas	O número atômico caracteriza um elemento; todos os	É uma substância formada por certos elementos em	

Química General Primera Edición. Editorial Reverté. España	chamadas átomos. Todos os átomos estão formados por duas regiões centrais: nuclear e extranuclear. (Pag. 9 cap. 2) O átomo é a unidade fundamental que caracteriza o elemento. (Pág. 16 cap. 2).	átomos determinados tem o mesmo número atômico. Este número atômico, e, portanto, uma característica única que permite identificar os átomos e classificá-los em grupos chamados elementos. (pág. 16 cap. 2).	proporções ou quantidades definidas. Um composto possui um conjunto único de propriedades que são características dele. (Pág. 32 cap. 2).	
Longo, F. y Guerrero, O. (1975). Química General. Primera Edición. Editorial Mc Graw-Hill. México.	O átomo de Dalton, foi uma partícula simples e indestrutível, as pesquisas dos últimos 75 anos, isto leva à acreditar que o átomo é mais complexo do que isso, ele tem muito mais partículas elementais (Pág. 11 cap. 2)	Uma substância que não pode dividir-se em substâncias diferentes	Forma-se mais de um elemento uqe logo se pode decompor (Pág. 2 cap. 1)	
Garric, M. (1979). Química General. Primera edición. Editorial Reverté. España.	“São corpúsculos idênticos que compõem certo elemento (Pág. 3 cap. 1)”	“Estão formados por conjuntos de corpúsculos de matéria chamados átomos” (pág.3 cap. 1). “À mistura de isótopos que se encontram na natureza se chama sempre de elemento” (Pág. 5 cap. 1)		

Quadro 4 As entidades nos livros de texto

6.2 Da revisão dos periódicos

O objeto de estudo deste trabalho, foi pensado no intuito de identificar, caracterizar e analisar a possível relação entre História e Filosofia da ciência no ensino de ciências, abordando publicações que se focam nestes três campos de

indagação do conhecimento. Então, buscou-se, a partir da revisão, análise e classificação dos artigos que foram publicados em periódicos e revistas de Filosofia, História e Ensino da Química, no período entre 2000 e 2010, identificar, caracterizar e analisar as relações entre a Filosofia e a História da Ciência pesquisas sobre a lei e a tabela periódica.

As reflexões em torno da história e da filosofia da ciência permitem identificar os diferentes modelos na formulação da lei de periodicidade. Para este trabalho, foram escolhidos 11 periódicos e revistas especializadas, que permitem determinar as relações entre a Filosofia, a História e Ensino de Química, tendo como alvo de estudo a lei de periodicidade. Os periódicos escolhidos foram os seguintes:

- Química Nova: ISSN 0100-4042. Brasil
- Química Nova na Escola: on-line ISSN 2175-2699. Brasil
- Tecne, Episteme y Didaxis: ISSN: 0121-3814. Colômbia
- Educación Química: ISSN: 1870-8404. México
- Enseñanza de las ciencias: ISSN:0212-4521. Espanha
- Alambique revista de didáctica de la enseñanza de las ciencias: ISSN: 2014-4733; Espanha
- Revista Brasileira de Pesquisa em Educação: ISSN 1806-5104; Brasil
- International journal for Philosophy Chemistry: ISSN 143-5158; Alemanha
- Bulletin for the History Chemistry: /ISSN 1053-4385; Estados Unidos
- Foundations of chemistry: /ISSN: 1386-4238; Estados Unidos

- Education in chemistry: ISSN: 00131350; Reino Unido

6.2.1 Resultados da revisão dos periódicos e revistas científicas

As tabelas e gráficos seguintes apresentam os resultados do processo de revisão dos artigos de revistas e periódicos científicos que publicam sobre História, Epistemologia, Filosofia e Educação Química. Esta revisão buscou estabelecer relações entre os campos citados anteriormente.

Revista	Total de Artigos	# Artigos Sobre historia das Ciências	# Artigos sobre lei ou Tabela periódica.
Química nova na escola	290	24	2
Química nova	2702	83	2
Alambique Revista de Didáctica de la Enseñanza de las Ciencias	346	7	1
Educación Química	779	6	2
Enseñanza de las Ciencias	355	13	0
Ciência e Educação	317	27	0
Rev. Bras. Pesquisa em Educação	193	4	1
Revista Techne, Episteme e Didaxis TED	113	7	1
International Journal for Philosophy Chemistry	159	13	0
Bulletin for the History Chemistry	157	81	3
Foundations of Chemistry	240	22	6
Education in Chemistry	765	7	2
TOTAL	6416	294	20

Quadro 5 Artigos concernentes a História das ciências e da lei ou tabela periódica

Para um total de 6416 artigos publicados no período escolhido, Somente 206 referiam-se à História das Ciências, o equivalente a 4,58% do total das

publicações. No que se refere aos artigos publicados sob o enfoque da lei ou da tabela periódica, encontrou-se um total de 20 artigos, o que representa 0,31% do total das publicações.

Nesta categoria, os artigos apresentam diferentes abordagens da história das ciências e da história da lei periódica, sendo possível classificar estas pesquisas em: Desenvolvimento de conceitos científicos; Biografias de homens e mulheres dedicados à atividade científica; Relação entre a história da ciência e o desenvolvimento dos países; Relações entre história e epistemologia das ciências; e Relações entre a História das Ciências e a Educação em Ciências.

Nos textos analisados referentes à lei periódica, o foco é principalmente no uso da história para o ensino e formação da tabela periódica. Apenas dois textos tentam fazer uma aproximação com a epistemologia, caracterizando a tabela periódica como um modelo científico (GARAY, 2006; CAMACHO et al, 2008).

Revista	Total de Artigos	# Artigos de filosofia das ciências	# Artigos sobre Lei ou Tabela periódica
Química nova na escola	290	45	1
Química nova	2702	4	2
Alambique Revista de Didáctica de la Enseñanza de las Ciencias	346	1	0
Educación Química	779	1	1
Enseñanza de las Ciencias	355	14	0
Ciência e Educação	317	27	0

Rev. Bras. Pesquisa em Educação	193	56	1
Revista Techne, Episteme e Didaxis TED	113	8	0
International Journal for Philosophy Chemistry	159	25	0
Bulletin for the History Chemistry	157	3	1
Foundations of Chemistry	240	46	5
Education in Chemistry	765	0	0
TOTAL	6416	230	11

Quadro 6 Artigos abordando a Filosofia e que tornaram alvo a lei periódica.

Nesta categoria, os resultados não são muito diferentes dos da categoria anterior. Identificou-se uma abordagem mínima da filosofia e da epistemologia das ciências, e quando apresentadas, estas se encontram relacionadas com áreas como a Historia das Ciências ou a Educação em Ciências. Dos artigos analisados, apenas 230, o equivalente a 3,58 % do total da amostra, centra-se na filosofia ou epistemologia da ciência e apenas 11 artigos equivalentes a 0,17 %, abordam perspectivas filosóficas ou epistemológicas relacionadas com a lei ou a tabela periódica.

Dentro desta categoria, os artigos são abordados a partir de diferentes perspectivas, seja da epistemologia, seja da filosofia da ciência. Assim, estes podem ser classificados em artigos que se referem: à imagem da ciência; à imagem do cientista; às concepções epistemológicas e filosóficas da ciência; à

formulação e construção do conhecimento científico e; às relações entre a epistemologia e a filosofia das ciências e o ensino das ciências.

Revista	Total Artigos	# Artigos sobre Modelos	# Artigos Sobre Lei o Tabela periódica.
Química nova na escola	290	19	13
Química nova	2702	9	5
Alambique Revista de Didáctica de la Enseñanza de las Ciencias	346	0	0
Educación Química	779	5	0
Enseñanza de las Ciencias	355	15	0
Ciência e Educação	317	4	0
Rev. Bras. Pesquisa em Educação	193	10	0
Revista Techne, Episteme e Didaxis TED	113	9	0
International Journal for Philosophy Chemistry	159	7	0
Bulletin for the History Chemistry	157	0	0
Foundations of Chemistry	240	10	0
Education in Chemistry	765	0	0
TOTAL	6416	88	18

Quadro 7 Modelos em Ciências e Modelos de Lei Periódica

Na literatura, encontra-se que a modelação e o uso dos modelos teóricos nas aulas de ciências tem sido alvo de pesquisas em e sobre educação em ciências nas ultimas décadas, alguns autores que tem abordado esta perspectiva são, Chamizo, J.; Izquierdo, M.; Justi, R.; Aduriz;Bravo, A.; Galagovsky, L.; Harrison, A.; Treagust, D.; Grooslight, L.; Gilbetrt, J.; Tomasi, J.; Porém, encontrou-se que esta abordagem ainda segue sendo pouco significativa na mostra. De um total de 6416, apenas 88 artigos revisados referem-se direta ou indiretamente ao conceito de "modelo", o que é equivalente a 1,37% do total da

amostra. E aquilo que fizeram da lei ou da tabela periódica alvo de pesquisa, correspondem apenas a 18 artigos, ou seja, 0,28% da mostra total.

Nesta categoria, encontrou-se uma variedade de formas de significar deste conceito, dificultando uma possível uma classificação dos artigos. No entanto, podem ser mencionadas, de acordo com uma determinada frequência de emergência, algumas das abordagens identificadas. Assim, "Modelo" é tomado como um modelo científico, teórico ou prático, uma maneira de pensar ou de estruturar o recurso didático no mundo (representações em 2D ou 3D, simuladores, ferramentas de software, modelagem virtual), e as relações entre modelos de analogias e educação científica .

Em 1994, M. Matthews se referiu à importância de incluir nos processos de Educação em Ciências, tanto a história quanto a epistemologia das ciências, mas isto ainda percebe-se como um campo tímido de pesquisa.

No caso da filosofia da química, alguns artigos ainda referem-se a esta como ciência em processo de consolidação, porém após várias décadas, pode-se falar de uma ciência consolidada, embora seu uso nas pesquisas ainda seja mínimo ou nulo, tanto na História da Química quanto na Educação em Química.

Evidencia-se que mesmo que existisse todo um trabalho que se iniciou no final da década de 50 do século passado, que estava na procura de introduzir a família semanticista no estudo da natureza das ciências, ainda hoje, este é um

campo quase inexplorado. Embora muitos de nós consideremos saber de modelos teóricos e cremos fazer modelagem em ciências em nossas praticas docentes.

Os resultados evidenciam que a lei e a tabela de periodicidade não são alvo de muitas pesquisas. Poderia se afirmar que esta temática parecia não ser interessante, mesmo que a lei periódica seja considerada como a única lei na química. Então por que não se pesquisa mais sobre a lei e a tabela periódica, desde a História e a Filosofia da Química? Por que as pesquisas em Educação Química revelam que estas se centram mais na memorização da tabela e da informação contida nela que no estudo da lei e do que esta representa tanto no epistemológico quanto no ontológico? É a lei periódica uma verdade absoluta que não precisa ser questionada?

CAPITULO VII

7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

7.1 Do livro “THE PRINCIPLES OF CHEMISTRY”

Em termos da leitura do texto de D. Mendeleev, referente muito importante na História e na Filosofia da Química, evidencia-se as mudanças nas interpretações das formas de significar e de sentido tanto da química como ciência quanto das entidades teóricas por ele empregadas na formulação da lei de periodicidade.

Evidencia-se um pensamento meramente químico nas suas formulações, pensamento que responde à química da sua época, e que foi cedendo às partículas e formulações teóricas físicas, guiadas pela mecânica quântica.

Como se apresentou nos resultados, D. Mendeleev não aceita a existência de entidades físicas que possam se dividir em partes ainda menores. Para ele, isto é uma regressão no Conhecimento Químico, e voltar para aquele misticismo e pensamento metafísico que cobriu a alquimia e toda sua tradição.

De acordo com a matriz de análise, se apresentam aqui algumas reflexões em torno do caráter real das entidades teóricas de substância, elemento, composto e átomo, empregadas por D. Mendeleev, na formulação da lei de periodicidade e representada no seu modelo iconográfico, ou seja, a tabela periódica.

Para falar do caráter real de ditas entidades, refere-se a eles, como os aspectos materiais que foram empregados na descrição empírica delas, isto é propriedades físicas e químicas, que permitiram sua formulação mas sem aceitar sua existência.

Segundo D. Mendeleev, [...] *Química refere-se ao estudo ... Das substâncias homogêneas ou materiais, das suas transformações e dos fenômenos que acompanham ditas transformações [...]* Esta versão se aproxima muito daquela que é proposta pela Filosofia da Química (SCHUMMER 1999; VAN BRAKEL 2001, SCERRI, 1999, 2001, IZQUIERDO, 2004; CHAMIZO, 2010), a qual assume esta ciência –a Química- como a ciência que estuda os materiais naturais e artificiais e as transformações das identidades destes.

Analogamente com os níveis molar e molecular de Jensen (1999), no trabalho de D. Mendeleev se evidencia os níveis do observável (mundo empírico) e não observável (mundo que não pode ser percebido pelos sentidos). Porém ao se comprometer com a existência das entidades teóricas, ele assume que dito nível inobservável está composto pela “coisa” e que a forma de se aproximar dela é só partindo daquilo que é conhecido. Como ficou explicito neste trecho [...] *determinação da relação da “coisa” sob pesquisa com o que já é conhecido, a partir de estudos anteriores, ou a partir de experimentação [...]*. Concordando com o anterior, ao referir-se às entidades físicas como coisas ou estudados, o cientista não se compromete com o realismo de teorias e de entidades, evidenciando que

para ele ditas entidades são instrumentos, possíveis de serem usados na formulação da sua lei.

No caso das substâncias, D. Mendeleev, tem o mesmo problema apresentado pelos cientistas atuais, em relação à definição do termo, pois não se tem uma definição única e consistente a respeito desta entidade. Portanto, pode-se afirmar que esta entidade teórica não passa de uma forma de tentar classificar a matéria (os materiais), mas o seu conceito. Assim como seu uso, está tão implícito na linguagem cotidiana que tem se transformado num conceito polissêmico, embora, não consiga classificar nem caracterizar os elementos nem compostos da natureza.

Nesse sentido, como afirma D. Mendeleev (1875), substância faz parte do grupo desses conceitos “[...] *São reconhecidos sem pesquisa ou admitidos como um fator conhecido [...]*”. Embora tente uma definição de tal conceito, supondo que este caracterize certos tipos de materiais, o cientista não deixa claro que substância seja sinônimo de material. Por sinal, o fato de ele supor que substância é tudo aquilo que ocupa espaço e tem peso supõe, então, que tudo no mundo é substância.

Mesmo que na revisão dos textos universitários fique implícito que substância seja um termo que tenta agrupar somente os elementos e os compostos, não consegue entrar neste grupo, as misturas, ou seja, mesclas homogêneas e heterogêneas não são substâncias, elas estão formadas por substâncias, mas no seu uso, uma substância pode ser uma mescla homogênea,

porque não se tem clareza na definição de composto. Aliás, o uso de propriedades tais como “quebradiço” para diferenciar uma substância homogênea de uma heterogênea não define com clareza elemento e composto, ainda menos, mescla homogênea.

Portanto, é de se supor que nesta definição de substância, D. Mendeleev faz uso de todas aquelas propriedades conhecidas para tentar explicar aquilo que não pode ser observado (a coisa, ou o estudado). Nos termos de Jenssen (1998), ele poderia, a partir de um nível molar (o nível daquilo que é conhecido, o mundo do empírico) tentar explicar o nível molecular (o nível das coisas ou dos estudados, dos objetos invisíveis).

Assim, para D. Mendeleev, o mundo conhecido corresponde ao nível macroscópico (mundo empírico ou mundo conhecido, pela experiência empírica), a partir do que é possível conhecer no mundo invisível ou nível microscópico (que corresponde aos objetos invisíveis que só podem ser conhecidos a partir do nível macroscópico), e no nível simbólico, com o qual pode-se tornar em objetos de crença (RAMSAY, 2001).

Neste caso, D. Mendeleev não deixa claro se as substâncias são os mesmos elementos, deixando dúvidas, pois afirma que toda aquela substância homogênea constitui a maioria dos materiais do mundo, ou pelos menos uma mistura delas. Mas, no estudo destas substâncias, ele afirma que “[...] *Química lida apenas como aquela que refere às substâncias homogêneas da natureza, ou extrato de substância, natural ou artificial não homogêneo* [...]” (MENDELEEV,

1875). As várias misturas encontradas na natureza formam as disciplinas de outras ciências naturais, como geognose, botânica, zoologia, anatomia, etc. Assim, pode-se afirmar que nos trabalhos de D. Mendeleev, as entidades teóricas referem-se – apenas àquelas entidades que definem desde o mundo conhecido (empírico, molar ou macroscópico) –, às substâncias homogêneas.

Sendo as substâncias homogêneas alvo de estudo da ciência química, na atualidade, estas estão compostas por dois grandes grupos os elementos e os compostos, mas como afirma Hendry (2006), definir elemento e composto são duas empresas ainda muito complexas, mesmo porque as nossas definições atuais não dão conta destas entidades. Portanto, se faz relevante tentar caracterizar o que é elemento como entidade, segundo D. Mendeleev.

Por isso, é importante ressaltar o fato dele usar o termo “coisa”, para não se comprometer ainda com alguma entidade teórica usadas na época na formulação das teorias científicas químicas, mais como instrumentos que como entidades físicas. Porém, mesmo que ele aceite que a partícula última de combinação seja “molécula”, ele não se preocupa com a existência ou não desta.

Portanto, neste caso, a entidade molécula é a mesma “coisa” não observável, passam a ser aquilo que não é conhecido. Mas, como é que pode se aproximar aquela “coisa não conhecida” ou não visível? Para se configurar uma possível representação da entidade “molécula”, se faz uso das coisas que são conhecidas, e estas serão, então, as que delimitam a identidade daquilo não observável. Deste modo, conhecer aquilo invisível depende do mundo conhecido e

da forma como temos conhecimento dele, de forma que o conhecimento das entidades não observáveis⁴¹ está limitado pelo conhecimento do mundo químico observável.

É evidente que D. Mendeleev não acredita numa entidade física possível de divisão. Assim como Dalton, ele assume a matéria como indivisível e indestrutível, mas também que os elementos não podem se transformar uns em outros. Porém, e como é evidente no parágrafo anterior, os compostos e as relações entre estes e os elementos, podem definir tanto um quanto o outro. Além do mais, tal definição está mediada pela transformação química, e isto é, também formulado por Hendry (2006) na tentativa de definir elemento e composto, e por Schummer (1999), que estabelece que as substâncias (espécies químicas básicas) podem ser consideradas dentro de uma rede como os nodos e as transformações químicas como as relações entre estas.

Porém, D. Mendeleev deixa claro que o conceito de elemento pode ter diferentes formas de significar. Nos termos de A. Tontini (2004), sua densidade semântica para a época era maior. Assim ele – Mendeleev- conclui: [...] *Em todo o caso, a concepção de elementos constitui a base dos conhecimentos de química, e se vamos dar uma lista deles no início do nosso trabalho, é por que queremos simbolizar o estado contemporâneo das informações sobre o assunto.* [...] (MENDELEEV, 1875).

⁴¹ Esta categoria foi discutida no encontro de filosofia de la química, celebrado na universidade de los Andes, Bogotá Colômbia 2011, no trabalho intitulado **THEORETICAL ENTITIES OR UNOBSERVABLE ENTITIES: Discussions to increase the field of philosophy of chemistry.** Garay, F. et al. (2011).

Nota-se que ainda para D. Mendeleev, são insuficientes as definições de elemento e composto (ainda escassa a densidade semântica, se for possível empregar a categoria formulada por A. TONTINI, 2004), como marco explicativo das propriedades das substâncias: [...] *Outra coisa, ainda mais profundo e interno do que a composição de substâncias deve, a julgar pela isomeria, determinar as propriedades e transformação de substâncias.* [...] (MENDELEEV, 1875).

Bernal e Daza (2010), estabelecem uma diferenciação entre as propriedades internas e externas dos materiais. Portanto, fazendo uso deste argumento, poderia se afirmar que aquilo que Mendeleev reclamava como “outra coisa”, são as propriedades internas (químicas) das espécies químicas. Neste caso, substâncias básicas, simples e compostas. [...] *Se a divisibilidade de cada elemento tem um limite, ou seja, o átomo, em seguida, os átomos do elemento são os limites extremos de toda divisibilidade. E eles são muito diferentes uns dos outros em sua natureza, e a formação de um composto de matéria elementar tem de consistir no lugar à totalização de vários átomos em um todo ou de um sistema de átomos, chamado agora de partículas ou moléculas* [...] (MENDELEEV, 1875).

É claro que ele reconhece que não só existe limite do conhecimento químico que obedece ao aspecto do visível, mas também ao da composição da matéria por aquelas entidades não observáveis. Porém, e assumindo uma estrutura interna tanto de compostos como de elementos que obedece ao arranjo dos átomos, eles são um fim último da divisibilidade, mas também são os constituintes das moléculas.

Um dos aspectos mais importantes no trabalho do D. Mendeleev, é o fato dele não se focar nos objetos físicos, mas sim, na forma deles se relacionarem, - caráter da química que hoje tem se perdido gradualmente -, isto supõe então uma alta influência das formas de significar pelos trabalhos de Newton, Dalton, Frankland, que discutiram sobre a forma de se misturar os compostos em termos de afinidade (rapoorts), este último conceito, muito importante em química, foi Apresentado por Geoffrey, como estruturante das tabelas de afinidades, enquanto que o anterior é apresentado no texto de Mendeleev, assim: [...] *O grau de ajuste do processo de formação de compostos químicos não raramente conduz à possibilidade de distinguir o grau de mudança que ocorre no caráter químico dos componentes, quando combinados [...]* (MENDELEEV, 1875).

Além do mais, seu pensamento enquanto a composição da matéria foi tão claro que até o problema da superveniência, que hoje é um problema na hora do ensino, ele já tinha fornecido o argumento: [...] *Naqueles casos em que tem lugar um ajuste, as propriedades do composto resultante são muito diferentes das propriedades das substâncias de que é composto [...]* (MENDELEEV, 1875).

Ainda reconhecendo o valor desta lei, não se atribui nenhuma importância às propriedades físicas, mas D. Mendeleev, consegue se afastar do fisicalismo da entidade, e considera que o mais importante desta lei, além de permitir fazer previsões acerca das propriedades de elementos não descobertos, é o fato de ela penetrar na natureza das substâncias químicas. Nos termos de Bernal e Daza (2010), de intervir nas propriedades internas das substâncias.

Neste sentido, D Mendeleev considera a molécula como uma quantidade de substância, mais do que uma partícula física, formada por átomos, esta quantidade esta presente nas reações químicas: [...] *A partícula, ou as partículas químicas, ou a molécula, deve ser considerada a quantidade de uma substância entrar em reação química com as outras moléculas [...]* (MENDELEEV, 1875).

Tudo isto é apoiado no seu pensamento a respeito da construção do conhecimento científico, argumentando que o conhecimento é apenas guiado pela observação e pela experiência, o que pode ser equiparável com as mais reconhecidas produções de arte: [...] *é possível, na atualidade, expor e deduzir a verdade sob consideração, de muitas maneiras, e em cada caso, como tudo o que é relevante em ciências (por exemplo, a lei da indestrutibilidade da matéria, a lei da conservação da energia e a lei da gravidade,), prova não ser uma dedução empírica da observação direta e da experiência, não é um resultado direto da análise, mas uma criação, uma penetração de uma mente inquiridora, que é guiada e dirigida apenas por uma síntese experiencial e observacional em que as ciências exatas são capazes de serem comparadas com as mais elevadas formas de arte [...]* (MENDELEEV, 1875).

Na sua visita aos esposos Curie, D. Mendeleev, recusa a possibilidade da divisibilidade do átomo, argumentando que a química não poderia voltar aos misticismos da alquimia, porém e como fica evidente no texto anterior, para ele o processo para deduzir a verdade tem que estar influenciada diretamente pelos dados e pela observação, e não pela criatividade ou imaginação das “mentes

inquiridoras” o qual põe a ciências ao mesmo nível das artes: [...] *Sem tal processo sintético de raciocínio, a ciência seria apenas uma coleção de resultados do trabalho árduo, e não seriam caracterizados por essa força com a qual é dotada, quando realmente uma vez que consegue atingir uma síntese, ou concordância de forma externa com a natureza íntima das coisas, sem se afastar da análise das peças individuais, em suma, quando se descobre por meio de formas exteriores, que são visíveis para o sentido do tato, para observação e para a mente, o significado interno das coisas é descoberto implicitamente em complexidade e uniformidade na diversidade [...]* (MENDELEEV, 1875).

Em resumo, é clara a relação que existe entre aquilo que é visível, como instrumento que permite se aproximar daquilo que não é visível, porém, os dados experimentais devem estar sempre acompanhados do processo de raciocínio, onde as aparências externas correspondem com a natureza interna das coisas, mas note-se que não se fala nas entidades ou objeto físicos, mas sim em propriedades externas e natureza interna. Isto é, o caráter material das entidades teóricas e o seu caráter relacional ou a natureza interna, reflexo do pensamento químico não fisicalista D. Mendeleev.

Porém, esses aqui apresentados, de maneira assertiva e coerente com as perguntas de pesquisa em torno do caráter real das entidades teóricas na formulação da lei de periodicidade, permitem estabelecer a discussão tanto com o caráter material de ditas entidades (objetos de crença, RAMSEY, 1997), a interpretatibilidade semântica, (densidade semântica, TONTINI, 2004), o uso

instrumental destas (realismo de entidades teóricas, instrumentalismo o novo experimentalismo de HACKING, 1983), o caráter relacional (nodos e relações SCHUMMER, 1998; Relações internas e externas BERNAL E DAZA, 2010) e a natureza do conhecimento químico (CALDIN, 2002; SCHUMMER, 1998; IZQUIERDO, 2010; GARAY 2012).

7.2 Dos livros de texto e os periódicos científicos

Na educação em química, numa perspectiva filosófica e histórica pode-se afirmar que a Química é uma ciência de teorias no sentido semântico, isto é, uma ciência que produz, refina e, aperfeiçoa modelos. Tais modelos são levados às aulas de formação dentro dos pressupostos teóricos da modelagem (Justi & Gilbert, 2002; Izuquiedo, 2004; Erduran, 2001). Neste sentido, pode-se assumir que o ensino e a aprendizagem da química, a partir desta abordagem, fazem dos conceitos químicos, modelos a serem objetos de estudo na didática específica da química (Garay, 2007)

Na Filosofia da Química, alguns conceitos têm sido referenciados como centrais desta ciência, tais como: estrutura molecular, átomo, elemento, substância, ligação, entre outros. No entanto, neste trabalho, estamos considerando como central o conceito de periodicidade química, considerando que a lei periódica tem sido um tema importante na definição da química como ciência.

Como foi apontado, anteriormente, a lei periódica tem sido alvo de discussões na Filosofia das Ciências em geral e na Filosofia da Química em particular (SCERRI, 2000, 1997, SCHUMMER, 2006), assim como de importantes abordagens históricas (SCERRI, 2007, BENSAUDE-VINCENT, 2008;, JENSEN, 2005) e como objeto de estudo na relação Filosofia, História e Ensino de Química (RODRIGUEZ ET AL, 2005; GARAY, 2007, 2006).

Defende-se neste trabalho a tese de que, na educação em química no que tange ao ensino e aprendizagem da periodicidade química, que dita periodicidade deve ser abordada a partir do estudo da lei periódica e da sua concretização gráfica - a tabela - e não como se apresenta na maioria dos trabalhos analisados, que priorizam a tabela periódica em vez da lei, isto é, análogo ao estudo dos espelhos e não da teoria óptica na física.

A abordagem da tabela periódica tem sido feita a partir de perspectivas tais como as novas tecnologias da informação e da comunicação (NTICS), na implementação de software e ferramentas virtuais (CARREIRA, et al, 2005), através da discussão do conhecimento pedagógico do conteúdo (NEVES, et al 2000), como modelo científico (GARAY, 2007), numa abordagem histórica (PIRES, 2008), ou como conteúdo intermediário nas abordagens de outros conceitos químicos como estrutura química, substância ou elemento (LINARES, 2005).

O ensino e aprendizagem da lei e da tabela periódica têm, em linhas gerais, as mesmas dificuldades acima apresentadas na educação química. A título de

exemplo, na tabela periódica existem valores que correspondem às propriedades das substâncias, assim como valores que correspondem ao átomo, isto implica na necessidade da passagem de um contexto macro a um contexto micro num mesmo momento.

Além do mais, a transição do pensamento de entidades teóricas a entidades abstratas (IZQUIERDO, 2004), no caso do ensino e aprendizagem da periodicidade química, precisa de uma forte reflexão em torno da lei periódica, da formulação teórica por trás da organização dos elementos no esquema (tabela periódica) e o modelo ou modelos que ajudaram na sua configuração. Esta abordagem da formulação da lei pode (e deve ser feita) através da História e a Filosofia da Química, que permite otimizar os processos de explicação e argumentação.

Ora, apresentam-se alguns exemplos de pesquisa em educação química, que tem como alvo de indagação o ensino e aprendizagem da tabela periódica. É relevante apontar aqui, que na maioria dos trabalhos analisados, eles referem-se no seu título ao ensino ou aprendizagem da tabela periódica, estabelecendo de antemão, uma importante e não coerente separação entre a lei e a tabela periódica dos elementos químicos.

A tabela periódica é concebida como o “instrumento” de trabalho do cientista químico, imagem que é extrapolada ao contexto educativo, ou como afirma Linares (2005), ela pode funcionar como um “modelo” nas aulas de química. Esta imagem faz com que o tempo dedicado a seu ensino e a sua

aprendizagem seja mínimo, além de ser ligado principalmente ao ensino de outras temáticas em química, a exemplo da configuração eletrônica e da ligação química.

A tabela periódica vem sendo ensinada como um conjunto de regras estabelecidas onde os alunos, na maioria das vezes, utilizam-na como sendo apenas uma fonte de consulta na resolução de exercícios. O ensino tem se mostrado ainda como tradicional e sem muita relação com os interesses dos alunos (Pires et al, 2008). Em outro trabalho, Junior et al (2009, p 1977), afirmam que a tabela periódica é uma temática problemática na aprendizagem da química, contudo, para uma grande parte dos alunos, a tabela periódica é tão só um amontoado de informações sem utilidade.

Uma pergunta interessante que orienta as pesquisas em torno da tabela é a formulada por Linares (2004), [...] *o que quer ensinar um professor ou professora quando explicam tabela periódica nos cursos gerais de química na universidade?* [...]. Desta, pode-se derivar uma série de perguntas como: por que ensinar tabela periódica?; Deve-se ensinar tabela periódica ou lei periódica?; A tabela periódica se aprende, compreende ou memoriza?; Estuda-se a lei periódica e se aprende o uso da tabela?; Etc.

Embora se tenham múltiplas respostas para tais questões, e cada uma com nível diferente de complexidade, talvez o importante seja questionar se não seria melhor ensinar e refletir sobre a lei periódica e que, como resultado deste processo, se possa chegar ao uso adequado e assertivo da tabela periódica na explicação dos fenômenos da química.

Uma primeira característica que surge desta análise consiste no fato de fazer um ordenamento da tabela periódica por cores segundo o estado da matéria ou como metais e gases, ensinando assim conceitos como família e grupo, Corse e Arcari, (2004). A relação que se estabelece com a História da Química é mínima, e, como ditas autoras manifestam [...] *sempre que podíamos e convinha, colocávamos um pouco da história da construção da tabela, do nome dos elementos e outras curiosidades que dificilmente são abordados nos livros didáticos* [...]. Isto permite caracterizar uma possível forma em que é assumida a história da química nas salas de aula, reduzindo-a a uma mera ferramenta ou “curiosidade”, a qual é usada, caso necessário.

Contudo, como se apontou acima, a inclusão da história e da filosofia deve ser de forma (rigorosamente) cuidadosa, pelo fato de poder conduzir a erros conceituais que não vão melhorar a aprendizagem, muito pelo contrário, poderão se constituir num obstáculo pedagógico como no caso citado por Gurrola et al (1998), que apresentam uma estratégia de ensino da tabela em forma de jogo, mas que no desenvolvimento histórico proposto apresentam uma versão deformada da história da formulação da lei periódica.

Outras possibilidades identificadas e que são apresentadas como novidades, além das estratégias virtuais (PINTO, 2009; LEMES E JUNIOR, 2008), são as diferentes propostas de ensino da tabela periódica, desde a sua construção com os alunos (CORSE E ARCARI, 2004; VICO, 2006), onde se privilegiam alguns aspectos mais do que outros, tais como símbolo, nome, se é metal, ametal

ou gás, número atômico e distribuição eletrônica. Outra possível abordagem que se aproxima com o objetivo deste trabalho – relacionar a História, a Filosofia e o Ensino de Química - são as propostas de ensino da tabela periódica a partir de uma abordagem histórica (ARELLANO E RIVERA, 1996); histórico-epistemológico (RODRIGUEZ ET AL, 2005); ou histórico contextual (GARAY, 2007)

Uma aprendizagem da tabela periódica de forma memorística, descontextualizada, a-histórica, dogmática e abstrata (GARAY, 2007; MELLO, 1996 APUD PIRES 2008), deve-se ao fato de que nos currículos de formação de professores não se têm uma abordagem tanto da História quanto da Filosofia das Ciências em geral e da Química em particular, fazendo com que eles – os futuros professores - não tenham o conhecimento suficiente e pertinente para abordarem os conteúdos em tais perspectivas.

Outro questionamento que emerge no decorrer da análise proposta, refere-se ao uso que se faz da tabela periódica, a partir de análises histórica e filosófica, através de uma discussão sobre o potencial de predição da tabela e da lei periódica. Então, é possível questionar se tal caráter é apresentado nas salas de aula, mas como estabelece Pires (2008), ela é ensinada como um conjunto de regras onde os alunos utilizam-na como fonte de consulta na resolução de exercícios e provas, na consulta de dados ou informações, sendo então caracterizado como o discurso centrado nas conclusões (SCHWAB, 1964, APUD NEVES, 2001), empregando ela como um instrumento, onde seu uso é

meramente técnico, operacional sistemático e memorístico, esquecendo o seu caráter preditivo que tem feito de tal modelo alvo da filosofia da química.

Abordagens tais como CTSA ou NTICs, permitem estabelecer relações entre a tabela periódica – os elementos - e os contextos socioculturais, assim como relações internas entre esta temática e os demais conteúdos apresentados nos currículos de formação em química. Embora se assuma o ensino e a aprendizagem de tais conteúdos como processos diferentes de temáticas isoladas, propostas inovadoras como Junior et al (2009), fornecem ferramentas virtuais que tentam preencher o vazio entre conteúdos e entre conteúdos e o contexto, neste caso, no que atinge a tabela periódica assume-se como conteúdo interdisciplinar e transversal, que possibilita fazer uma recuperação da história social da sua construção, assim como estabelecer relações com outras temáticas e outras ciências.

O processo de avaliação da aprendizagem por parte dos estudantes está focado na memorização de características e dados dos elementos, sem estabelecer diferença de que tais dados também podem corresponder aos átomos que estão contidos na tabela. Como argumentam Corse e Arcari, (2004), uma das críticas por parte dos estudantes foi a falta de exercícios para o treino da memória.

Em um trabalho que tenta responder a questionamentos da ordem de ensino e aprendizagem da lei e a tabela periódica, Neves et al (2001) apresentam um importante dado sobre as pesquisas feitas nesta área. Eles fizeram um levantamento bibliográfico em jornais de ensino e aprendizagem das ciências em

geral e de química em particular, encontrando uma pequena quantidade de pesquisas relacionadas com esta temática nos anos por eles pesquisados. Resultado semelhante foi encontrado por Garay (2007), concluindo que entre as possíveis razões para este resultado seja o fato de que tal temática é apresentada de forma sistemática, a-histórica e operacional nos livros didáticos. Nessa linha, ele afirma que os livros não enfatizam a lei periódica como representação do conhecimento científico. A própria compreensão do sentido de “lei” na ciência é interpretada de forma inadequada pelos livros, que não aproveitam o espaço de apresentação dos conteúdos para discutir sobre questões epistemológicas das ciências (Neves et al , 2001 p 8).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A filosofia da química, sendo uma subárea relativamente nova na filosofia das ciências, tenta, dentre suas finalidades, melhorar os processos de ensino e aprendizagem da química. Mesmo que, em um primeiro momento, seu agir se volte ao problema do reducionismo, existem outras linhas de pesquisa que tentam dar conta da natureza das teorias, leis, modelos e conceitos que estruturam o conhecimento químico.

A inclusão da filosofia da química não só deve atingir a formação inicial e continuada dos professores, como também deve ser repensada no interior dos currículos de formação. Supor que a responsabilidade do uso destas perspectivas corresponde aos professores é um erro, porque, tanto eles quanto quem os formam, devem não só conhecer a disciplina, como também devem refletir sobre a natureza e a história da mesma.

A história e a filosofia da química fornecem uma nova e ampla gama de possibilidades para o aperfeiçoamento dos processos de ensino e aprendizagem desta ciência, desmistificando-a, humanizando-a e melhorando a sua imagem frente tanto aos estudantes quanto à sociedade. Contudo, primeiro é necessário existir uma formação nestas áreas, para que seu uso nas salas de aula, cumpra com objetivo proposto, não se convertendo em um obstáculo a mais a ser superado, tanto pelos professores quanto pelos alunos.

Na educação em química, a lei periódica é uma das temáticas relevantes, não só pela sua importância na configuração da química como ciência, mas como na afirmação da sua autonomia frente as outras ciências. Portanto, o ensino e aprendizagem desta não podem, de forma alguma, limitar-se ao ensino e aprendizagem da tabela periódica. Esta deve ser o fim último, mas nas salas de aula de formação em química deve-se refletir sobre toda a estrutura teórica que existe por trás do gráfico, e o uso deste, de forma adequada e assertiva, na explicação dos fenômenos seja apenas um produto de tais processos.

Identificar, caracterizar e analisar as relações entre Filosofia, História e Educação da química, ainda é um campo de investigação, que abre um espectro de possibilidades de pesquisa. Ser tão diferente na sua construção e modo de desenvolvimento, são variáveis que se entrelaçam em particular na educação, que faz da caracterização de seus relacionamentos uma necessidade primária para otimizar os processos de ensino e aprendizados da química em particular e da ciência em geral.

No caso da Filosofia da Química, pelo fato de ser um campo novo de conhecimento, faz com que o impacto sobre o ensino e a aprendizagem de química sejam mínimas ou insignificantes. No entanto, nos resultados é possível encontrar um caminho para começar a explorar este novo campo de pesquisa. Então, assim começa a definir uma maneira de caracterizar a relação entre a filosofia da química com os processos de formação nesta ciência, fazendo uso da história como um mediador das relações entre essas áreas do conhecimento.

Em relação à lei periódica, era evidente que as investigações que fizeram deste um estudo alvo são quase nulas, portanto, tentar identificar e caracterizar a relação entre história, filosofia e ensino de química, a partir deste conceito tem um maior grau de dificuldade, sendo muito raros os resultados. Assim, é possível afirmar que tais pesquisas não se aproximam de um pluralismo pragmático do modelo, e que as maiorias das investigações buscam incidir apenas sobre o ensino e aprendizagem da tabela periódica.

Uma formação em química pode ser concebida a partir dos componentes históricos e filosóficos, superando os obstáculos da inclusão dessas áreas envolvidas, e projetando-a como uma possível estratégia que otimiza os processos de ensino e aprendizagem desta ciência. Isto implica em um processo de reflexão sobre a natureza do conhecimento químico e, portanto, na configuração de novas versões epistemológicas e ontológica da química.

Nos resultados, é possível encontrar um caminho para começar a explorar este novo campo de pesquisa. Esta é uma maneira de caracterizar a relação entre a filosofia da química com os processos de formação nesta ciência, fazendo uso da história como um mediador das relações entre essas áreas do conhecimento.

A inclusão da filosofia da química não só deve atingir a formação inicial e continuada dos professores, esta deve ser repensada ao interior dos currículos de formação. Supor que a responsabilidade do uso destas perspectivas corresponde aos professores é um erro, porque, tanto eles quanto quem os formam, devem

não só conhecer a disciplina, como também devem refletir sobre a natureza e a história da mesma.

A história e a filosofia da química fornecem uma nova e ampla gama de possibilidades para o aperfeiçoamento dos processos de ensino e aprendizagem desta ciência, desmistificando-a, humanizando-a e melhorando a sua imagem frente tanto aos estudantes quanto a sociedade. Contudo, sugieresse uma formação nestas áreas, para que na sua extrapolação nas salas de aula, cumpra com dito objetivo, e não se converter num obstáculo mais a ser superado tanto pelos professores quanto pelos alunos.

Na educação em química, a lei periódica é uma das temáticas relevantes, não só pela sua importância na configuração da química como ciência, mas como na afirmação da sua autonomia frente às outras ciências. Portanto, o ensino e aprendizagem desta não podem, de forma alguma, limitar-se ao ensino e aprendizagem da tabela periódica. Esta deve um dos fins, mas nas salas de formação em química deve-se refletir sobre toda a estrutura teórica que existe por trás do gráfico, e que o uso deste, de forma adequada e assertiva, na explicação dos fenômenos seja apenas um produto de tais processos.

RECOMENDAÇÕES

É relevante para a formulação de novos projetos de pesquisa identificar, caracterizar e analisar as inter-relações entre filosofia, história e ensino de

Química. Assim, deve repensar em alguns casos, não somente nos currículos de formação de professores de química, mas também nos programas de formação nesta área, independentemente da sua especificidade, como por exemplo, engenharia química, química farmacêutica, dentre outros, a partir da inclusão da filosofia e história da química. Isto porque a configuração desse novo campo de pesquisa é uma responsabilidade tanto para historiadores, como para filósofos, químicos e professores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRANTES, P. [1998]. *Imagens de natureza, imagens de ciência*. Campinas: editorial Papirus;
- AMUNDSON, R. [1985]. Psychology and epistemology. The place versus response controversy. *Cognition*, 20, 127-153.
- ADÚRIZ-BRAVO, A. [2011] Concepto de modelo científico: Una mirada epistemológica de su evolución, en Galagovsky, L. (coord.). *Didáctica de las ciencias naturales: El caso de los modelos científicos*, 141-161. Buenos Aires: Lugar Editorial. (ISBN: 978-950-892-366-0.)
- ADÚRIZ-BRAVO, A.; IZQUIERDO, M.; ESTANY, A. [2002] Una propuesta para estructurar la enseñanza de la filosofía de las ciencias para el profesorado de ciencias en formación. *ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*, 2002, 20 (3), 465-476
- AGAFOSHIN N. P [1977]. *Ley periódica y sistema periódico de los elementos de Mendeleiev*. Valencia. Editoria Reverté,.
- AGGER, B., [1991] Critical Theory, poststructuralisms, postmodernism: their sociological relevance. *Annu. Rev. Social.* Vol 17 pp 105-131
- BACHELARD, G. Conocimiento común y conocimiento científico. In: RAMOS, Irene A. (Coord.). El racionalismo aplicado. Buenos Aires: Paidós, 1978. p. 99-113
- BENÍTEZ, L. [2010]. Sobre el concepto de materia en Newton: Entre Descartes y Boyle. In: CHAMIZO, J. (Eds.). Historia y filosofía de la química. Aportes para la enseñanza. Siglo XXI Editores, 2010.
- BERTOMEU-SÁNCHEZ, GARCÍA-BELMAR & BENSAUDE VINCENT, [2002] Looking for an order of things: textbooks and chemical classifications in nineteenth century French. *Ambix*. Vol 19 Part 3.
- BENSAUDE-VINCENT, B [1998]. *Éloge du Mixte. Matériaux Nouveaux et philosophie Ancienne*, París: Hachette. 1998
- BENSAUDE-VINCENT, B & SIMON, J [2008], *Chemistry, The Impure Science*, London, Imperial College Press, 268 p. + Index.

BRAUN. S., J. P. RONZHEIMER., M. SCHREIBER., S. S. HODGMAN., T. ROM., I. BLOCH., U. SCHNEIDER. [2013]. Negative Absolute Temperature for Motional Degrees of Freedom. Science 4 January 2013: Vol. 339 no. 6115 pp. 52-55

BOYD, R. Realism, undetermination and a causal theory of Evidence. Noûs 7. p 1-12

_____[1979]. Metaphor and theory of chance: What is "metaphor" a metaphor for?. Inortony (org.). Metaphor and thought. Cambridge University press, pp 356-407

_____[1981] Scientific realism and naturalistic epistemology. In Asquith & Giere (org.). Vol 2, pp 613-662

_____[1984] The current status of Scientific realism. In Leplin. pp 41-82

BROCK, W. H. [1992] Historia de la Química, Alianza Editorial, Madrid,

BUNGE, M. [1972b]. Teoría y realidad. Barcelona: Ed. Ariel,

_____[1985]. La investigación científica: Su estrategia y su filosofía. Barcelona: Ed. Ariel.

_____[2002]. Epistemología. México: Ed. Siglo XX.

CALDIN, E. [2002]. The Structure of Chemistry In Relation to the Philosophy of Science. HYLE--International Journal for Philosophy of Chemistry, Vol. 8, No.2, pp. 103-121

CARTWRIGHT, N., [1983]. How the laws of physics lie. Oxford: Clarendon press.

CHAMIZO J., 2005 La esencia de la química. Ciencia. N 56, pp 17-26

_____[2006]. Los modelos de la química. Educación Química N 17, pp 476-478

_____[2010]. El conocimiento químico. En Historia y filosofía de la química. Aportes para la enseñanza. Chamizo, J., eds. Siglo XXI Editores.

CHRISTIE, M. and Christie, J. 2000. Laws and theories in chemistry do not obey the rules. In Of mind and molecules. Bhushan and Rosenfeld eds. Oxford University press.

CRASNOW, S., [2000]. How natural can ontology be?. Philosophy of Science. 67; pp 114-132

DAZA, E, & BERNAL, A., [2010]. On the ontological and epistemological status of chemical relations. Hyle ed:v.16 fasc. N/A p.80 - 103 ,2010.

- DEVITT, M. [1997]. Realism and Truth, Princeton: Princeton University Press, 2a. ed.
- DUTRA, L., [1998] Introdução à teoria da ciência. Florianópolis, Ed. da UFSC, 1998. Brazil
- ERDURAN, S. (2001). Philosophy of chemistry: an emerging field with implications for chemistry education. Science & Education, 10, p.p. 581-593
- ESPINOZA M., [2008] Meyerson y el rol de la causalidad y del determinismo en la ciencia Thémata, Revista de Filosofía, nun 40 pp 167-178.
- GARAY, F Y LANCHEROS, A. [2007] Una Propuesta De Enseñanza Del Enlace Químico, Desde El Uso De Analogías.
- GIERE, R. N [1992], Cognitive models of science: Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.
- GIERE, R. N [1999], Science Without Laws: Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.
- GODFREY-SMITH, P., [2002] Dewey on Naturalism, Realism and Science Philosophy of Science, 69 (September 2002) pp. 0–0.
- GROSS, L., [2009] The Chemical Structure of a Molecule Resolved by Atomic Force Microscopy. Science Vol. 325 no. 5944 pp. 1110-1114
- CHITTLEBOROUGH G., AND TREAGUST D., [2007]. The modelling ability of non-major chemistry students and their understanding of the sub-microscopic level. Chemistry Education Research and Practice, 2007, 8 (3), 274-292
- Haack, S [1997]. Vulgar Rortyism. The New Criterion, Vol. 16, No. 3, Nov.
- HACKING, I., [1983]. Representing and Intervening. Cambridge, United Kingdom. 1983.
- _____. [1984]. Experimentation and Scientific Realism. Em Leplin, J. (ed.) Scientific realism, Berkeley, University of California, press, pp 247-260.
- HARRÉ, R.: [1985]. The Philosophies of Science, Oxford University Press, 2ª Ed.
- _____. [1986]. Varieties of Realism, Oxford. Ed. Blackwell.
- HAWLEY GESSNER G., [1985] Diccionario de Química y Producto Químicos. España, Omega.

HENDRY R. [2006] Elements, compounds and other chemical Kinds. Philosophy of science., 73 (5). pp. 864-875.

IZQUIERDO, M., [2010]. Un Nuevo Enfoque De La Enseñanza De La Química: Contextualizar Y Modelizar. Letter: On the density of pure acetonitrile 115

J. Argent. Chem. Soc. 2004, 92 (4-6), 115 – 136. The Journal of the Argentine Chemical Society - Vol. 92 - Nº 4/6, 115-136 (2004)

IZQUIERDO, M., 2010. La transformación del átomo químico en una particular física. ¿Se puede realizar el proceso inverso?. En Historia y filosofía de la química. Aportes para la enseñanza. Chamizo eds. Siglo XXI Editores.

JACOB, G., 2001. Analysis and synthesis interdependent operation in chemical language and practice. Hyle N7 pp 31-50

JUSTI R., GILBERT, J. [1999] A cause of ahistorical science teaching: Use of hybrid models. Science Education. Volume 83, Issue 2, pages 163–177, March 1999

JUSTI, R. y GILBERT, J.K. (2005). The Role of Analogue Models in the Understanding of the Nature of Models in Chemistry, en Aubusson, P., Harrison, A. y Rirchie, S.M. (eds.). Metaphor and Analogy in Science Education, pp. 119-130. Dordrecht: Springer.

KOURANY, J., [2000]. A successor to the realism/antirealism question. Philosophy of Science. 67; pp s87-s101

KUHN, T. S. (1971) [1962]. La estructura de las revoluciones científicas. México D.F.: Fondo de Cultura Económica.

LABARCA, M [2005]. La filosofía de la química en la filosofía de la ciencia contemporánea. Redes, Vol 11 Nº 21 pp 155-171

LABARCA, M.; LOMBARDI, O., [2010]. Acerca del Status, Ontológico, de las Entidades Químicas: El caso de los Orbitales Atómicos. Principia 14 (3): pp 309-33-

LAKATOS, I. [1993]. "La metodología de los Programas de investigación científica". Alianza. Madrid.

LANGMUIR, I. (1919). "The Arrangement of Electrons in Atoms and Molecules", Journal of the American Chemical Society. Vol. 41, No. 6, 868.

LAUDAN, L., [1984]. A confutation of convergent realism. In leplin 1984; pp 218-249.

LAUDAN, L., [1981]. Science and Hypothesis: Historical Essays on Scientific Methodology. D. Reidel Publishing Company.

LOMBARDI, O., e LABARCA, M., [2005]. The ontological autonomy of the chemical world. Foundations of Chemistry, 7: pp 125–148

LOMBARDI, O., y PÉREZ R., 2010. En defensa de la autonomía de la química frente a la física. Discusión de un problema filosófico. En Historia y filosofía de la química. Aportes para la enseñanza. Chamizo, J., eds. Siglo XXI Editores.

LUCENA, A., [1998]. Los compromisos del realismo científico. Em P. Marínez Freire., (ed) Filosofia actual de la ciencia. Suplemento 3 de contrastes (1998), pp 145-173.

LUDBERG, A., [1983]. The concept of law in the social science. Philosophy of Science. 1983;V;pp 189-203.

MATTHEWS, M. (1994). Science Teaching; The Role of History and Philosophy of Science, Routledge, New York, NY., p. 108.

MARTÍNEZ, M., [2005]. El realismo de Ian Hacking: De los electrones a las enfermedades mentales transitorias. Redes, Vol 11. N° 22, pp 153-176.

MOULINES C-U., [1979]. La Génesis Del Positivismo En Su Contexto Científico Universidad De Barcelona Año IV. Número: 19; pp 1-19

MOHRHOFF, U., [2008]. Realism: The Bane of Science Education, and What Can Be Done About It. ANTIMATTERS 2 (1)

NIETO-GALAN, A., 2010. ¿Para qué sirve la historia de la química? Una reflexión sobre el pasado de una profesión. En Historia y filosofía de la química. Aportes para la enseñanza. Chamizo, J., eds. Siglo XXI Editores.

NORRIS, C., [2001]. “Courage not under fire”: realismo, antirealismo, and epistemological virtues. Inquiry, 44, 269-290.

PIETROCOLA, M., [1999]. Construção e realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino de ciências através de modelos. Investigações em Ensino de Ciências, 1999; 4(3); pp 213-227.

PINO, G., [2007]. Van Fraassen y la concepción estructuralista de las teorías. *Praxis filosófica*, 25; 2007; pp 21-38;.

PRADES, J., [1994]. Antirealismo y verdad: la realidad del pasado. *Anales del seminario de metafísica* No 28. Ed Universidad Complutense de Madrid.

POPPER, K. [1977]. *Normal Science and its Dangers. Criticism and the Growth of Knowledge*. Imre Lakatos y Allna Musgrave Eds.

POPPER. K. [1986]. *La lógica de la investigación científica*. Editorial Laia.

PUTNAM, H. [1982]. *Realism and Reason. Philosophical Papers Vol. III*. Cambridge: Cambridge University Press.

..... [1988]. *Representación y realidad*. Ventureira, Gedisa. Barcelona. 1990

RAMSEY, J., [1997]. Molecular shape, reduction, explanation and approximate concepts. *Synthese*, 111, pp 233-251

RAVIOLO, A., RAMIREZ, P., Y LÓPEZ, E. [2010]. Enseñanza Y Aprendizaje Del Concepto De Modelo Científico A Través De Analogías. *Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien.*, 2010, 7(3), pp. 581-612

RESTREPO, G.; MESA, H.; LLANOS, E.; VILLAVECES, J.: 2004, 'Topological study of the periodic system', *Journal of Chemical Information and Computer Science*, 44, 68-75.

QUILEZ J. [2006] THE ROLE OF THEORIES IN EARLY STUDIES OF CHEMICAL EQUILIBRIA. *Bull. Hist. Chem.*, VOLUME 31, Number 2 .

QUINTANILLA, M., 2010. LA historia de la química y su contribución a una “nueva cultura de la enseñanza de las ciencias”. En *Historia y filosofía de la química. Aportes para la enseñanza*. Chamizo, J., eds. Siglo XXI Editores

SAVIN, A. [1994]. A test for the Wilson-Levy correlation energy functional. *CHEMICAL PHYSICS LETTERS*. Volume 217, number 5,6

SANDBERG. J., [2004]. The Rhetoric of Positivism Versus Interpretivism: A Personal View¹. *MIS Quarterly* Vol. 28 No. 1, pp. iii-xii/March.

SILVA, M. Rodrigues da [1998]. Realismo e anti-realismo na ciencia. Aspectos introductorios de uma discussão sobre a natureza das teorías. *Revista Ciência & Educação*, 5(1), 7–13

SCERRI, E., [2001]. The new philosophy of chemistry and its relevance to chemical education. Chemistry education: research and practice in europe. Vol. 2, no. 2, pp. 165-170

_____ [2000] Philosophy of chemistry, a new interdisciplinary field? Jopurnal of chemical education. 77 pp 522-525.

_____ [2000] Haves Orbitals Really Been Obervered. 2000 • Journal of Chemical Education Vol. 77. Pp 1-3

_____ 1991. Electronic configurations, quantum mechanics and reduction. British journal for the philosophy of science. N 42 pp 309;325.

_____ [1998]. How good is the quantum mechanical explanation of the periodic table. Journal of chemical education. N 75 pp 1348;1385.

SCERRI, E., & McIntyre, L., [1997]. The case for the philosophy of chemistry. Syntheses. 111; pp 213-232

STREED, W., BENJAMIN ANDREAS JECHOW, NORTON G.; KIELPINSKI DAVID. [2012]. Absorption imaging of a single atom. Nature Communications. 3,Article number: 933 Ingreso em Janeiro de 2013. <http://www.nature.com/ncomms/journal/v3/n7/full/ncomms1944.html>.

SCHUMMER,J., [1998]. The Chemical Core of Chemistry I: A Conceptual Approach. Hyle 4 (2):129 - 162

SCHUMMER,J., [1999]. Editorial: Models in Chemistry, Part 1. Hyle 5 (2):77 - 78 (1999)

SCHUMMER,J., [2006]. Gestalt switch in molecular image perception: The aesthetic origin of molecular nanotechnology in supramolecular chemistry. Foundations of Chemistry 8 (1):53-72 (2006)

SCHUMMER, J., e SPECTOR, T., [2007]. The Visual Image of Chemistry: Perspectives from the History of Art and Science. HYLE--International Journal for Philosophy of Chemistry, Vol. 13, No.1, pp. 3-41.

TABER, K. S. (2001) Constructing chemical concepts in the classroom?: using research to inform practice. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 2 (1), pp.43-51.

TALANQUER, V., 2010. Química Agazapada. En Historia y filosofía de la química. Aportes para la enseñanza. Chamizo, J., eds. Siglo XXI Editores.

TAYLOR [1941] Lewis Reeve Gibbes and the Classification of the Elements. Reproduced from the Journal of Chemical Education, 18, 403-407, 1941.

TOMASI, J., [1999]. Towards, Chemical Conguence of the models in theoretical chemistry. Hyle. 5;2; pp 79-115

TONTINI, A., [2004]. On the limits of chemical knowledge. HYLE--International Journal for Philosophy of Chemistry, Vol. 10, No.1, pp. 23-46

TONNEUAU, F., TAMAYO, R., [2001]. Una nota sobre psicología cognoscitiva y realismo científico. Acta Complementaria, 9 monográfico, 2001 pp 49-65.

VAN BRANKEL, J., [2000] Philosophy of chemistry. Leuven University press

VAN FRASEEN, B., [1980]. The scientific image. Oxford: Clarendon press.

VIVAS-REYES, R., [2009]. Filosofía de la química: Una área ampliamente olvidada. Acad. Colomb. Cienc. 33; 126; pp 125-128

ZARAGOZA, C. & FERNANDEZ-NOVELL, J.M. [2007]. Teaching chemistry throuht history: The importance of the periodic table. 6th International conference on the history of chemistry. Pp 685-693.

ZAVADIVKER, M. [2005]. Qué tipo de realidad tiene las entidades teóricas de las ciencias sociales. Revista Vestigium. N 2 Pp 109;122

ZUO, J. M.; KIM, M.; O'KEEFFE, M.; SPENCE, J. C. H. Nature 1999, 401, 49–52

Apendice

	FILOSOFIA	HISTORIA	EDUCAÇÃO
MACRO REGRA Construção Supressão Generalização	Natureza das entidades teóricas	Reconstrução da Historia da Química	Conceitos e modelos científicos na Educação Química
MACROESTRUTURA Nível Semântico Redução/Análise	Formas de significar e de sentido (Ontológico/Epistemológico)	“Evolução” das formas de significar e de sentido das entidades teóricas na química	Formas de significar e de sentido, nas práticas discursivas nas salas de aula
MODELO PREFERENCIAL (Interesses e interpretações) Produção/Síntese	Natureza científica dos modelos científicos químicos. Caso o modelo de periodicidade	Modelos que tem se mantido na química na historia	Reconstrução do Conhecimento Científico Químico nas salas de aula

Quadro 8 Matriz de análise

INSTITUTO DE FISICA
PROGRAMA DE POSGRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E HISTORIA DAS
CIÊNCIAS
Doutorando: FREDY RAMON GARAY GARAY

Na seguinte tabela você encontrará uma lista dos jornais que publicam em historia, filosofia e ensino da química para a região de Ibero - America. Por favor, marque com uma X na caixa segundo seu critério, sendo 1 o mas consultado e 5 o menos consultado por você.

	ISSN	JORNAL	1	2	3	4	5
1	0212-4521	ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS					
2	1579-1513	REEC, REVISTA ELECTRONICA DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS					
3	1697-011X	EUREKA, SOBRE ENSEÑANZA Y DIVULGACIÓN DE LAS CIENCIAS.					
4	0121-3814	TECNÉ, EPISTEME Y DIDAXIS (TED)					
5	1516-7313	CIENCIA E EDUCAÇÃO					
6	0370-5943	REVISTA LATINOAMERICANA DE QUÍMICA					
7	0100-4042	QUÍMICA NOVA					
8	0104-8899	QUÍMICA NOVA NA ESCOLA					
9	1518-9384	INVESTIGAÇÕES EM ENSINO DE CIENCIAS					
10	0187-893X	EDUCACIÓN QUÍMICA					
11	0124-5481	REVISTA DE EDUCACIÓN EN CIENCIAS.					
12	1850-6666	REVISTA ELECTRÓNICA DE INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS (ONLINE)					
13	1415-2150	ENSAIO. PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS					
14	1518-8795	INVESTIGAÇÕES EM ENSINO DE CIÊNCIAS (ONLINE)					
15	1806-5104	REVISTA BRASILEIRA DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS					
16	1809-6158	REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE QUÍMICA					
17	0103-7188	REVISTA DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA					
18	1133-9810	ALAMBIQUE: DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES					

Quadro 9 Instrumento de validação de jornais e revistas científicas

Fonte:

<http://www.scielo.org/php/index.php>

<http://www.periodicos.capes.gov.br/>

<http://www.capes.gov.br/avaliacao/qualis>

<http://www.oei.es>

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA,
INSTITUTO DE FISICA

PROGRAMA DE POSGRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E HISTORIA DAS
CIENCIAS

Doutorando: FREDY RAMON GARAY GARAY

Na seguinte tabela você encontrará uma lista dos livros de texto de Química General. Por favor, marque com uma X na caixa segundo seu critério, sendo 1 o mas consultado e 5 o menos consultado por você.

	autor	livro	1	2	3	4	5
1	Umland, J	Química General.					
2	Petrucci, R	Química General: Principios y aplicaciones modernas.					
3	Becker, R	Química General.					
4	Rusell, J.	Química general.					
5	Congo, F	Química General.					
6	Wood, J	Química general.					
7	Chang, R	Química					
8	Whitten, K.	Química General.					
9	Christen, H	Fundamentos de la química general e inorgánica.					
10	Baarri, M	Química General..					
11	Slabaugh, W.	Química General.					

Quadro 10 Instrumento de validação de livros de texto