



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO  
DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA  
MESTRADO PROFISSIONAL**

**IAGO FERREIRA ESPIR**

**PROPOSTA DE ENSINO DE TABELA PERIÓDICA: UMA  
ABORDAGEM ALTERNATIVA A PARTIR DA HISTÓRIA DA  
CIÊNCIA**

**UBERLÂNDIA  
2021**

IAGO FERREIRA ESPIR

PROPOSTA DE ENSINO DA TABELA PERIÓDICA: UMA  
ABORDAGEM ALTERNATIVA A PARTIR DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA

Dissertação apresentada no Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em ensino de Ciências.

Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática

Orientador: Prof. Dr. Deividi Marcio Marques

UBERLÂNDIA  
2021

IAGO FERREIRA ESPIR

PROPOSTA DE ENSINO DE TABELA PERIÓDICA: UMA  
ABORDAGEM ALTERNATIVA A PARTIR DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA

Dissertação submetida a banca de qualificação para obtenção do título de mestre no Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Uberlândia.

Uberlândia, xx de Março de 2021

---

Prof. Dr. Deividi Marcio Marques – IQUFU (orientador)

---

Profa. Dra. Anelise Grünfeld de Luca – IFC

---

Prof. Dr. Helder Eterno da Silveira – IQUFU

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

E77 2021	<p>Espir, Iago Ferreira, 1995- Proposta de Ensino de Tabela Periódica [recurso eletrônico] : Uma Abordagem Alternativa a Partir da História da Ciência / Iago Ferreira Espir. - 2021.</p> <p>Orientador: Deividi Marcio Marques. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Modo de acesso: Internet. Disponível em: <a href="http://doi.org/10.14393/ufu.di.2021.265">http://doi.org/10.14393/ufu.di.2021.265</a> Inclui bibliografia. Inclui ilustrações.</p> <p>1. Ciência - Estudo ensino. I. Marques, Deividi Marcio, 1979-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 50:37</p>
-------------	--

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
 Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática  
 Av. João Naves de Ávila, nº 2121, Bloco 1A, Sala 207 - Bairro Santa Mônica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902  
 Telefone: (34) 3230-9419 - www.ppgecm.ufu.br - secretaria@ppgecm.ufu.br



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	ensino de ciências e matemática				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Profissional PPGECM				
Data:	06 de abril de 2021	Hora de início:	14:00	Hora de encerramento:	16:40
Matrícula do Discente:	11812ECM010				
Nome do Discente:	Iago Ferreira Espir				
Título do Trabalho:	PROPOSTA DE ENSINO DA TABELA PERIÓDICA: UMA ABORDAGEM ALTERNATIVA A PARTIR DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA				
Área de concentração:	Ensino de Ciências e Matemática				
Linha de pesquisa:	Ensino e Aprendizagem em Ciências e Matemática				
Projeto de Pesquisa de vinculação:					

Reuniu-se por meio de webconferência (Google Meet), a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, assim composta: Professores Doutores: Helder Eterno da Silveira - IQUFU; Anelise Grünfeld de Luca - Instituto Federal Catarinense - Campus Araquari; Deividi Marcio Marques (IQUFU) - orientador do candidato.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, Dr. Deividi Marcio Marques, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato, agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Deividi Marcio Marques, Presidente**, em 06/04/2021, às 17:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Helder Eterno da Silveira, Professor(a) do Magistério Superior**, em 06/04/2021, às 17:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Anelise Grünfeld de Luca, Usuário Externo**, em 04/05/2021, às 09:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **2686944** e o código CRC **91684801**.

---

## **DEDICATÓRIA**

A Deus, que me sustentou quando eu só queria desistir.  
À professora Maria Stela da Costa Gondim, que muito contribuiu com o trabalho  
À Maria Aparecida de Lima Silva, sem ela não poderia nem ter começado essa jornada  
Deus as tenha

“Não se conhece completamente uma ciência enquanto não se souber da sua história.”

Auguste Comte



## RESUMO

A pesquisa apresenta uma proposta de sequência didática (SD) para aulas de Química em turmas de primeiro ano do Ensino Médio de uma escola pública em Uberaba-MG sobre o conteúdo Tabela Periódica (TP) valendo-se de aspectos da sua história, elaborando um produto educacional possível de se reproduzir ou ser usado como auxílio por qualquer professor. Dessa forma, realizou-se uma pesquisa que se propôs a uma reflexão sobre o chamado “ensino tradicional” da TP e, a partir disso, montar uma abordagem alternativa usando a História da Ciência (HC). A pesquisa se dividiu entre: buscar, mediante revisão bibliográfica, uma visão mais apurada da construção/ desenvolvimento da TP, bem como seu uso para descrever a Lei Periódica e estudar as Propriedades Periódicas; fazer, também mediante revisão bibliográfica, uma análise do uso da HC em aulas de Química; elaborar, a partir da compreensão da profundidade sobre a TP e da interface entre HC e Ensino de Química, uma proposta de SD para as aulas de TP com uma abordagem que utilize a HC. Com isso, apresenta-se uma abordagem mais profunda e contextualizada para as aulas de TP. Por conta do período de pandemia do SARS-CoV-2 desde março de 2020 as aulas em Minas Gerais ocorreram de forma remota, o que influenciou na execução da SD e no percentual de alunos que participaram de todas as atividades propostas; ainda assim, a SD pôde contribuir para 1) os alunos terem melhor compreensão dos conceitos trabalhados ao verem sua elaboração e transformação ao longo do tempo; 2) os alunos entenderem o fazer científico e; 3) os alunos terem uma visão mais humana dos cientistas, tendo-os como sujeitos que vivem em épocas e contextos próprios.

Palavras-chave: Ensino de Química. Tabela Periódica. História da Ciência.

## ABSTRACT

The research presents a didactic sequence proposal (SD) for Chemistry classes in first year classes of High School of a public school in Uberaba-MG on the content Periodic Table (TP) using aspects of its history, elaborating an educational product that can be reproduced or used as an aid by any teacher. In this way, a research was carried out that proposed a reflection on the so-called “traditional teaching” of TP and, from that, mount an alternative approach using the History of Science (HC). The research was divided between: seeking, through bibliographic review, a more accurate view of the construction / development of TP, as well as its use as a tool to describe the Periodic Law and study the Periodic Properties; do, also through bibliographic review, an analysis of the use of HC in Chemistry classes; to elaborate, based on the understanding of the depth about TP and the interface between HC and Chemistry Teaching, a proposal for SD for TP classes with an approach that uses HC. With this, a deeper and more contextualized approach to TP classes is presented. Due to the SARS-CoV-2 pandemic period since March 2020, classes in Minas Gerais took place remotely, which influenced the execution of the SD and the percentage of students who participated in all the proposed activities; even so, SD was able to contribute to 1) students have a better understanding of the concepts worked on seeing their elaboration and transformation over time; 2) students understand scientific practice and; 3) students have a more human view of scientists, having them as subjects who live in their own times and contexts.

Key words: Teaching Chemistry. Periodic Table. History of Science

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. A HISTÓRIA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE QUÍMICA	12
2.1. A HISTÓRIA DA QUÍMICA NO CURRÍCULO NACIONAL	13
2.2. A PESQUISA EM HISTÓRIA DA CIÊNCIA E ENSINO DE QUÍMICA	16
3. A TABELA PERIÓDICA	18
3.1. ASPECTOS HISTÓRICOS DA TABELA PERIÓDICA	20
3.1.1. PRIMEIRAS ORGANIZAÇÕES	21
3.1.2. LOTHAR MEYER E DMITRI MENDELEEV	23
3.1.3. AS PREVISÕES DE MENDELEEV	26
3.1.4. HENRY MOSELEY	31
3.1.5. A TABELA PERIÓDICA COMO CONHECEMOS HOJE	34
3.2. A TABELA PERIÓDICA NO ENSINO DE QUÍMICA	34
4. METODOLOGIA	39
5. SEQUÊNCIA DIDÁTICA PROPOSTA	43
5.1. DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	43
5.2. DETALHAMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	45
5.3. RESULTADOS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA E DISCUSSÃO	48
5.3.1. EM RELAÇÃO À SEQUÊNCIA DIDÁTICA	49
5.3.2. EM RELAÇÃO À ORGANIZAÇÃO DAS RESPOSTAS DOS ALUNOS	52
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
REFERÊNCIAS	64
APÊNDICE A	67
APÊNDICE B	88
APÊNDICE C	89

## 1. INTRODUÇÃO

O Ensino de Química aparenta ser, a cada dia, mais desafiador para quem se propõe ao exercício desta função, uma vez que o mundo passa por contínuas mudanças na forma como conhecimentos e informações são construídos, transmitidos e assimilados por todos. Na era da tecnologia “[...] ele [o professor] necessita se reinventar para tornar suas aulas atrativas e eficazes na aprendizagem dos alunos.” (SILVA, 2019, p. 14). Com o avanço tecnológico causado pela Globalização os alunos possuem acesso rápido e fácil (e nem sempre confiável) a qualquer tipo de informação, até mesmo relacionado aos conteúdos vistos em sala de aula. Desta forma, a função do professor deixa de ser somente ensinar conteúdos e passa a ter a função de servir como uma ferramenta que contribua para uma diferente leitura de mundo à nossa volta (CUNHA, 2019).

O “desafio da profissão” se torna mais evidente ao considerar que a natureza do trabalho do professor de Química é incorporar os alunos num mundo que, para eles, parece totalmente abstrato e teórico (se é que eles conhecem os significados de tais termos), assim como as especificidades apresentadas pela Química na representação de fenômenos e substâncias. Segundo Cunha (2019, p. 17), é necessário repensar as estratégias de ensino que levem o aluno a reconhecer e saber utilizar tal linguagem, uma vez que a “[...] memorização indiscriminada de símbolos, fórmulas e nomes de substâncias precisam ser evitadas, já que não contribuem para o desenvolvimento de competências e habilidades desejáveis no ensino médio”. Desta forma, alternativas precisam ser buscadas.

Dentre os exemplos de conceitos e conteúdos na Química que parecem ser historicamente trabalhados de forma memorizada, ou similar, a autora destaca as aulas sobre a Tabela Periódica (TP). Para Penteado, Oliveira e Zacharias (2010, p. 3), o ensino de TP é “[...] um caso bem particular do ensino tradicional de Química, onde os alunos, por vezes, deparam-se com a árdua tarefa de ter que decorar os nomes dos elementos químicos e as propriedades periódicas, tornando este processo muito cansativo e massacrante”. Os autores deixam a entender que essa forma de se trabalhar esse conteúdo deveria ser repensada, uma vez que a Tabela é importante ao estudo da Química, sendo uma representação gráfica de “[...] uma Lei Periódica que observa regularidades na variação de propriedades físicas e químicas dos diferentes elementos” (TARGINO; BALDINATO, 2016, p. 3).

Para contribuir com uma visão mais interessante e desafiadora das aulas de Química (e, no caso específico do presente trabalho, as aulas sobre TP), surge a possibilidade de se

incorporar a História da Química (HQ) tanto à elaboração de aulas quanto como parte integrante das próprias aulas. Ela é, inclusive, referendada por documentos oficiais relacionados à formação dos professores e ao ensino de Química para os planejamentos de aulas na Educação Básica, uma vez que ela é um facilitador tanto para uma melhor compreensão do surgimento e do desenvolvimento de um conceito quanto para a compreensão da natureza da ciência em si (CALLEGARIO *et. al.*, 2015).

Em um trabalho anterior (ESPIR, EPOGLOU e MARQUES, 2019) notamos, a partir de uma observação dos documentos que regem/regeram os conteúdos estudados nas aulas de Química no Ensino Médio, que existe uma preocupação com o fator histórico a ser abordado nessas aulas. Analisando os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o Ensino de Química, por exemplo (documento regente na época da pesquisa realizada pelos autores), percebeu-se a preocupação com a forma como os alunos entendem a Química. Segundo o documento, o conhecimento químico não deve ser entendido – e, conseqüentemente, não deve ser apresentado também – como um conjunto de ideias prontas e acabadas; antes, tal conhecimento “[...] é uma construção da mente humana, em contínua mudança” (BRASIL, 2000, p. 31). É neste momento que a História da Química aparece, como parte do conhecimento socialmente produzido e que deve permear todas as etapas do Ensino de Química, “[...] para possibilitar aos alunos esta compreensão do processo de elaboração do conhecimento químico, ‘com seus avanços, erros e conflitos’” (ESPIR, EPOGLOU e MARQUES, 2019, p. 2).

Com isso temos a problemática: Como propor uma sequência didática que seja alternativa ao ensino convencional da Tabela Periódica, valorizando o seu contexto de elaboração ao longo da história? Pela importância atribuída à TP por parte dos químicos em geral e pela própria IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada) e considerando as pontuações acima feitas ao uso da História da Química no Ensino de Química, surge o presente trabalho com o objetivo de **propor, aplicar e avaliar uma sequência didática sobre a Tabela Periódica tendo como viés a História da Química**, sendo esta sequência didática (SD) elaborada de forma a ser um produto educacional que possa ser reproduzido ou adaptado por qualquer professor de Química que tenha acesso a tal material. O momento para realização do trabalho se mostra propício, uma vez que o ano de 2019 foi proclamado pela UNESCO como o *Ano Internacional da Tabela Periódica (International Year of Periodic*

*Table of Chemical Elements*, em inglês, tendo como sigla IYPT 2019)<sup>1</sup>, como será melhor discutido em uma seção própria para a TP.

Para a realização deste trabalho, atuando como professor de Química de uma escola pública da rede estadual em Uberaba-MG, foi feita uma reflexão acerca do chamado “ensino tradicional” da TP, descrito como “[...] uma abordagem superficial, anacrônica e descontextualizada” (CUNHA, *op cit.*, p. 17 e 18). Em contrapartida, buscou-se uma visão mais aprofundada que é o centro do trabalho (a Tabela Periódica), fazendo uma seção de sua apresentação, junto aos aspectos históricos por trás de sua construção/ desenvolvimento (observando os contextos históricos entrelaçados a este desenvolvimento) e fazendo uma busca bibliográfica sobre diferentes abordagens da Lei Periódica (e, conseqüentemente, da TP), com ênfase em trabalhos que foquem numa abordagem histórica da TP. Por fim, é apresentada uma breve reflexão sobre a abordagem da TP nos livros didáticos de Química.

Para trazer uma ideia da relação entre História da Química e o Ensino de Química, buscou-se uma revisão de trabalhos e artigos que mostrem o uso dessa abordagem nas aulas de ensino médio, além de observar o que os documentos oficiais de formação de professores e orientações para aulas de Química de Ensino Médio trazem de importância da HQ para as aulas na Educação Básica. Além disso, é feita uma consideração sobre a formação dos professores de Química e a HQ com o intuito de termos uma noção de como essa relação entre a História e o Ensino de Química influencia os docentes em geral. Com isso é pretendido ter uma base histórica e pedagógica sólida para o planejamento da sequência didática.

---

<sup>1</sup>2019 - Ano Internacional da Tabela Periódica dos Elementos Químicos. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/pt/brasil/pt/about-this-office/prizes-and-celebrations/2019-international-year-of-the-periodic-table-of-chemical-elements/>>. Acesso em: dezembro de 2020.

## 2. A HISTÓRIA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE QUÍMICA

A História da Ciência (de forma geral, assim como a História da Química, especialmente no nosso caso) se firmou nos últimos anos como parte importante da formação dos profissionais da área de Química (ESPIR, EPOGLOU e MARQUES, 2019). Tanto para o bacharel quanto para o licenciado essa área do conhecimento é vista como de suma importância para a formação de profissionais capazes de “questionar situações, sistematizar problemas e buscar criativamente soluções” (BRASIL, 2001, p. 2). Como visto em trabalho anterior, é possível perceber que a HQ se mostra mais importante na Licenciatura, uma vez que vários documentos relativos à formação de professores de Química e ao Ensino de Química na educação básica apresentam, em seus objetivos e recomendações, algum tópico relacionado à História da Química, como os PCN e os PCN+.

É destacado por Silva (2019, p. 18) que também temos no século XXI o desafio de “[...] deixar suas aulas atrativas desmistificando que a disciplina é movida por fórmulas e cálculos, fazendo com que o aluno tenha uma aprendizagem efetiva”. Considerando a importância dada pelos documentos que regem o Ensino de Química para a História da Química acredita-se que esta área do conhecimento pode nos ajudar nessa desmistificação, uma vez que “a História da Química é o estudo da (s) forma (s) de elaboração, transformação e transmissão de conhecimentos sobre a natureza, as técnicas e as sociedades, em diferentes épocas e culturas” (BELTRAN, SAITO e TRINDADE, 2014, p. 15); ou seja, é esta que nos ajuda a compreender e contextualizar o conhecimento, além de “desmistificar” este conhecimento. Ainda em consenso com Silva, acreditamos que:

[...] A utilização da História da Ciência nas aulas de química seria uma forma diferente de mostrar para os alunos como funciona o “fazer científico”, que os nomes citados nos Livros Didáticos (LD) foram de pessoas comuns como nós, que sofrem influência direta do meio em que vive. A maneira como esses nomes são tratados nos LD nos dá a impressão de que eles viviam sozinhos e isolados da sociedade, assim como afirma Martins (2008), que nos dá a falsa impressão de que a ciência é algo fora do nosso tempo, que ela surge de forma mágica e que está isolada das outras atividades humanas. (SILVA, 2019, p. 18).

Com o uso da HQ é possível fazer o aluno despertar interesse, curiosidade no conhecimento científico, nos cientistas e perceber que estes conhecimentos não surgem isolados da sociedade; antes surgem a partir da vivência e percepção que estes cientistas têm na/da sociedade, as pessoas e acontecimentos que influenciaram nessa construção, que havia outras pessoas trabalhando nisso, e não apenas uma pessoa isolada do mundo etc. Em suma,

segundo dito por Matthews (1995, p. 2), “[...] a História, a Filosofia e a Sociologia da Ciência não têm todas as respostas [...]”, mas é possível, a partir delas, ao menos “[...] humanizar as ciências, e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade [...]”, além de tornar as aulas “[...] mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico [...]”, entre outras coisas.

## 2.1. A HISTÓRIA DA QUÍMICA NO CURRÍCULO NACIONAL

As Diretrizes Nacionais para os Cursos de Química colocam a capacidade de “reconhecer a Química como uma construção humana e compreender os aspectos históricos de sua produção e suas relações com os contextos culturais, socioeconômico e político” (BRASIL, 2001, p. 6) como algo fundamental tanto para um licenciado quanto para bacharel em Química. Quando aprofundam a discussão para a formação pessoal dos licenciados, percebemos a orientação para que os profissionais da área sejam formados para terem “[...] uma visão crítica com relação ao papel social da Ciência e à sua natureza epistemológica, compreendendo o processo histórico-social de sua construção” (BRASIL, 2001, p. 2).

Vale salientar que essa busca por uma abordagem mais histórica no Ensino de Química não é algo recente. Como apontado por Marques (2015), desde a Reforma Educacional de 1931, chamada também de *Reforma Francisco Campos*<sup>2</sup>, que temos um apontamento para a necessidade da “introdução de elementos da História da Química” (*ibid.*, p. 2) nas aulas de Química, mesmo que em uma visão positivista da Ciência:

Ao professor ainda compete referir, abreviadamente a propósito das descobertas mais notáveis na química, a evolução dos conhecimentos fundamentais através do tempo, revelando aos alunos os grandes vultos da história, a cuja tenacidade e intuição deve a civilização contemporânea, além da satisfação espiritual de dilatar o conhecimento do mundo objetivo, o concurso dos processos químicos em benefício da saúde, das comodidades da vida, da defesa e do desenvolvimento das nações (CAMPOS, 1942, *apud* MARQUES, 2015, p. 2)

Percebe-se, então, que já se via a História da Química como importante no contexto da escolarização brasileira, sendo ela a responsável por mostrar aos estudantes “[...] como se daria os avanços, as descobertas e a “evolução” das ideias que resultariam nos últimos conhecimentos a serem ensinados” (MARQUES, 2015, p. 2). Tal visão era coerente com o pensamento historiográfico da época que, segundo Beltran (2013, *apud* MARQUES, 2015), era buscar no passado os subsídios para confirmar os conhecimentos tidos como certos no

---

<sup>2</sup> Segundo o autor, essa reforma foi importante, para o ensino de Química, pois este passou a ser ministrado de forma regular no Ensino Secundário a partir dela.



presente, nomeando os precursores (os “pais”) de cada área. Só vemos novas perspectivas sobre o uso da História da Ciência no Ensino a partir da década de 1960, aonde vemos o surgimento de pesquisas em Ensino de Ciências, a adequação das teorias de Vygotsky e Piaget (dentre outros) para o ensino etc. Matthews (1995) nos mostra que essas discussões não eram um privilégio do contexto educacional brasileiro, sendo que já havia discussões de natureza similar para a construção de currículos educacionais em países como Estados Unidos, Países Baixos, Dinamarca e os países da Grã-Bretanha.

Como apontado em trabalho anterior (ESPIR, EPOGLOU e MARQUES, 2019), os PCN<sup>3</sup>, hoje, trazem uma ideia de que o ensino de Química deva acontecer de forma que se mostre a Química como uma construção da mente humana em contínua mudança. Ainda destacamos, ao olhar as Orientações Complementares ao PCN (PCN +), que existe uma preocupação de que o aluno tenha compreensão e domínio da contextualização sociocultural, sendo isto a “inserção do conhecimento disciplinar nos diferentes setores da sociedade, suas relações com os aspectos políticos, econômicos e sociais de cada época e com a tecnologia e cultura contemporâneas” (BRASIL, 2002, p. 88 a 89).

Com isso, podemos afirmar que a elaboração de aulas de Química pelo viés histórico é de grande importância na construção desta compreensão e domínio da contextualização sociocultural. Além disso, conforme Acevedo-Díaz, García-Carmona e Aragão (2017, p. 141), a HC também é adequada para ensinar o que os autores chamam de natureza da Ciência, uma vez que ela “mostra de maneira explícita os aspectos da natureza da Ciência e permite uma reflexão crítica sobre eles”.

Percebemos um paradoxo quando comparamos esta situação apresentada e o que encontramos nos cursos de formação de professores em Química (pelo menos até há poucos anos). É destacado por Zanon (2004, *apud* MARQUES, 2015, p. 3 e 4) que a formação da maioria dos professores no Brasil é (era) feita de forma decorrente da visão positivista, focando na formação do que é chamado pela autora de técnicos em ciências capazes de resolver os mais variados problemas por aplicação de técnicas e teorias baseadas num método. Não há, ou não havia, salvo exceções de cursos que passaram por reformas na sua estrutura curricular, uma integração entre os conhecimentos científicos e o saber escolar, já que estes muitos cursos de formação eram estruturados de forma a termos um enfoque nas disciplinas específicas e só na segunda metade do curso os alunos passavam a ter contato com as disciplinas para a formação pedagógica.

---

<sup>3</sup> Até onde se consta, os PCN ainda estão em vigência, não tendo sido substituídos pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Um problema consequente desta situação é destacado ainda por Marques, que é o desinteresse que muitos alunos destes cursos passam a apresentar pelas disciplinas pedagógicas (e até mesmo as que poderiam trabalhar uma contextualização histórica) por chegarem neste estágio final de curso já envolvidos com pesquisas e estágios em diversos ramos, exceto o ensino. Com isso, muitos destes alunos acabam perdendo a oportunidade “[...] de unir os conceitos científicos aprendidos nas disciplinas específicas, aliados às discussões históricas a respeito destes mesmos conceitos, às disciplinas pedagógicas, para refletirem sobre sua formação docente [...]” (MARQUES, 2015, p. 5). Dessa forma ou os alunos migram para o bacharelado ou se tornam os professores que, segundo Carvalho e Gil-Perez (2011, p. 21 e 22), apenas fazem uma transmissão mecânica dos conteúdos do livro-texto.

Outro problema que podemos encontrar é o de professores “mal-preparados historicamente”, uma vez que, nos cursos de formação docente, a HQ pode aparecer de forma tradicionalista ou não aparecer (MARQUES, 2015). Ainda que possamos encontrar professores que usem a HQ para “[...] “ilustrar” os conceitos a serem ensinados [...]”, muitos “[...] fazem tal prática de forma equivocada ou, ainda, baseada na pseudo- História da Ciência<sup>4</sup> tal como é apresentada nos livros e manuais didáticos [...]” (TERNES, 2009, *apud* MARQUES, 2015, p. 9). Com isso percebemos o paradoxo acima citado: a História da Química é “bem vista” no processo de planejamentos de aulas, porém muitos professores e licenciandos em química não são satisfatoriamente preparados ou não possuem interesse para dar aulas com uma abordagem histórica que seja realmente eficiente. Assim, cria-se o problema citado por Cunha<sup>5</sup> (2019) do ensino tradicional de Química de gravar e reproduzir conteúdos, nomes, fórmulas e equações.

A solução que podemos pensar para este problema pode ser a incorporação da História da Ciência no Ensino. Marques afirma que já há importantes diálogos entre historiadores da Ciência e pesquisadores da Educação para a criação desta interface, embora ainda haja alguns equívocos sobre a forma da abordagem historiográfica. Para isto, “é necessária a presença de um professor com formação específica em História da Ciência nos cursos de formação de professores” (2015, p. 14 e 15), a fim de construir estes diálogos, esse trabalho conjunto com os conhecimentos específicos e pedagógicos, ainda “na base”. Assim, pode-se fazer uma propagação do uso adequado da HQ em nossas aulas, “[...] priorizando o envolvimento do

---

<sup>4</sup> Informações, fatos ou factoides que não têm um estudo embasado na História da Ciência, mas que é usado como se o fosse.

<sup>5</sup> Como já citado na introdução

aluno com o contexto estudado, para que fosse dessa maneira alcançada com eficácia a aprendizagem do aluno” (SILVA, 2019, p. 22).

## 2.2. A PESQUISA EM HISTÓRIA DA CIÊNCIA E ENSINO DE QUÍMICA

Fazendo levantamentos em revistas, anais de eventos e outros produtos acadêmicos, é possível encontrar pesquisas sobre uma interface entre História da Ciência e Ensino de Química, assim como grupos de pesquisa na área também já são comuns (ESPIR, EPOGLOU e MARQUES, 2019). Desde 1985 temos a Revista Brasileira de História da Ciência, da Sociedade Brasileira de História da Ciência (SBHC)<sup>6</sup>, mas com o tempo cada vez mais trabalhos têm surgido, como, por exemplo, a Revista Eletrônica em História da Ciência e Ensino<sup>7</sup>, que surgiu em 2010 a partir de diversas propostas e inovações de trabalhos, minicursos e apresentações de pesquisas. Além disso, já é observável nas últimas edições de eventos de Ensino de Química seções destinadas a pesquisas em História e Filosofia da Ciência (ESPIR, EPOGLOU e MARQUES, 2019).

Em busca realizada por trabalhos e pesquisas em periódicos que lidam com a interface entre História da Ciência e ensino de Química (mais especificamente os acima citados, no período de 2013 em diante<sup>8</sup>) encontra-se um considerável número de pesquisas e propostas de sequências didáticas na área. Martorano, Carmo e Marcondes (2013), por exemplo, relatam uma experiência de uso de um documento histórico, com descrições de estudos de um cientista – Ludwig Ferdinand Wilhelmy, que estudou a relação entre velocidade de reação e concentração com uma reação de inversão de sacarose, usando ácido nítrico como catalisador e aproveitando as diferentes polarizações da luz que cada isômero do açúcar causa. O objetivo da abordagem foi focar no contexto do desenvolvimento do conceito, por uma consideração à grande dificuldade que os alunos da educação básica têm para entender o conceito de velocidade de uma reação química, principalmente na interpretação dos dados experimentais, ou seja, na interpretação e entendimento do fenômeno.

Barp (2013) também nos traz uma experiência com o uso de textos como forma de contextualização histórica na abordagem do tema radioatividade. A autora começa com uma

---

<sup>6</sup> Sociedade Brasileira de História da Ciência. Revista Brasileira de História da Ciência. Página Inicial. Disponível em: <[https://www.sbhc.org.br/revistahistoria/view?ID\\_REVISTA\\_HISTORIA=64](https://www.sbhc.org.br/revistahistoria/view?ID_REVISTA_HISTORIA=64)>. Acesso em: fevereiro de 2021.

<sup>7</sup>PUC-SP. História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces. Página inicial. Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/hcensino/index>>. Acesso em: fevereiro de 2021.

<sup>8</sup> Ano em que o autor desta dissertação entrou no ensino superior e, conseqüentemente, passou a demonstrar mais interesse nessa área de pesquisa.

roda de conversa para levantar concepções prévias dos alunos sobre o assunto; em seguida usa um texto “Como Becquerel não Descobriu a Radioatividade”, a fim de contextualizar os estudos do casal Curie a partir dos estudos de Becquerel; por fim, foram feitas duas aulas de discussão, com perguntas preestabelecidas para uma roda de conversa, de forma a abordar o que os alunos compreenderam a partir da leitura do texto, principalmente o que mudou de suas concepções prévias de antes do texto para esse momento pós-leitura.

Com esta abordagem, Barp busca não apenas discutir sobre radioatividade, como também trabalhar com concepções alternativas tidas pelos alunos acerca da Ciência (considerando o que faz sentido para eles em vez daquilo que é aceito pela comunidade científica), como a ideia de que na Ciência há os heróis que chegam à verdade e os vilões que erram o caminho, a ideia de que há um patrono, ou pai, para cada área da Ciência, que os cientistas do passado não se enganavam e chegavam exatamente às ideias que hoje são aceitas, entre outras. Segundo a autora, a partir dos depoimentos e das conversas com os alunos, a abordagem realizada foi fundamental para os alunos entenderem que, sem os experimentos de Becquerel (mesmo tendo cometido falhas), dificilmente haveria o interesse de outros cientistas em estudar o assunto, inclusive Marie Curie. De forma semelhante, pelo fato de Becquerel ter despertado o interesse de vários cientistas no assunto (segundo a autora, isso pôde ser percebido na leitura do texto), qualquer outra pessoa poderia ter descrito a radioatividade, não necessariamente o casal Curie. Com essa estratégia, além de ensinar radioatividade, trabalhou-se com as concepções dos alunos sobre a própria ciência.

Os trabalhos comentados são dois exemplos dos muitos registros na área, focando apenas na HC no Ensino de Química. O leque fica ainda maior se ampliarmos a buscas para o ensino de todas as áreas das chamadas Ciências da Natureza<sup>9</sup>. Ainda é possível citar alguns materiais em forma de livros feitos para contribuir com os interessados na área. Beltran (2014) trouxe o livro *História da Ciência para formação de professores* como um auxílio para professores de disciplinas como História da Química em cursos de graduação em Química (normalmente oferecidos como obrigatórias para a licenciatura). Já olhando para auxílio aos professores de Química da educação básica, Freitas-Reis (2015) organiza um trabalho de várias sugestões de inserção de História da Ciência em aulas de Ensino Médio, o livro *Estratégias para Inserção da História da Ciência no Ensino*. Estas e outras atividades já surgem como auxiliares para a (difícil) tarefa da utilização da História da Ciência no ensino de Química.

---

<sup>9</sup> Usamos a divisão de conteúdos adotada no ENEM, onde *Ciências da Natureza* significa Química, Física e Biologia. Este critério foi adotado por ser já usado no ambiente escolar que o autor está inserido.

### 3. A TABELA PERIÓDICA

A Tabela Periódica dos Elementos Químicos é considerada por muitos autores como uma das realizações mais significativas da Ciência, captando a essência não só da Química, mas também da Física e da Biologia. Pode ser descrita como: “uma ferramenta única, permitindo ao cientista prever a aparência e as propriedades da matéria na Terra e no resto do Universo”<sup>10</sup>. Basicamente, é uma “[...] representação gráfica da Lei Periódica” (TARGINO; BALDINATO, 2016, p. 1). Vale destacar que *Tabela Periódica* e *Lei Periódica* não são sinônimos, sendo que a primeira é um esquema usado para representação e compreensão da segunda. Como dito por Targino e Baldinato (2016, p. 3), a Tabela Periódica “[...] representa um produto estilístico cujo desenvolvimento pressupõe a existência de uma lei periódica, que observa regularidades na variação de propriedades físicas e químicas dos diferentes elementos”.

Por Lei Periódica entendemos justamente essas regularidades na variação de propriedades físicas e químicas dos elementos químicos. Tolentino, Rocha-Filho e Chagas (1997) nos trazem um estudo de aspectos históricos da classificação periódica dos elementos, destacando que alguns cientistas começaram a perceber, após os trabalhos de Lavoisier, relações entre propriedades dos elementos e seu peso atômico. Os autores trazem os trabalhos de vários cientistas que buscaram uma forma de entender e demonstrar essa relação e, ao falar do trabalho de Dmitri Mendeleev, temos a Lei Periódica apresentada como: “As propriedades das substâncias simples, a constituição de seus compostos, assim como as propriedades desses últimos, são uma função periódica dos pesos atômicos dos elementos” (TOLENTINO, ROCHA-FILHO e CHAGAS, 1997, p. 6).

Com o avanço e uma sistematização rigorosa dos estudos dos elementos químicos e de seus compostos algumas mudanças foram surgindo na compreensão da Lei Periódica, sendo a mais significativa a mudança do periodismo em função dos pesos atômicos para o periodismo em função dos números atômicos dos elementos químicos (TOLENTINO, ROCHA-FILHO e CHAGAS, 1997, p. 8), muito em função dos trabalhos de Henry Moseley (de 1910 a 1914)<sup>11</sup>, que estudou a emissão de raios X proveniente do bombardeamento de átomos de diferentes elementos químicos por um feixe de elétrons acelerados por um campo elétrico e, nisso,

---

<sup>10</sup> Descrição da UNESCO. In: UNESCO, Ano Internacional da Tabela Periódica. Disponível em: <<https://www.iypt2019.org/about>>. Acessado em dezembro de 2020.

<sup>11</sup> Os trabalhos de Moseley se concentram nessa pequena faixa de tempo porque em 1914 ele se alistou para servir o Exército Britânico na Primeira Guerra Mundial. Faleceu na Batalha de Gallipoli em agosto de 1915, vítima de uma bala na cabeça.

percebeu que havia uma emissão de raios X característica para cada elemento. Relacionando o número de ordem de um elemento na Tabela Periódica da época com a raiz quadrada do inverso da frequência da radiação emitida, ele obtinha uma relação linear. Esse número de ordem passou a ser conhecido como o número atômico e foi posteriormente relacionado com o número de cargas positivas encontradas no núcleo do átomo (hoje, chamadas de *prótons*).

Ao longo do texto os autores nos mostram que esses cientistas sempre demonstravam graficamente suas ideias, na maioria das vezes por meio de tabelas; por isso usamos hoje uma Tabela Periódica para demonstrar a Lei Periódica. Só das publicações de Mendeleev nos são apresentadas quatro versões diferentes, sendo a última chamada de *Versão Moderna da Tabela de Mendeleev*. Atualmente utilizamos a Tabela Periódica dos Elementos Químicos dividida entre 18 colunas, chamadas de *grupos* e 8 linhas, chamadas *períodos*, conforme a representação abaixo<sup>12</sup> (figura 1):

Figura 1: Tabela Periódica dos Elementos Químicos atualizada pela IUPAC em dezembro de 2018 (última atualização).

**IUPAC Periodic Table of the Elements**

1 H Hydrogen 1.008	2 He Helium 4.0026											13 B Boron 10.81	14 C Carbon 12.011	15 N Nitrogen 14.007	16 O Oxygen 15.999	17 F Fluorine 18.998	18 Ne Neon 20.180																		
3 Li Lithium 6.941	4 Be Beryllium 9.0122											19 K Potassium 39.098	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.956	22 Ti Titanium 47.88	23 V Vanadium 50.942	24 Cr Chromium 51.996	25 Mn Manganese 54.938	26 Fe Iron 55.845	27 Co Cobalt 58.933	28 Ni Nickel 58.693	29 Cu Copper 63.546	30 Zn Zinc 65.38	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.630	33 As Arsenic 74.922	34 Se Selenium 78.96	35 Br Bromine 79.904	36 Kr Krypton 83.80						
11 Na Sodium 22.990	12 Mg Magnesium 24.305											37 Rb Rubidium 85.468	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.906	40 Zr Zirconium 91.224	41 Nb Niobium 92.906	42 Mo Molybdenum 95.94	43 Tc Technetium 98.906	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 102.91	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silver 107.87	48 Cd Cadmium 112.41	49 In Indium 114.82	50 Sn Tin 118.71	51 Sb Antimony 121.76	52 Te Tellurium 127.60	53 I Iodine 126.91	54 Xe Xenon 131.29						
19 K Potassium 39.098	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.956	22 Ti Titanium 47.88	23 V Vanadium 50.942	24 Cr Chromium 51.996	25 Mn Manganese 54.938	26 Fe Iron 55.845	27 Co Cobalt 58.933	28 Ni Nickel 58.693	29 Cu Copper 63.546	30 Zn Zinc 65.38	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.630	33 As Arsenic 74.922	34 Se Selenium 78.96	35 Br Bromine 79.904	36 Kr Krypton 83.80	37 Rb Rubidium 85.468	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.906	40 Zr Zirconium 91.224	41 Nb Niobium 92.906	42 Mo Molybdenum 95.94	43 Tc Technetium 98.906	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 102.91	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silver 107.87	48 Cd Cadmium 112.41	49 In Indium 114.82	50 Sn Tin 118.71	51 Sb Antimony 121.76	52 Te Tellurium 127.60	53 I Iodine 126.91	54 Xe Xenon 131.29
55 Cs Cesium 132.91	56 Ba Barium 137.33	57-71 La-Lu Lanthanides	72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantalum 180.95	74 W Tungsten 183.84	75 Re Rhenium 186.21	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.22	78 Pt Platinum 195.08	79 Au Gold 196.97	80 Hg Mercury 200.59	81 Tl Thallium 204.38	82 Pb Lead 207.2	83 Bi Bismuth 208.98	84 Po Polonium [209]	85 At Astatine [210]	86 Rn Radon [222]	87 Fr Francium [223]	88 Ra Radium [226]	89-103 Ac-Lr Actinides	104 Rf Rutherfordium [261]	105 Db Dubnium [262]	106 Sg Seaborgium [263]	107 Bh Bohrium [264]	108 Hs Hassium [265]	109 Mt Meitnerium [266]	110 Ds Darmstadtium [267]	111 Rg Roentgenium [268]	112 Cn Copernicium [269]	113 Nh Nihonium [270]	114 Fl Flerovium [271]	115 Mc Moscovium [272]	116 Lv Livermorium [273]	117 Ts Tennessine [274]	118 Og Oganesson [276]
57 La Lanthanum 138.91	58 Ce Cerium 140.12	59 Pr Praseodymium 140.91	60 Nd Neodymium 144.24	61 Pm Promethium [145]	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.96	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.93	66 Dy Dysprosium 162.50	67 Ho Holmium 164.93	68 Er Erbium 167.26	69 Tm Thulium 168.93	70 Yb Ytterbium 173.05	71 Lu Lutetium 174.967	89 Ac Actinium [227]	90 Th Thorium [232]	91 Pa Protactinium [231]	92 U Uranium [238]	93 Np Neptunium [237]	94 Pu Plutonium [244]	95 Am Americium [243]	96 Cm Curium [247]	97 Bk Berkelium [247]	98 Cf Californium [251]	99 Es Einsteinium [252]	100 Fm Fermium [257]	101 Md Mendelevium [258]	102 No Nobelium [259]	103 Lr Lawrencium [260]						

For notes and updates to this table, see [www.iupac.org](http://www.iupac.org). This version is dated 1 December 2018. Copyright © 2018 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.

Fonte: Site da IUPAC<sup>13</sup>

<sup>12</sup> No trabalho de Cunha (2019) nos deparamos com outras representações da Tabela Periódica considerando outros aspectos além da Lei Periódica. Recomendamos a leitura do trabalho da autora para conhecer estas representações “alternativas”; quando houver menção à representação atual da Tabela Periódica nos manteremos na versão padrão da IUPAC.

<sup>13</sup> Disponível em: < <https://iupac.org/what-we-do/periodic-table-of-elements/>>. Acesso em dezembro de 2020.

A Lei Periódica é considerada pela UNESCO e IUPAC uma das conquistas mais importantes e influentes da ciência moderna, que reflete a essência não apenas da química, mas também da física, da biologia e de outras áreas das ciências naturais – e, por causa da importância da Tabela Periódica como uma maneira representar e compreender a Lei Periódica, foi decidido na 74ª Reunião Plenária da Assembleia Geral das Nações Unidas, em 20 de dezembro de 2017 a proclamação do ano de 2019 como o *Ano Internacional da Tabela Periódica (International Year of Periodic Table of Chemical Elements*, em inglês, tendo como sigla IYPT 2019)<sup>14</sup>. A proclamação do ano comemorativo também se dá pelo fato do ano de 1869 ser considerado pelas entidades citadas o ano da descoberta do Sistema Periódico pelo cientista russo Dmitri Mendeleev e, conseqüentemente, o ano de 2019 ser o sesquicentenário da Tabela Periódica dos Elementos Químicos, data comemorada pelo evento.

### 3.1. ASPECTOS HISTÓRICOS DA TABELA PERIÓDICA

Com o avanço da cultura ao longo dos séculos XVII a XIX nos deparamos com um grande impulso no desenvolvimento da Ciência europeia. Tolentino, Rocha-Filho e Chagas (1997) apontam que, além da marcante obra de Newton, passamos a ter obras importantes para outras áreas, como a sistematização da Botânica de Karl von Linneaus, a sistematização dos conhecimentos de Geologia de Leopold Cuvier e a sistematização do saber metódico da Química nos escritos de Antoine Lavoisier. Chama a atenção o fato de existir uma tendência de se estabelecer em várias áreas do conhecimento essa sistematização, chamada pelos autores de “impulso classificatório”. O impulso fica nítido ao percebermos que uma sistematização influencia outras, como a de Linneaus que inspirou a sistematização de nomenclaturas químicas de Guyton de Morveau, Berthollet, Fourcroy e Lavoisier, o que resultou na publicação do *Méthode de Nomenclature Chimique* em 1787 (BROCK, 1992, *apud* TOLENTINO, ROCHA-FILHO e CHAGAS, 1997).

No *Traité Élémentaire de Chimie*, de 1789, Lavoisier já listava os elementos na concepção da época<sup>15</sup> em grupos (1789, *apud* TOLENTINO, ROCHA-FILHO e CHAGAS, 1997): i) substâncias simples pertencentes aos três reinos (mineral, animal e vegetal) e que são considerados como elementos dos corpos, ii) substâncias simples não-metálicas oxidáveis e

---

<sup>14</sup>UNESCO lança o Ano Internacional da Tabela Periódica de Elementos Químicos. UNESCO Office in Brasília, Brasília, 28 de junho de 2019. Disponível em: <[http://www.unesco.org/new/pt/rio-20/single-view/news/unesco\\_launch\\_of\\_the\\_international\\_year\\_of\\_the\\_periodic\\_tabl/](http://www.unesco.org/new/pt/rio-20/single-view/news/unesco_launch_of_the_international_year_of_the_periodic_tabl/)>. Acesso em: dezembro de 2020.

<sup>15</sup> Destacamos que a concepção de elemento químico da época não era exatamente igual à nossa; tanto que na lista de elementos de Lavoisier aparecem a luz e o calor (calórico).

acidificáveis, iii) substâncias simples metálicas oxidáveis e acidificáveis; iv) substâncias simples salificáveis e terrosas<sup>16</sup>. “Substâncias simples” era uma das formas como Lavoisier se referia ao que entendia por elemento químico. Ao longo do seu trabalho também se referiu pelos termos “princípio”, “elemento” e “corpos simples”.

A partir deste ponto percebemos pesquisas na área resultando em vários conhecimentos acumulados, porém sem uma teoria geral que explicasse e sistematizasse tudo. Dentre a segunda metade do século XVIII e o século XIX nos deparamos com o fato de muitos resultados experimentais levarem a grandes generalizações. Proust e Lavoisier, entre outros, sistematizaram conhecimentos sobre reações químicas (chegando às Leis Ponderais), mas não havia uma teoria explicativa para tal, até John Dalton propor uma explicação baseada na hipótese da matéria ser constituída por partículas indivisíveis, chamadas *átomos*. Na mesma época, Gay Lussac estabeleceu as relações volumétricas para reações entre gases e Avogadro usa das ideias de Dalton para explicar os resultados de Gay Lussac e resolveu os problemas surgidos assumindo a hipótese da existência de moléculas. A Teoria Molecular se estabelece no final desse período, seguido da compreensão da importância de pesos atômicos (TOLENTINO, ROCHA-FILHO e CHAGAS, 1997).

Até o momento as classificações de elementos químicos que eram propostas se davam por divisão entre substâncias simples e compostas ou se faziam valer de várias propriedades químicas e físicas das substâncias, porém com o estabelecimento da Teoria Molecular e da importância que o peso atômico ganhou começaram a surgir vislumbres de uma possível relação entre esses pesos e algumas propriedades dos elementos químicos.

### **3.1.1. PRIMEIRAS ORGANIZAÇÕES**

Uma vez que o peso atômico ganhou destaque dentre os trabalhos químicos por conta da Teoria Molecular alguns cientistas começaram a enxergar relações entre tal grandeza e algumas propriedades dos elementos químicos. O primeiro a ter este vislumbre teria sido Johhan Döbereiner, professor em Jena (Alemanha), em 1829. Ele teria percebido que algumas propriedades de um elemento descoberto 3 anos antes, o Bromo, parecia ter propriedades “intermediárias” entre outros dois: o Cloro e o Iodo (ASIMOV, 1975, p. 71). Além disso, o peso atômico do Bromo também parecia ser intermediário dos pesos dos outros dois elementos. Seria uma coincidência? A sequência de seu trabalho mostrou que não. Outros

---

<sup>16</sup> Lembrando que a tabela de Lavoisier era uma listagem apenas, não havendo comparações de propriedades que se repetiam em alguma ordem; portanto, não a consideramos uma tabela periódica.



grupos de três elementos foram caracterizados além do trio Cloro-Bromo-Iodo: Cálcio-Estrôncio-Bário, Enxofre-Selênio-Telúrio, Manganês-Ferro-Cobalto etc. (ASIMOV, 1975, p. 72; TOLENTINO, ROCHA-FILHO e CHAGAS, 1997, p. 2).

Estes grupos de três elementos, chamados por Döbereiner de “Tríades” eram caracterizados pelas semelhanças de propriedades dos elementos e, principalmente, pelo fato do peso atômico do elemento central ser a média da soma dos pesos atômicos dos dois elementos das extremidades. Na época não se chegou a uma explicação para o fato, principalmente por causa da confusão que havia entre peso atômico<sup>17</sup> (proposto pelos atomistas) e peso equivalente<sup>18</sup> (proposto pelos que não assumiram a teoria atômica)<sup>19</sup>.

Além dos trabalhos de Döbereiner tivemos outros cientistas que trouxeram tentativas de organizações dos elementos. Tolentino, Rocha-Filho e Chagas (1997) listam Leopold Gmelin, que propôs novas tríades, além de Pettenkofer, Dumas, Kremers, Gladstone, Cooke, Odling, entre outros. Contudo, os mais notáveis são Odling e Dumas. O primeiro publicou uma classificação de 13 grupos de elementos (a maioria tríades) em 1857, enquanto que o segundo estabeleceu e publicou, em 1851, relações numéricas entre os pesos atômicos de algumas famílias de elementos.

Já Asimov (1975) lembra o trabalho desenvolvido pelo inglês John Newlands, que reparou que, caso os elementos fossem dispostos por ordem crescente de peso atômico, cada oitavo elemento tinha propriedades semelhantes com o elemento “acima” (usando a linguagem musical que inspirou Newlands, “do elemento uma oitava acima”) – relação chamada de “Lei das Oitavas”. O autor também fala dos trabalhos do alemão Alexandre de Chancourtois, que organizou os elementos numa linha espiral em volta de um cilindro, de cima para baixo. Ele dividiu a circunferência do cilindro em 16 partes e mostrou que os elementos com propriedades semelhantes apareciam uns sobre os outros em voltas adjacentes da espiral – representação chamada de “Parafuso Telúrico” (figura 2).

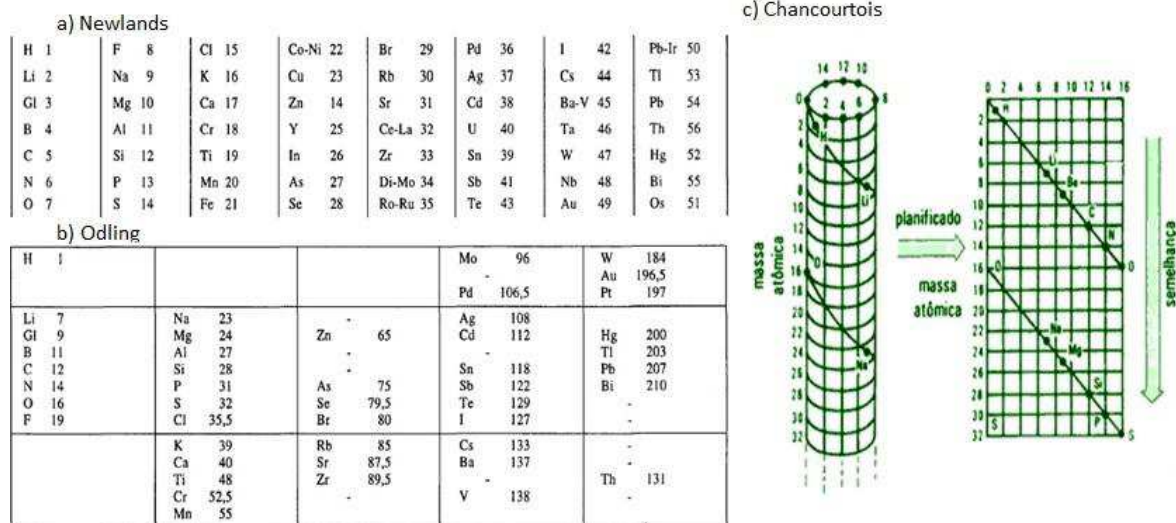
---

<sup>17</sup> *Peso atômico* é o número de vezes que um átomo de um elemento “é mais pesado” que um átomo de Hidrogênio. O peso atômico do H é considerado como a unidade (1 u.m.a), então, por exemplo, o Oxigênio (O), cujo átomo é 16 vezes mais pesado que o átomo de H, possui peso atômico igual a 16 u.m.a. O Cloro, que é 35,5 vezes mais pesado que o H, possui peso atômico igual a 35,5 u.m.a. É uma grandeza equivalente à nossa atual *massa atômica*.

<sup>18</sup> *Peso equivalente* é a massa de uma dada substância que irá combinar com ou deslocar uma quantidade fixa de outra substância. Por exemplo, o peso equivalente de Cloro (Cl) seria a quantidade deste que reagiria com 1g de Hidrogênio (H); por meios experimentais, foi percebido que 35,5g de Cl reagem com 1g de H, então o peso equivalente de Cl = 35,5g.

<sup>19</sup> Em 1829, a ideia do átomo defendida por John Dalton não era aceita por todos os cientistas, uma vez que as dúvidas e especulações sobre a realidade dos átomos eram, em parte, de natureza filosófica e não envolviam aspectos científicos da questão, justificando a alternância entre o ceticismo e a confiança na então chamada hipótese atômica (nem todos consideravam uma teoria, mas sim uma hipótese). Esse problema é central na realização do Congresso de Karlsruhe, citado a seguir.

Figura 2: Representações das tabelas de Newlands (a), Odling (b) e Chancourtois (c), adaptadas



Fonte: Tolentino, Rocha-Filho e Chagas, 1997.

Os contribuintes para a construção da Lei Periódica citados por Tolentino, Rocha-Filho e Chagas (1997) publicaram seus trabalhos num momento anterior na história aos citados por Asimov (1975). A importância desta cronologia é que Chancourtois e Newlands publicaram suas ideias após um marco na história da Química: o Congresso de Karlsruhe. O evento ocorreu em 1860 na cidade homônima na Alemanha e foi o primeiro congresso internacional de Química, que contou com a presença de 140 químicos de vários países (TOLENTINO, ROCHA-FILHO e CHAGAS, 1997). A convocação para este evento ocorreu para se estabelecer uma solução para o problema “peso atômico x peso equivalente”<sup>20</sup>. É neste congresso que Cannizzaro defende uma ideia de peso atômico baseada nas publicações de Amedeo Avogadro e, mesmo que não tendo sido muito ouvido durante o congresso, cópias de seu artigo foram distribuídas por seu amigo Angelo Pavesi. Muitos congressistas leram posteriormente o artigo e passaram a considerar a ideia de peso atômico. Dentre estes leitores encontravam-se dois químicos que se destacariam na área: Lothar Meyer e Dmitri Mendeleev.

### 3.1.2. LOTHAR MEYER E DMITRI MENDELEEV

Após o Congresso de Karlsruhe ter acontecido, as possibilidades de se relacionar propriedades dos elementos com os pesos atômicos ficaram mais evidentes e em pouco tempo

<sup>20</sup> Aparentemente em Karlsruhe não chegaram a um acordo sobre a importância do átomo e qual peso deveria ser usado e vimos uma bifurcação entre os químicos franceses (antiatomistas) e os alemães (atomistas).

cientistas começaram a ensaiar essa relação. Surgiram, assim, trabalhos como a Lei das Oitavas de Newlands e o Parafuso Telúrico de Chancourtois. O primeiro percebe uma ordem dos elementos a cada oito numa sequência crescente de pesos atômicos, assim como as oitavas musicais, comparação que rendeu ao cientista comentários irônicos ao apresentar suas ideias em 1866 na Royal Society<sup>21</sup>. Já o segundo teve dificuldades para divulgar seu trabalho por causa da enfadonha tarefa de representar sua estrutura tridimensional e por sua linguagem mais mineralógica que química – Chancourtois era geólogo.

Neste ambiente de “amadurecimento da ideia da Lei Periódica” que surgem os trabalhos de dois cientistas que acabam ganhando maior destaque e maior reconhecimento pela “descoberta da Lei Periódica”: o alemão Lothar Meyer e o russo Dmitri Mendeleev. Apesar de trabalharem em projetos independentes, ambos propuseram uma disposição dos elementos em tabela, baseada numa repetição regular e periódica das propriedades. Como será visto adiante, por algumas razões os trabalhos de Mendeleev acabaram ganhando mais destaque e o russo recebendo os louros pela “descoberta” da referida lei.

Figura 3: Tabela Organizada por Lothar Meyer em 1872

I								H 1	Li 7,01	Be 9,3
II	B 11,0	C 11,97	N 14,01	O 15,96	F 19,1				Na 22,99	Mg 23,94
III	Al 27,3	Si 28	P 30,46	S 31,98	Cl 35,37				K 39,04	Ca 39,90
IV	? 47?	Ti 48	V 51,2	Cr 52,4	Mn 54,8	Fe 55,9	Co 58,6	Ni 58,6	Cu 64,9	Zn 63,3
V	? 70?	? 72?	As 74,9	Se 78	Br 79,75				Rb 85,2	Sr 87,2
VI	? 88?	Zr 90	Nb 94	Mo 95,6	? 98?	Ru 103,5	Rh 104,1	Pd 106,2	Ag 107,66	Cd 111,6
VII	In 113,4	Sn 117,8	Sb 122	Te 128	I 126,53				Cs 132,7	Ba 136,8
VIII	? 173?	? 178?	Ta 182	W 184	? 186?	Os 198,6	Ir 196,7	Pt 196,2	Au 196,7	Hg 199,8
IX	Tl 202,7	Pb 206,4	Bi 207,6							

Fonte: Tolentino, Rocha-Filho e Chagas (1997)

Lothar Meyer, formado em medicina, foi professor de Química em várias universidades (dentre elas a de Karlsruhe) e se dedicou à área, tendo escrito o livro *Die Modernen Theorien der Chemie* (“As Teorias Modernas da Química”). Ele procurava usar a relação entre propriedades das substâncias e pesos atômicos e calculou o “volume atômico”

<sup>21</sup> Os membros da instituição britânica, que é a comunidade promotora do conhecimento científico do Reino Unido, não acharam a ideia de Newlands muito científica, fazendo piadas com a proposta. A despeito disso, é justamente no trabalho de Newlands que o termo *periódico* aparece na Química.

dos elementos conhecidos (equivalente ao “volume molar” que conhecemos hoje em dia). Ele acumula várias tentativas de organizar suas ideias em uma tabela que refletisse a periodicidade de algumas propriedades dos elementos e publica uma versão (figura 3) na segunda edição de seu livro, datado de 1868, porém só publicado em 1872.

Dmitri Ivanovic Mendeleev foi um químico russo contemporâneo de Meyer, se formou em São Petesburgo, teve a oportunidade de estudar posteriormente em Paris e em Heidelberg (com Robert. W. Bunsen) via bolsas de estudo. Ele participou do Congresso de Karlsruhe (antes de voltar à sua terra natal) e sofreu influência do artigo de Cannizzaro para alguns de seus trabalhos. Assim como Meyer, o russo procurou a relação entre propriedades e pesos atômicos dos elementos químicos enquanto escrevia o livro *Osovykhimi* (“Princípios da Química”). Outros trabalhos dele foram sobre natureza das soluções, temperatura crítica dos gases, natureza do petróleo, entre outros (TOLENTINO, ROCHA-FILHO e CHAGAS, 1997). Ao longo deste período Mendeleev trabalhou como professor de Química primeiro no Instituto Tecnológico de São Petesburgo e depois na Universidade da cidade.

Figura 4:Tabela Periódica publicada por Mendeleev em 1869

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

Fonte: Tolentino, Rocha-Filho e Chagas (1997)

Segundo Asimov (1975), ao trabalhar com as relações periódicas dos elementos, Mendeleev começou seu caminho pelas valências dos átomos dos elementos químicos. Baseado nisso, Mendeleev publicou a sua primeira tabela em 1869, nove anos após ter os

primeiro contato com as ideias de Avogadro. Ainda no mesmo ano o químico russo publica a segunda versão de sua tabela, no livro *Zeitschrift für Chemie* (“Jornal da Química”, em tradução livre), conforme vista acima (figura 4). Segundo o autor, essa nova tabela publicada mostra alguns avanços em relação à primeira, embora não identifique quais são esses avanços<sup>22</sup>.

O que mais chama a atenção são alguns detalhes que aparecem por conta de seu trabalho comparativo de propriedades e pesos atômicos de diferentes elementos. Esta tabela foi baseada em várias propriedades físicas e químicas dos elementos além da valência em óxidos e outros compostos. É possível perceber que a tabela de Mendeleev deixava alguns espaços vazios, o que foi justificado por uma previsão de existência de outros elementos que ainda não haviam sido descobertos. Indo além, a tabela permitia prever as propriedades associadas a alguns desses elementos que Mendeleev defendia não terem sido descobertos, graças à posição que estes ocupariam na tabela (espaços vazios) e às propriedades associadas aos elementos vizinhos. Os fatos de a publicação de Mendeleev ter sido feita um ano antes da publicação de Meyer e, principalmente, a utilidade da tabela de Mendeleev para prever a existência e características de novos elementos fizeram com que seu nome fosse o mais conhecido quando se fala da Lei Periódica (ASIMOV, 1975, p. 76).

### 3.1.3. AS PREVISÕES DE MENDELEEV

As previsões de Mendeleev acerca de novos elementos é, talvez, o ponto mais interessante de seu trabalho. Ao deixar espaços na tabela, Mendeleev predisse a existência de elementos ainda não descobertos, nomeando-os e enumerando algumas características. Por exemplo: à direita do Alumínio e à direita do Silício há dois espaços vazios, destinados a dois elementos a serem descobertos – nomeados por ele de Eka-alumínio e Eka-silício (“eka” significa “um” em sânscrito). Mendeleev descreveu estes futuros elementos como tendo pesos atômicos respectivamente iguais a 68 e a 70, além de outras propriedades químicas e físicas, como características das substâncias elementares formadas por estes elementos, alguns compostos químicos que teriam eles, como óxidos, sais etc., solubilidade desses compostos e prováveis métodos de descoberta (figuras 5 e 6).

---

<sup>22</sup> Essa primeira versão da tabela de Mendeleev não aparece em nenhuma das fontes que foram consultadas para a realização deste trabalho; a tabela mais antiga do químico russo que aparece ou é listada é a segunda tabela, publicada no mesmo ano.

Figura 5: Comparação entre as propriedades previstas para o Eka-alumínio por Mendeleev e as propriedades encontradas para o Gálio por Boisbaudran

<i>Propriedades previstas para o eka-alumínio (Ea), por Mendeleev:</i>	<i>Propriedades encontradas para o gálio (Ga), por Boisbaudran:</i>
Peso atômico cerca de 68	Peso atômico 69,9
Metal de peso específico 5,9; ponto de fusão baixo; não volátil; não afetado pelo ar; deve decompor o vapor d'água quando aquecido ao rubro; deve se dissolver lentamente em ácido e álcalis.	Metal de peso específico 5,94; ponto de fusão 30,15 °C; não volátil a temperaturas moderadas; não alterado ao ar; ação do vapor d'água desconhecida; dissolve-se lentamente em ácidos e álcalis.
Óxido de fórmula $Ea_2O_3$ ; peso específico 5,5; deve se dissolver em ácidos para formar sais do tipo $EaX_3$ . O hidróxido deve se dissolver em ácidos e álcalis.	Óxido de fórmula $Ga_2O_3$ ; peso específico desconhecido; dissolve-se em ácidos, formando sais do tipo $GaX_3$ . O hidróxido dissolve-se em ácidos e álcalis.
Os sais devem ter tendência a formar sais básicos; o sulfato deve formar alumínio; o sulfeto deve ser precipitado por $H_2S$ ou $(NH_4)_2S$ . O cloreto anidro deve ser mais volátil que o cloreto de zinco.	Os sais se hidrolizam facilmente, formando sais básicos; alumínio são conhecidos; o sulfeto é precipitado por $H_2S$ e por $(NH_4)_2S$ sob condições especiais. O cloreto anidro é mais volátil que o cloreto de zinco.
O elemento será descoberto, provavelmente, por análise espectroscópica.	O gálio foi descoberto com o auxílio de um espectroscópio.

Fonte: Tolentino, Rocha-Filho e Chagas (1997)

O primeiro elemento descoberto que tinha propriedades próximas às das previsões de Mendeleev foi o Eka-alumínio, ou, como o conhecemos, Gálio, em 1875 (TOLENTINO, ROCHA-FILHO e CHAGAS, 1997). Paul Émile de Boisbaudran, trabalhando com uma blenda (sulfeto de zinco) nos Altos Pirineus (França) descobriu um elemento submetendo o produto dos tratamentos ao mineral em um espectroscópio e percebendo linhas espectrais desconhecidas. Não conhecendo os trabalhos de Mendeleev e nomeando o elemento de Gálio (homenagem à sua terra natal: Gália), divulgou a descoberta. Chamou a atenção, quando chegou ao *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences*, que o Gálio se tratava do Eka-alumínio, devido a semelhanças entre o divulgado e o que Mendeleev havia predito (figura 5).

Algumas semelhanças também são encontradas quando se comparam outras duas previsões com outras duas descobertas. No caso dessas descobertas, a dos elementos químicos Escândio e Germânio, os seus descobridores, respectivamente Lars Nilson (da Suécia, na península escandinava; daí o nome *Escândio*) e Clemens Winckler (da Alemanha, daí o nome *Germânio*<sup>23</sup>) conheciam a classificação de Mendeleev e suas previsões (TOLENTINO, ROCHA-FILHO e CHAGAS, 1997). Tão conhecidas que, quando as descobertas dos elementos e suas propriedades foram anunciadas, as semelhanças entre eles e as previsões para o Eka-boro e o Eka-silício eram notórias (figura 6).

<sup>23</sup> As terras habitadas pelos povos de origem germânica ou de língua alemã são chamadas *Germânia*, herança da identificação romana do território; daí o nome *Germânio*.

Figura 6: Comparação entre as propriedades previstas por Mendeleev para o Eka-boro (à esquerda) e o Eka-silício (à direita) e as propriedades encontradas para o Escândio e Germânio

	<i>Propriedades Previstas</i>	<i>Propriedades Encontradas</i>	<i>Eka-silício</i>	<i>Germânio</i>
<i>Peso atômico</i>	44	44	72	72,32
<i>Óxido formado</i>	$\text{Eb}_2\text{O}_3$	$\text{Sc}_2\text{O}_3$	5,5	5,47
<i>Peso específico do óxido</i>	3,5	3,86	13	13,22
<i>Óxido mais básico que o do alumínio</i>	Sim	Sim	4	4
<i>Óxido não solúvel em álcalis</i>	Sim	Sim	0,073	0,076
<i>Sais incolores</i>	Sim	Sim	4,7	4,703
<i>Carbonatos insolúveis em água</i>	Sim	Sim	22	22,16
<i>Provável método de descoberta</i>	Não espectroscópico	Não espectroscópico	< 100 °C	86 °C
			1,9	1,887
			113	113,35

Fonte: Tolentino, Rocha-Filho e Chagas (1997).

Outra previsão se encontra num posicionamento “estranho” de dois elementos em sua tabela: Telúrio e Iodo estão em uma ordem inversa à organização geral (figura 5): Telúrio é apresentado com peso atômico 128 (com um ponto de interrogação à frente), enquanto o Iodo, o elemento seguinte (representado por “J”), é apresentado com peso atômico 127. Pela ordem adotada para a tabela, o Iodo deveria aparecer antes do Telúrio, porém as semelhanças de propriedades dos elementos com as linhas em que aparecem na tabela fizeram com que Mendeleev mantivesse a ordem “estranha”, isto é, Telúrio antes do Iodo. O russo alegou um erro na determinação dos pesos atômicos e, com as devidas correções, a ordem correta seria a de sua tabela. Com a descoberta dos isótopos feita por Theodore Richards e Frederick Soddy e os trabalhos de Henry Moseley o posicionamento foi satisfatoriamente explicado<sup>24</sup>.

Outras versões da Tabela Periódica de Mendeleev foram surgindo posteriormente, sempre atualizando a classificação e com uma organização cada vez mais detalhada – além, claro, dos acréscimos dos novos elementos que eram descobertos. Para mostrar isto, Tolentino, Rocha-Filho e Chagas (1997) destacam três versões: a versão de 1871 (figura 7), a versão de 1879 (após a descoberta do elemento químico Gálio – figura 8) e a chamada “versão moderna” (não datada – figura 9).

<sup>24</sup> Na Tabela Periódica atual, em ordem crescente de números atômicos, o Telúrio (Z=52) aparece antes do Iodo (Z=53).

Figura 7: Tabela Periódica publicada por Mendeleev em 1871

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

Fonte: Tolentino, Rocha-Filho e Chagas (1997).

Figura 8: Tabela Periódica publicada por Mendeleev em 1879

										----- elementos típicos -----														
										I	II	III	IV	V	VI	VII								
										H														
										Li	Be	B	C	N	O	F								
										Na														
----- elementos pares -----																	----- elementos ímpares -----							
I	II	III	IV	V	VI	VII											VIII	I	II	III	IV	V	VI	VII
-	-	-	-	-	-	-											-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-											-	Mg	Al	Si	P	S	Cl	
K	Ca	-	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	-	As	Se	Br								
Rb	Sr	Yt	Zr	Nb	Mo	-	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	J								
Cs	Ba	La	Ce	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
-	-	Er	Di?	Ta	W	-	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	-	-								
-	-	-	Th	-	U	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								

Fonte: Tolentino, Rocha-Filho e Chagas (1997).



Figura 9: Tabela Periódica publicada por Mendeleev, “Versão Moderna”, sem data divulgada

P e r í o d o	S é r i e s	Grupos																	
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		(0)	
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
1	1	H 1																	He 2
2	2	Li 3	Be 4		B 5	C 6	N 7	O 8	F 9										Ne 10
3	3	Na 11	Mg 12		Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17										Ar 18
4	4	K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Sr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28								Kr 30
	5	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35											
5	6	Ru 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46								Xe 54
	7	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53											
6	8	Cs 55	Ba 56	Terras Raras 57-71	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78								
	9	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85											Rn 86
7	10	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Th 90	Pa 91	U 92												

Fonte: Tolentino, Rocha-Filho e Chagas (1997).

Destaca-se o cuidado e os detalhes nas organizações em suas tabelas, sobretudo a moderna, onde há séries e subgrupos diferentes para posicionar elementos com algumas características parecidas, mas outras nem tanto. Por exemplo: por formarem óxidos com mesma estrutura:  $X_2O$ , tanto Potássio ( $K_2O$ ) quanto Cobre ( $Cu_2O$ ) são colocados no 4º período do 1º grupo. Porém, por terem outras características bem diferentes, cada um fica em uma série diferente (4 e 5, respectivamente).

Apesar dos fatos, é necessário fazer algumas ressalvas quanto à “genialidade” de Mendeleev. O russo não foi o único a fazer predições sobre a existência de elementos ainda não descobertos (SCERRI, 2007, *apud* TARGINO e BALDINATO, 2016), uma vez que outros também estudaram essas relações entre propriedades e pesos atômicos. Além disso, Mendeleev não teria sido bem sucedido em todas as suas previsões. Por fim, reitera-se que os trabalhos de Mendeleev não foram os que finalizaram a Tabela Periódica tal como é conhecida hoje. Como já mencionado, houve trabalhos posteriores que ajudaram a resolver problemas de forma satisfatória, como os de Henry Moseley e os de Theodore Richards e Frederick Soddy e outros problemas que surgiram e que exigiram outros estudos para comportar todos os elementos na tabela, como a descoberta e caracterização de gases chamados hoje de Gases Nobres ou os elementos das chamadas *Terras Raras*, por exemplo.

### 3.1.4. HENRY MOSELEY

O final do Século XIX e início do Século XX foi um período onde vários trabalhos surgiram e contribuíram para uma melhor compreensão da estrutura do átomo. Em meio ao período em que se descobriu a radioatividade, seguindo dos modelos atômicos conferidos a Rutherford e Bohr nos deparamos com os trabalhos de Henry Moseley, um físico inglês que, após se formar no Trinity College, em Oxford, vai para Manchester trabalhar no grupo do neozelandês Ernest Rutherford. De acordo com Tavares (2013), Moseley estava convencido de que investigações sobre as propriedades dos raios X característicos poderiam trazer novas contribuições para a estrutura atômica, alvo de estudos do chefe de grupo. Depois de convencer também Rutherford, Moseley convida seu amigo Charles G. Darwin (neto do naturalista Charles R. Darwin) para trabalharem juntos, parte para Leeds para aprender a trabalhar com os raios X com William H. Bragg e depois volta a Manchester para suas investigações junto ao colega de serviço.

Um pouco antes disso, entre 1903 e 1911, Charles Barkla e seus estudantes fizeram medidas precisas sobre chamados raios X secundários, produzidos quando se fazia incidir um feixe de raios X primário sobre diferentes materiais. Descobriram uma relação entre peso atômico do elemento-alvo e absorção da radiação por este elemento. Também perceberam que este poder de penetração era característico do elemento alvo. “[...] Por exemplo, a radiação X proveniente do cromo (peso atômico 52,1) era bastante absorvida no alumínio, daí dita ‘mole’, enquanto que a proveniente da prata (peso atômico 107,9) era muito penetrante, e por isso conhecida como ‘dura’” (TAVARES, 2013, p. 1). Após investigar alvos de Estanho, Antimônio e Iodo, Barkla relatou em 1911 que essa radiação secundária era constituída de duas componentes (ou raias), uma “dura” (isto é, de menor absorção) e outra “mole” (facilmente absorvida). Essas raias foram denominadas pelas letras K e L, respectivamente.

Após isso, nos deparamos com os estudos dos físicos alemães Max F. T. von Laue, Walther Friedrich e Paul Knipping que observaram pela primeira vez, em julho de 1912, figuras de difração de raios X produzidas em cristais, o que os levou a concluir que os raios X tinham uma natureza ondulatória (como a luz visível). Poucos meses depois, William L. Bragg, um estudante de física em Cambridge, notou que raios X eram refletidos na superfície de um cristal. Já em dezembro de 1912 o físico relatou que um feixe de raios X lançado sobre uma superfície de clivagem da mica revelaram imagens reforçadas por reflexão especular. Indo para Leeds para trabalhar com seu pai, o físico William H. Bragg, foi relatado, em janeiro de

1913, que eles haviam feito a medida de comprimentos de onda de raios X mediante reflexão em cristais. Eles então construíram um instrumento conhecido como *espectrômetro de raios X*, com o qual obtiveram a distância interatômica num cristal de sal-gema (cloreto de sódio) como sendo 5,6 Armstrongs. Moseley também trabalhou com o W. H. Bragg nessa área de raios X.

Depois de aprender sobre a difração de raios X com Bragg, Moseley e Darwin começaram a fazer suas próprias investigações sobre reflexão de raios X em cristais. Em diferentes saís, eles usaram o método de Bragg para obter os comprimentos de onda dos raios X. Anunciaram em 1913 os resultados na *Philosophical Magazine*:

[...] i) a radiação X produzida por um alvo de platina mostrava duas componentes, uma análoga à luz branca, e outra constituída de cinco “raias” cujas frequências eram características da platina; ii) os raios X não eram produzidos no cristal porque suas propriedades eram independentes da natureza e composição do cristal refletor. (MOSELEY, 1913, *apud* TAVARES, 2013).

Darwin se enveredou por outras pesquisas após isso e Moseley decidiu continuar sua pesquisa. No final de 1913 já tinha outra publicação na *Philosophical Magazine*, onde mostrava que os comportamentos das raias K de radiação X emitida dependiam exclusivamente de características do elemento emissor (TOLENTINO, ROCHA-FILHO e CHAGAS, 1997, p. 8). O experimento realizado foi uma investigação da difração de raios X de um grupo de 10 elementos químicos diferentes, seguindo a ordem de posição de cada elemento na Tabela Periódica da Época (a Tabela Moderna de Mendeleev). Assim, selecionou os elementos do cálcio (ordem de posição: 20) ao zinco (ordem: 30), exceto o escândio (ordem: 21).

A opção pela ordem de posição na tabela se deu pela proposição do advogado e “físico amador” holandês Antonius Van Der Broek. Ele sugeriu à *Nature* (em carta) que todas as propriedades químicas e ópticas (incluindo os raios X) de um elemento químico seriam determinadas pelo seu número de ordem da posição na Tabela Periódica. Esta ordem, que o holandês chamou de “número atômico” e representou pela letra “Z”, seria a grande variável independente organizadora da Tabela, não o peso atômico. Sugeriu ainda que estas duas grandezas seriam independentes e que o número atômico seria igual às unidades de carga elétrica do núcleo do átomo de um elemento. Essa proposição teve a concordância de Frederick Soddy e Ernest Rutherford.

Na sequência escolhida por Moseley foi observado que a raia K da radiação X emitida pelos elementos era dividida em duas raias – chamadas de K-alfa (a de menor frequência) e K-beta – e que a frequência dessas raias nos elementos investigados aumentava de forma

regular de acordo com o número atômico, não com o peso atômico. Em outras palavras, “[...] a frequência tanto da raia K-alfa quanto da raia K-beta seguia perfeitamente o número de ordem dos elementos [...]” (TAVARES, 2013, p. 2). Para cada elemento analisado Moseley percebeu uma relação matemática: havia uma relação linear entre o número de ordem de cada elemento, isto é, o número atômico de cada elemento químico, e a raiz quadrada do inverso da frequência da radiação da raia K.

Com estes resultados foi possível confirmar a proposição de Van Der Broek. Isto “resolve” o problema que Mendeleev encontrou na hora de ordenar alguns elementos: foi percebido na Tabela Periódica ordenada de acordo com os pesos atômicos que havia algumas sequências onde a ordem em que os elementos foram colocados não respeitava a ordem crescente dos pesos: Argônio-Potássio (Ar-K), Cobalto-Níquel (Co-Ni), e Telúrio-Iodo (Te-I) estavam na ordem inversa à estabelecida para o restante dos elementos na Tabela. A sequência escolhida por Moseley para seu experimento abrangia o par Co-Ni e, com os resultados da sua investigação, ele pôde justificar a inversão de ordem dos elementos: a inversão de pesos atômicos colocava os elementos na ordem correta de seus números atômicos (TOLENTINO, ROCHA-FILHO e CHAGAS, 1997, p. 8).

A atividade de Moseley com os espectros de raios-X passou a ser considerada um método novo de análise química. Este método, inclusive, foi usado para se descobrir posteriormente quatro elementos que “faltavam na Tabela Periódica”, que preencheram quatro lacunas existentes e que foram percebidas ao fazer a alteração da ordem dos elementos na Tabela Periódica da ordem crescente dos pesos atômicos para a ordem crescente dos números atômicos (TAVARES, 2013, p. 3): Tecnécio (Tc,  $Z = 43$ ), Promécio (Pm,  $Z = 61$ ), Háfnio (Hf,  $Z = 72$ ) e Rênio (Re,  $Z = 75$ ). Também foi possível, mediante o trabalho de Moseley, atribuir os “números atômicos corretos” ao Cobre (Cu,  $Z = 29$ ), à Prata (Ag,  $Z = 47$ ) e à Platina (Pt,  $Z = 78$ ). Podemos resumir a importância dos trabalhos de Moseley com as palavras de Tavares (2013) sobre o assunto:

Do ponto de vista da estrutura atômica, o grande feito de Moseley foi encontrar o preciso significado físico de número atômico, qual seja, o número que representa as unidades da carga elétrica elementar do núcleo e, portanto, o número de elétrons do átomo, como havia sugerido der Broek meses antes. Por conseguinte, as propriedades químicas dos elementos passaram a ser entendidas como funções periódicas do número atômico, e não de seus pesos atômicos, como pensara [...] Dmitri Mendeleev na construção de sua Tabela Periódica dos elementos de 1871.

### 3.1.5. A TABELA PERIÓDICA COMO CONHECEMOS HOJE

A Tabela Periódica que conhecemos hoje não é exatamente igual à Tabela mais moderna de Mendeleev nem às primeiras Tabelas montadas a partir da hipótese de Van Der Broek e confirmação de Moseley. Após várias descobertas (e sínteses em laboratório) de novos elementos e uma organização mais acurada temos a Tabela Periódica atualizada. Em suma, podemos destacar, a partir de toda história relacionada à Lei Periódica e, por consequência, à Tabela Periódica, que o estabelecimento da teoria e a sua construção são resultado do esforço de muitos cientistas ao longo de uma faixa de tempo relativamente longa, sendo que ela é passível de atualizações sempre que necessário<sup>25</sup>.

Tolentino, Rocha-Filho e Chagas encerram seu trabalho falando sobre a existência, organização e importância da Tabela Periódica:

[...] A classificação periódica dos elementos nasceu de uma sólida base experimental e passou por etapas que permitiram o despertar da curiosidade científica. Confirmada depois por fatos que lhe deram um apoio definitivo, revelou-se um majestoso edifício do conhecimento humano, sendo de uma enorme utilidade no Ensino de Química. [...] (TOLENTINO, ROCHA-FILHO e CHAGAS, 1997, p. 14).

### 3.2. A TABELA PERIÓDICA NO ENSINO DE QUÍMICA

Muitos autores indicam alguma importância para a Tabela Periódica enquanto organização dos elementos em ordem crescente de número atômico, e conseqüentemente, a Lei Periódica, sendo esta importância muitas vezes atrelada ao Ensino de Química. Para o filósofo da Ciência Eric Scerri, a Lei Periódica, princípio que orienta a construção da Tabela Periódica, pode ser considerada como uma das ideias fundamentais da Química e que permite relações com diversas áreas do saber, como a Matemática, a Física, a História e a Filosofia da Ciência, por exemplo (SCERRI, 2007, *apud* TARGINO, 2017, p. 20). Como já visto na subseção anterior, Tolentino, Rocha-Filho e Chagas (1997, p. 14) destacaram uma “Enorme utilidade no ensino de Química” para a Tabela Periódica, isto por causa de a classificação periódica ser fruto de uma sólida base experimental e ser uma grande construção do conhecimento humano. Por causa disso consideramos que a abordagem do conteúdo *Lei Periódica* e, conseqüentemente, a própria Tabela Periódica, nas aulas de Química do Ensino

---

<sup>25</sup> A última atualização é de dezembro de 2018, com atualizações na massa atômica do Argônio (Ar), conforme: <<https://iupac.org/what-we-do/periodic-table-of-elements/periodic-table-archives/>>. Acesso em: dezembro de 2020.

Médio deve ser executada de forma “[...] mais problematizada, sem se limitar à memorização de informações” (TARGINO, 2017, p. 20).

Quando se procura trabalhos relacionados ao ensino da Lei Periódica encontra-se com regularidade trabalhos que se preocupam com a forma como o livro didático (LD) apresenta o conteúdo. Destacamos dois trabalhos aqui, Targino (2017) e Targino e Baldinato (2016). No primeiro trabalho, dissertação de mestrado da autora, é destacado que nos LD a Lei Periódica aparece após o tema *Modelos Atômicos*. A autora afirma que a ordem parece necessária, já que o ensino de Tabela Periódica costuma usar conceitos geralmente aprendidos quando se estuda os modelos atômicos (prótons, nêutrons e elétrons) para que o aluno compreenda a organização periódica da Tabela pelas propriedades do átomo (TARGINO, 2017, p. 20 e 21). Já no segundo, que objetiva analisar a abordagem histórica da Lei Periódica nos LD de Química das coleções aprovadas no Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2011, percebe-se que o conteúdo geralmente aparece nos livros de primeiro ano do Ensino Médio – os volumes 1 das coleções (TARGINO; BALDINATO, 2016, p. 1 e 2). Percebemos, assim, a Lei Periódica aparecendo frequentemente dentre os conteúdos do primeiro ano do Ensino Médio.

Sobre o ensino da Lei Periódica estar atrelado aos modelos atômicos, é possível observar que a relação pode se dar de duas formas diferentes: tanto ela pode ser usada para se desenvolver a aprendizagem de modelos atômicos, quanto pode-se usar os modelos atômicos para trabalhar as propriedades periódicas e explicar a classificação dos elementos químicos (EICHLER; DEL PINO, 2000, p. 838 *apud* TARGINO, 2017, p. 21). Além disso, um aspecto fundamental do ensino da Lei Periódica é justamente focar em uma propriedade fundamental e explicativa. Por isso, Eichler e Del Pino (2000, *apud* TARGINO, 2017) defendem uma abordagem histórica realizada com o apoio de *softwares* educacionais para manipulação de propriedades em cima de outras propriedades. Consideramos necessário pensar em uma abordagem mais contextualizada pela importância da Lei Periódica e o valor didático atribuído à Tabela Periódica, que percebemos atrelar os componentes submicroscópicos dos átomos de elementos químicos com propriedades macroscópicas destes mesmos elementos.

Targino e Baldinato (2016) nos mostram que o tema é abordado de forma geralmente positivista e enciclopédico e apresenta várias “lacunas” históricas para uma melhor compreensão do trabalho realizado por várias pessoas para se chegar ao conhecimento existente hoje. Dentre os 5 livros analisados pelos autores, percebe-se o padrão de não se mencionar elementos importantes para o entendimento do contexto da proposição da Lei

Periódica, como o Congresso de Karlsruhe e a atividade de divulgação de Cannizzaro no mesmo, ou a citação de alguns nomes de cientistas considerados os mais importantes para a construção da Tabela, sendo Mendeleev (o mais citado), de Chancourtois, Newlands e Döbereiner os únicos citados em todos, e só Mendeleev sendo citado junto à seus trabalhos detalhados e sua importância para a construção do tema. Moseley e Meyer também são citados em mais de um LD, fato que comprova a visão positivista que Targino (2017) usa para descrever a abordagem do tema nos LD, focando prioritariamente em Mendeleev e seu trabalho, sem considerar todo contexto que o levou a realizar sua pesquisa.

Esse “padrão” encontrado nos LD do PNL D de 2011 não é exclusivo do período de análise nem do nosso país. Basta perceber, como discutido no começo da seção, que a escolha do ano para ser o Ano Internacional da Tabela Periódica foi baseada na data de publicação da primeira tabela do Mendeleev e que a própria IUPAC considera a publicação como a descoberta do Sistema Periódico e o cientista russo, consequentemente, o descobridor deste sistema.

Leite e Porto (2015, *apud* TARGINO, 2017, p. 21 e 22) fizeram uma análise da abordagem histórica da Tabela Periódica de livros de Ensino Superior de Química usados ao longo do século XX e também nos mostram considerações que vão ao encontro da visão de Targino (2017) sobre a visão positivista usada ao abordar o tema, tal como é descrito pela autora. Os autores defendem que os livros do século passado perderam, com o tempo, espaço “[...] dos aspectos históricos, descritivos e macroscópicos das propriedades das substâncias em favor de modelos submicroscópicos – especialmente do modelo de orbitais, proposto como explicação para a periodicidade das propriedades dos elementos”.

Outro detalhe que os LD geralmente não discutem é sobre a “validade” da Lei Periódica. De acordo com Targino (2017), até hoje existem discussões epistemológicas sobre a Tabela, enfatizando a possibilidade de a Lei Periódica ainda ser uma ideia válida atualmente, isto por que a autora percebe, citando Scerri (2007, *apud* TARGINO, 2017, p. 22), que mesmo os sistemas periódicos modernos ordenarem os elementos químicos em função do número atômico, há diversas possibilidades de representações para tais sistemas. A consequência disto é podermos ter “várias versões” da Tabela Periódica com “com diferentes usos possíveis”. Desta forma, diz a autora, “[...] para um químico, uma forma interessante [de representação e uso] é a que evidencia a reatividade dos elementos, já para um engenheiro eletricitista, padrões e similaridades de condutividade elétrica pode ser de maior serventia” (TARGINO, 2017, p. 22).

Outro ponto que permite a discussão da organização periódica adotada é o posicionamento de alguns elementos ou grupo de elementos “complicados”. Por exemplo, à época em que alguns elementos que hoje chamamos de *gases nobres* começaram a ser descobertos era difícil encontrar uma vaga para eles na Tabela da época (uma das de Mendeleev), uma vez que determinar seus pesos atômicos era muito difícil e, por serem inertes, não formavam compostos e, conseqüentemente, não se sabia de suas características químicas (TOLENTINO, ROCHA-FILHO e CHAGAS, 1997, p. 11). Os elementos que hoje chamamos de lantanídeos e actinídeos também foram problemas para classificar na Tabela Periódica; isto é, nas suas muitas versões existentes entre o final do século XIX e primeira metade do século XX (ibid., p. 11 e 12).

Labarca, Bejarano e Eichler (2013, p. 1260, *apud* TARGINO, 2017, p. 22) ainda trazem os problemas dos posicionamentos do Hidrogênio (H) e do Hélio (He) na Tabela Periódica: quais seriam suas melhores posições na classificação periódica? No caso do H, este poderia estar posicionado tanto acima dos metais alcalinos (lugar onde está, no grupo 1) quanto acima dos halogênios (grupo 17) por poder formar ânions como os halogênios, ou acima do grupo do Carbono (grupo 14) por ter metade da camada de valência preenchida, ou acima da Tabela sem se encaixar em nenhum grupo. Já em relação ao He, este pode tanto estar junto aos gases nobres (lugar onde está, no grupo 18) quanto junto aos metais alcalino-terrosos (grupo 2), por ter dois elétrons na camada de valência, ou, assim como o H, estar à parte acima da Tabela Periódica.

Os autores ainda elencam outros pontos que podem ser um empecilho para até hoje aceitarmos a classificação periódica: “Existe uma melhor forma de representar os elementos na Tabela?”, “Qual a origem da Tabela Periódica?” entre outras. Entretanto há outros autores, como indica Targino (2017, p. 22) que acham que tais questões são irrelevantes, já que quaisquer outras formas de representações da classificação dos elementos seria mera convenção. De qualquer forma observamos, a partir da forma como os LD abordam o tema e, conseqüentemente, como acreditamos que muitos professores também abordam em suas aulas, uma realidade em que seja necessário propor formas de se planejar e executar sequências didáticas sobre Lei e Tabela Periódica mais contextualizadas e mais preocupadas com uma abordagem histórica que permita aos alunos terem uma melhor compreensão do surgimento, da importância e das implicações práticas dessa Lei na Química, além de ter uma ideia mais acurada do “como fazer Ciência”.



#### 4. METODOLOGIA

O presente trabalho desenvolve uma pesquisa de caráter qualitativo, uma vez que possui características básicas que constituem este tipo de pesquisa, de acordo com Bogdan e Biklen (1982), referidos por Lüdke e André (1986): a presente pesquisa se passa no ambiente de trabalho do pesquisador<sup>26</sup>, buscando dados mais descritivos e tendo os alunos das turmas em que o pesquisador leciona como participantes da pesquisa (e suas perspectivas sendo importantes para a obtenção/ construção desses dados); tais características se encaixam na definição de Bogdan e Biklen (1982, *apud* LÜDKE e ANDRÉ, 1986, p. 11-13) de pesquisa qualitativa, como sendo pautada nos pontos: *i.* tendo o ambiente natural como fonte direta de dados e o pesquisador como principal instrumento; *ii.* dados coletados predominantemente descritivos; *iii.* preocupação com o processo (isto é, com as etapas e os acontecimentos da pesquisa) maior que a preocupação com o produto em si; *iv.* atenção dada ao “significado que as pessoas dão às coisas e às suas vidas”; *v.* análise dos dados seguindo um processo indutivo.

A construção do trabalho se deu em 4 etapas (quadro 1), sendo a primeira a elaboração de uma base histórica e pedagógica sólida para a construção da sequência didática a partir da compreensão da relação entre a História da Ciência e o Ensino de Química (como visto na seção 2) e do objeto que é o centro dos assuntos das aulas desenvolvidas – a Tabela Periódica (como visto na seção 3). Após isso vem a segunda etapa que é, resumidamente, o cerne da pesquisa: a elaboração da sequência didática para as aulas de TP incorporando a História da Química para fazê-la de forma “alternativa ao tradicionalmente conhecido” (como já dito na seção *introdução*). A terceira parte do trabalho é a aplicação da sequência didática em turmas de 1º ano do Ensino Médio (onde normalmente o conteúdo é trabalhado nas aulas de Química) com a sua subsequente análise e possíveis “correções”, caso sejam necessárias. A última etapa é a elaboração de um guia por escrito do conteúdo como produto educacional que possa ser tanto usado como auxílio quanto reproduzível por qualquer professor de Química que tenha acesso a tal produto.

A caracterização da pesquisa como qualitativa mediante as pautas apresentadas acima se dá, sobretudo, pelas etapas 2 e 3, cujo escopo do projeto é colocado em prática nas salas de aula, a fim de proporcionar momentos onde ocorra uma aprendizagem significativa dos alunos, junto de uma maior compreensão da natureza da construção do conhecimento

---

<sup>26</sup> Uma escola da rede estadual de ensino de Minas Gerais na cidade de Uberaba.

científico por parte dos alunos e utilizando suas impressões e experiências para as análises e adequações necessárias da sequência didática e construção do produto educacional.

**Quadro 1:** Etapas do desenvolvimento do trabalho

Etapa	Atividade Realizada	Momento de realização	Forma de coleta de dados
Revisão Bibliográfica	* Busca, em trabalhos acadêmicos, da relação entre a História da Ciência e o Ensino de Química; * Busca, em trabalhos acadêmicos, da construção, desenvolvimento, uso e importância da Tabela Periódica.	Qualificação	* Bibliográfica
Montagem da SD	* Montagem de uma SD sobre TP com base no discutido na revisão bibliográfica.	Qualificação/ Defesa	-----
Aplicação da SD	* Ministras as aulas de TP planejadas na SD na escola em que o pesquisador é o professor regente.	Defesa	* Diário de bordo; * Análise de documentos (doc. produzidos pelos alunos)
Montagem do produto final	* Análise da aplicação da SD, junto de possíveis correções; * Adaptação da SD para a forma de um guia para aulas de TP que sirva como material de apoio a qualquer professor.	Defesa	-----

A etapa 1, onde foi construída toda base teórica para o trabalho, foi inicialmente realizada buscando referenciais de 2010 em diante, ou seja, nos últimos 10 anos (em relação à data de realização da etapa) em periódicos e/ ou livros que tratassem sobre as temáticas de História da Ciência e Ensino de Química em língua portuguesa. Porém, à medida que o trabalho foi sendo executado percebeu-se a necessidade de se ampliar o período e os meios de publicação, passando a usar publicações mais antigas, publicações de periódicos que tratam de Ensino de Ciência (não apenas de Química), publicações em outros idiomas (espanhol e inglês) e também periódicos que não tratam necessariamente de ensino (p. ex., inicialmente a revista Química Nova não foi considerada, mas posteriormente recorremos a um artigo da mesma que tratava sobre a história da Tabela Periódica). Também ampliamos a busca de referenciais para dissertações e teses escritas recentemente sobre a temática.

As etapas 2 e 3 são as etapas em que houve a construção/ observação dos dados da pesquisa, sendo usados como instrumentos *i.* a observação participante do pesquisador, uma

vez que tivemos ao longo do processo a “descrição dos sujeitos, reconstrução de diálogos, descrição do local, eventos especiais e das atividades; e os comportamentos do observador” (LÜDKE e ANDRÉ, 1986, p. 30-31) e *ii.* os documentos produzidos pelos alunos durante a proposta de ensino (resumidamente, as atividades e anotações por escrito que os alunos realizaram ao longo das aulas), considerando como documento “[...] quaisquer materiais escritos que possam ser usados como fonte de informação sobre o comportamento humano” (PHILLIPS, 1974, p. 187, *apud* LÜDKE e ANDRÉ, 1986, p. 38).

Ressaltamos o fato de que ao longo do ano de 2020 enfrentamos a pandemia do novo Coronavírus (Sars-Cov-2), onde foram necessárias medidas de distanciamento, isolamento social e quarentena. Nesse cenário as aulas presenciais foram suspensas em março de 2020 e as atividades remotas de caráter emergencial foram iniciadas em maio de 2020 para a rede estadual de Minas Gerais<sup>27</sup>, seguindo diretrizes nacionais<sup>28</sup>. A Secretaria Estadual de Educação adotou o plano denominado “Estude em Casa”, onde são elaborados e disponibilizados periodicamente edições de um Plano de Estudo Tutorado – PET, onde já são colocadas as aulas e atividades a serem realizadas pelos alunos à distância<sup>29</sup>. Neste contexto o planejamento inicial da sequência didática foi alterado e adaptado para a sua realização totalmente à distância, de forma que os alunos enviaram fotos das atividades nos seus cadernos para o professor pesquisador via *Google Classroom*.

A partir dos contatos do professor pesquisador com os alunos via *Google Meet*, *Google Classroom* e o aplicativo oficial da SEE-MG, o Conexão Escola (junto de suas eventuais anotações acerca do observado) e dos documentos produzidos pelos alunos temos a parte de análise dos dados, mais especificamente a análise dos participantes, dos (poucos) diálogos, dos eventos e dos documentos produzidos pelos alunos. A organização e análise dos dados foram feitas conforme a sugestão de Lüdke e André:

Depois de organizar os dados, num processo de inúmeras leituras e releituras, o pesquisador pode voltar a examiná-los para tentar detectar temas e temáticas mais frequentes. Esse procedimento, essencialmente indutivo, vai culminar na construção de categorias ou tipologias (LÜDKE E ANDRÉ, 1986, p. 42).

---

<sup>27</sup> DOM TOTAL. Aulas remotas na rede estadual de ensino de MG terão início na próxima segunda-feira. Belo Horizonte, 13 de maio de 2020. Disponível em: <<https://domtotal.com/noticia/1444129/2020/05/aulas-remotas-na-rede-estadual-de-ensino-de-mg-terao-inicio-na-proxima-segunda-feira/>>. Último acesso em janeiro de 2021.

<sup>28</sup> MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. CNE aprova diretrizes para escolas durante a pandemia. Brasília, 28 de abril de 2020. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/busca-geral/12-noticias/acoes-programas-e-projetos-637152388/89051-cne-aprova-diretrizes-para-escolas-durante-a-pandemia>>. Último acesso em janeiro de 2021.

<sup>29</sup> Estude em Casa. Secretaria de Educação do Estado de Minas Gerais – SEE-MG. Belo Horizonte. Disponível em: <<https://estudeemcasa.educacao.mg.gov.br/>>. Último acesso em janeiro de 2021.

Desta forma os dados foram separados em categorias criadas após as análises citadas para melhor interpretação e discussão dos resultados da pesquisa, considerando como categorias: *i. Em relação à sequência didática como um todo*: a assimilação de conteúdo por parte dos alunos, a compreensão dos contextos histórico e científico na organização e desenvolvimento da TP e a contribuição de cada atividade para a compreensão do que é proposto nas aulas; *ii. Em relação à organização das respostas dos alunos em cada atividade proposta*: respostas adequadas, parcialmente adequadas ou não adequadas.

A etapa 4 se resume na organização da Sequência Didática de forma a estar apresentada independente da dissertação, sendo um guia ou uma sugestão de aulas sobre a Tabela Periódica com uma abordagem que considere a construção do objeto historicamente para abordar suas propriedades e usos nas aulas de Química por parte dos alunos.

A partir das etapas descritas na presente seção é pretendido seguir todo o curso do trabalho apresentado nesta dissertação.

## 5. A SEQUÊNCIA DIDÁTICA PROPOSTA

A presente sequência didática (SD) foi aplicada com as turmas de 1º ano de EM de uma escola pública da Rede Estadual de Minas Gerais (local de atuação profissional do pesquisador), logo após as aulas de estruturas atômicas<sup>30</sup>. A SD foi elaborada com os objetivos de *i.* incorporar a História da Química afim de proporcionar aos alunos momentos em que possam compreender que a Ciência não se desenvolve sozinha “[...] e nem tão pouco isolada de fatores políticos, históricos e sociais” (SILVA, 2019, p. 73); *ii.* proporcionar aos alunos espaços para que eles conheçam o objeto *Tabela Periódica*, o seu surgimento e a forma como ela foi sendo construída e reformulada com o passar dos anos, com as contribuições de diferentes indivíduos e os muitos contextos históricos e sociais por trás das suas reformulações; *iii.* a funcionalidade da TP em representar a *Lei Periódica* e, conseqüentemente, auxiliar na aprendizagem das propriedades periódicas.

A SD apresentou aos alunos tanto o conteúdo referente à TP quanto um pouco dos conhecimentos das épocas que os conceitos discutidos foram desenvolvidos/ reformulados. Assim, a SD foi pensada com atividades de diferentes naturezas, desde a exposição de ideias, discussão de leituras e contextualização de períodos históricos até exercícios de discussão e reprodução (parcial) de atividades e experimentos que diferentes cientistas fizeram para organizar suas ideias em forma de uma tabela de elementos químicos. Dadas as limitações causadas pelo isolamento social e o regime emergencial de atividades remotas algumas dessas atividades foram amenizadas.

A Sequência Didática elaborada (onde aparecem os textos e as marcações de quando cada atividade é entregue aos alunos) aparece como apêndice neste documento (apêndice A).

### 5.1. DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência apresentada neste trabalho foi dividida em 5 aulas, conforme o quadro abaixo (quadro 2), focada em: a. proporcionar momentos para os alunos compreenderem a Lei Periódica e o seu desenvolvimento; b. proporcionar momentos de aprendizagem sobre como utilizar a Tabela Periódica como forma de consulta, utilizando, para isso, a História da Ciência como apoio para mostrar o surgimento e o desenvolvimento da Lei Periódica e da Tabela Periódica. Também são propostos desafios com o objetivo de inserir os alunos nessa

---

<sup>30</sup> Seguindo a ordem dos PETs adotados pela SEE-MG

história, instigando-os a proporem suas tabelas a partir de fichas com algumas características de elementos químicos; um exercício similar ao que Mendeleev teria feito para chegar à primeira versão de sua TP<sup>31</sup>.

**Quadro 2:** Sequência Didática proposta para as aulas remotas (aplicada)

Aula	Semana	Conteúdo da aula	Atividades
----	-----	Introdução	-----
01	01	A Organização dos Elementos Químicos	Antes da aula: desafio 01, (a ser entregue antes da aula 02) – os alunos receberam várias fichas, cada uma com características de um elemento químico, com o fim de proporem uma organização para esses elementos.
02	01	A periodicidade dos elementos químicos	Antes da aula: desafio 02 (a ser entregue antes da aula 03) – outra atividade com fichas, mas agora com mais elementos químicos e mais características listadas.
03	02	O Congresso de Karlsruhe e a Tabela de Mendeleev	Nesta aula é entregue uma lista com 4 exercícios, nos moldes do PET (a ser entregue na aula 05).
04	02	Moseley e a Tabela Atual	-----
05	02	O Uso da Tabela Periódica	-----

Mais uma vez destacamos o fato de o momento de pandemia junto com as medidas de isolamento e o regime emergencial de atividades remotas terem interferido no planejamento da SD. Como o Estado de Minas Gerais elaborou o sistema Estude em Casa, adotando apostilas de Planos de Estudo Tutorados (os PET), foi necessário seguir a ordem de conteúdos proposta nas apostilas. Na ordem escolhida pelos elaboradores do projeto, o PET 2 abordou as leis ponderais (entre maio e junho), o PET 3 abordou os modelos atômicos (entre julho e agosto) e o PET 4, Tabela Periódica (entre setembro e outubro). Dessa forma, a nossa SD é elaborada necessariamente após o conteúdo *Modelos Atômicos*<sup>32</sup>.

Outras “limitações” causada pelos PET foram: *i.* a necessidade de separar as aulas em semanas (sendo que cada PET é dividido em 4 semanas) e *ii.* a necessidade de se criar uma

<sup>31</sup> Todos os textos e atividades elaborados pelo professor pesquisador estão apresentados no produto educacional (apêndices).

<sup>32</sup> Segundo os próprios alunos, este conteúdo já é aprendido no 9º ano do Ensino Fundamental.

pequena lista de exercícios ao fim de cada semana (como em todos os demais PET). Desta forma, a SD criada substituiu duas semanas do PET 4 de Química, porém o conjunto de textos, atividades e momentos em sala de aula inicialmente planejados cobriria três semanas de aula em condições normais de ao letivo. Além disso, a SD foi organizada com dois desafios, que contaram como os exercícios da semana 1, e uma lista de exercícios que contou como os exercícios da semana 2.

Destacamos ainda as diferenças entre o produto educacional (apêndice A) e a execução da SD no regime emergencial: o planejamento inicial era de 3 semanas (6 aulas + atividades realizadas em casa), porém com o formato do PET foi necessário “encaixar” essas aulas em 2 semanas. Dessa forma, a aula 03 da SD descrita no quadro 2 seria originalmente duas aulas: 03 e 04. No guia há essa separação, uma vez que entendemos que o conteúdo que é trabalhado ali seria muito extenso para ficar de fato em uma aula só. Isso também mudou a dinâmica de realização das atividades das fichas, que seriam feitas ao longo de duas semanas, concomitante às aulas presenciais, e tiveram que ser “apressadas” para a primeira semana para “encaixar” no modelo adotado pelo PET 4. O quadro a seguir (quadro 3) mostra esta divisão:

**Quadro 3:** Sequência Didática Proposta para aulas presenciais

Aula	Semana	Conteúdo da aula	Atividades
----	-----	Introdução	-----
01	01	A Organização dos Elementos Químicos	Antes da aula: desafio 01, (a ser entregue antes da aula 03) – os alunos receberam várias fichas, cada uma com características de um elemento químico, com o fim de proporem uma organização para esses elementos.
02	01	A periodicidade dos elementos químicos	-----
03	02	O Congresso de Karlsruhe e sua influência na construção da Tabela Periódica	Antes da aula: desafio 02 (a ser entregue antes da aula 05) – outra atividade com fichas, mas agora com mais elementos químicos e mais características listadas.
04	02	A Tabela Periódica de Mendeleev	-----
05	03	Moseley e a Tabela Atual	Nesta aula é entregue uma lista de exercícios (a ser entregue na aula 06).
06	03	O Uso da Tabela Periódica	-----

## 5.2. DETALHAMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A Sequência Didática sobre a Tabela Periódica aplicada em duas semanas, com cinco momentos (aulas) diferentes, começou com uma pequena introdução sobre o conceito de elemento químico, propriedades dos átomos e das substâncias químicas, conforme visto pelos alunos nos PET 2 e 3 da SEE-MG. Por conta dessa organização, a SD já foi planejada para ser aplicada de qualquer forma após o conteúdo de Modelos Atômicos e Leis Ponderais. A introdução termina com perguntas acerca das propriedades dos elementos químicos que servem de subsídio para o início da aula 01, mas antes de começar a aula os alunos já receberam um desafio.

O desafio 01 (apêndice B) consistiu em uma lista com quinze fichas, cada ficha contendo nome, símbolo e características de um elemento químico diferente e a atividade para os alunos proporem uma organização desses elementos de acordo com essas propriedades das fichas da forma que eles julgassem ser a mais coerente. No dia em que a aula 01 foi realizada os alunos já tinham conhecimento dessas fichas e do desafio (se as atividades fossem realizadas em condições normais o desafio 01 teria sido passado na semana anterior ao início da SD).

Na aula 01 teve a discussão de um texto elaborado pelo professor que reportava sobre as primeiras organizações dos elementos químicos, tratando da percepção que os cientistas envolvidos começaram a ter de propriedades semelhantes de alguns elementos químicos e as tentativas de organizá-los em grupos. Caso as aulas fossem presenciais, o texto seria disponibilizado para os alunos em casa uma semana antes para discussão do texto nesta aula 01. Também em sala foi apresentada a tabela de elementos de Lavoisier (que não é periódica) e as Tríades de Döbereiner, onde alguns exemplos de tríades seriam colocados no quadro. Na execução das aulas por chamada de vídeo (via *Google Meet*) não houve tempo hábil para entrega prévia do texto, sendo que foi proposta no lugar uma breve discussão com pontos do texto levantados pelo professor a partir de uma apresentação de *slides* (disponibilizada posteriormente para os alunos via *Google Classroom*). A apresentação da tabela de Lavoisier e das Tríades se manteve na aula *on-line*.

A aula 02 tratou da periodicidade, isto é, a repetição periódica de algumas propriedades dos elementos químicos. Na aplicação *on-line* desta aula os alunos já estavam inteirados do desafio 02 (apêndice C), que consistia na mesma atividade de organização de



fichas de elementos químicos, mas desta vez com mais elementos diferentes (dezoito, contra quinze do desafio 01) e com mais características diferentes nas fichas. No planejamento inicial esse desafio seria proposto após a aula 02, para ser trabalhado durante a segunda semana da SD. A essa altura o desafio 01 já havia sido entregue e discutido.

Nesta aula foram apresentadas as tabelas de Newlands, Chancourtois, Meyer e Mendeleev, com o objetivo de induzir os alunos a enxergarem a propriedade que passa a fazer parte dessas tabelas: a periodicidade. A definição dessa propriedade é colocada e demonstrada em uma apresentação de *slides* (no planejamento inicial seria passado no quadro, também após os alunos verem as tabelas citadas, que seriam entregues em folha para anexarem no caderno). A tabela das Oitavas de Newlands e o Parafuso Telúrico de Chancourtois foram analisados, enquanto que as tabelas de Meyer e Mendeleev foram apenas apresentadas nesta aula. O objetivo específico desta aula foi tratar da organização periódica dos elementos, o que ainda não tinha sido apresentado.

A aula 03 (que seria originalmente dividida entre 03 e 04) apresentou o Congresso de Karlsruhe e a sua importância para os trabalhos que reconhecemos hoje como importantes para a existência da Tabela Periódica, focando nos trabalhos de Chancourtois, Lothar Meyer e Dmitri Mendeleev. Na divisão inicial (caso a aplicação fosse presencial) a aula 03 trataria do Congresso a partir de uma discussão de um texto elaborado pelo professor pesquisador que fala sobre o assunto, enquanto que a aula 04 seria o momento de se falar das peculiaridades do trabalho de Mendeleev, a importância que ele tem hoje pela sua elaboração de TP, a Lei Periódica em função das massas atômicas e o IYPT 2019. Na aplicação *on-line* da SD isso tudo ficou em uma aula condensada com os pontos do texto levantados em uma apresentação de *slides* (posteriormente disponibilizados para os alunos via *Google Classroom*).

Nesta segunda semana seria aplicado o desafio 02, onde os alunos poderiam, ao final dele, poder comparar as suas atividades com os trabalhos dos cientistas estudados até então e perceberem que os desafios que eles fizeram simulam o trabalho que cientistas tiveram para chegarem às suas versões de classificação periódica. Pelas mudanças necessárias para a aplicação *on-line* os alunos já tinham realizado os dois desafios quando essa aula ocorreu.

A aula 04 na aplicação *on-line* (presencialmente seria a 05) tratou das pesquisas de Henry Moseley e a Tabela Periódica atual. Esta aula também se dá mediante discussão de um texto elaborado pelo professor falando do trabalho de Moseley e sua contribuição para a TP atual: a organização da Lei Periódica em função dos números atômicos (diferente da organização do Mendeleev), organização essa mantida até hoje. Esse estudo do trabalho do

Moseley foi o “gancho” para se falar da organização periódica atualmente adotada pela IUPAC e também para a última aula, onde se mostra a relação entre a TP e a Lei Periódica.

Nesta última aula os alunos finalmente tiveram um contato com a TP, vendo o aumento do número atômico pelos períodos, sua estruturação por divisões de grupos e períodos, a definição de propriedades periódicas e alguns exemplos da relação entre essas propriedades e o aumento do número atômico. Na aplicação *on-line* da SD essa parte das propriedades periódicas não foi abordada uma vez que as semanas 3 e 4 do PET 4 já tratam das propriedades periódicas. Esse conteúdo aparece no produto educacional, mas a apresentação (e a memorização) de propriedades periódicas em relação ao número atômico não é o foco da pesquisa.

Como a estrutura de todo PET prevê uma lista de exercícios ao fim de cada semana (que os alunos realizam como cumprimento de carga horária), ao final da última semana da SD foi elaborada uma lista de 4 exercícios (apêndice D), entregue para ser realizada ao final da SD, com os objetivos de: *i.* buscar dos alunos como eles montaram seus desafios e, conseqüentemente, saber o quanto a SD os ajudou nisso; *ii.* buscar saber o quanto os textos elaborados pelo professor pesquisador contribuíram no processo de aprendizagem da Lei Periódica e da importância da Tabela Periódica. Para os alunos a lista de exercícios serviu para terem uma aprendizagem mais significativa.

### **5.3. RESULTADOS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA E DISCUSSÃO**

A Sequência Didática usando a História da Ciência como proposta para mostrar o surgimento e o desenvolvimento da Lei Periódica e da Tabela Periódica foi aplicada no período entre setembro e outubro de 2020, de forma virtual por causa das medidas de isolamento social decorrentes da pandemia do novo Coronavírus. A SD foi aplicada em duas turmas de 1º ano do Ensino Médio, turno matutino, em uma escola pública da rede estadual de ensino.

A adaptação das atividades propostas para o meio virtual tiveram algumas influências diretas do período de regime especial, principalmente no envolvimento dos alunos com as atividades, as quais se destacam: a. a reorganização das aulas para serem realizadas em duas semanas; b. o fato de as leituras de textos e momentos de discussão terem sido adaptados para momentos de aulas virtuais com auxílio apenas de *slides*; c. o fato de menos de 20% das

turmas participar de todas as aulas e realizar as atividades; d. o fato de as atividades não terem sido realizadas totalmente.

Levando em consideração as categorias de análise apresentadas na seção 4 (metodologia), as influências a., b. e c. acima citadas serão analisadas na categoria *i*. “em relação à sequência didática como um todo”, enquanto que as influências c. (novamente) e d. serão analisadas na categoria *ii*. “em relação à organização das respostas dos alunos em cada atividade proposta”. A influência c. entra nas duas categorias por lidar tanto com a frequência e participação dos alunos quanto com os exercícios entregues ao professor pesquisador. Outros pontos observados durante a aplicação da SD que não possuem ligação direta com o regime especial de aulas também estão divididos entre as duas categorias.

Para análises de comportamentos de alunos individualmente ou da turma como um todo o professor pesquisador usou como base o comportamento padrão das turmas antes do período de pandemia, quando houve interação presencial entre professor e alunos; já as análises dos documentos produzidos levaram em conta, além dos objetivos traçados para cada atividade (descritos na seção 5.2), as produções de documentos comuns aos alunos durante a realização das suas atividades presenciais (novamente o padrão pré-pandemia) e realizações dos PETs anteriores (durante a pandemia). Esse conjunto de hábitos e produção de documentos será chamado ao longo do texto de “comportamento padrão da turma”. Como as duas turmas se comportam de maneira parecida podemos considerá-las o mesmo comportamento padrão para as duas salas.

O comportamento padrão das turmas é de muita interação entre os alunos (às vezes excessiva, exigindo que o professor chame a atenção algumas vezes para que todos prestem atenção nele nos momentos de explicação); interação também com o professor, tanto no dar atenção à explicação da matéria quanto na exposição de dúvidas e discussões de ideias; realização das atividades propostas sem atraso no período pré-pandemia e com poucos atrasos no período de pandemia (no período da pandemia 30% a 40% dos alunos deixaram de realizar as atividades por desânimo ou por acharem melhor repetir o ano letivo em 2021 para melhor aprendizado).

### **5.3.1. EM RELAÇÃO À SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

Com a SD elaborada os alunos tiveram um contato maior com os aspectos históricos da construção da Tabela Periódica, entendendo que sua organização não é obra de um gênio

isolado da sociedade, mas sim fruto de vários trabalhos de várias pessoas diferentes influenciados por acontecimentos do seu tempo. Em resumo, as aulas contribuíram para que os alunos tivessem um contato com a natureza do fazer científico, indo ao encontro do que é destacado por Silva (2019) sobre o uso de HC nas aulas de Química contribuir para os alunos entenderem o fazer científico e que os cientistas são seres humanos comuns influenciados pelo meio em que vivem.

A SD também proporcionou aos estudantes uma reflexão sobre a construção da Tabela Periódica, sobretudo na realização dos desafios, onde os mesmos tiveram um vislumbre do trabalho necessário para se chegar à TP que eles possuem hoje, conforme destacado nos trabalhos de Matthews (1995) e Acevedo-Díaz, García-Carmona e Aragão (2017). Com base nos resultados apresentados acreditamos que essa SD corroborou com a teoria de que a História de Ciência permite que as aulas sejam mais reflexivas e explicitem a chamada natureza da Ciência para os alunos.

Todavia, foi percebido que a organização das aulas de forma similar ao modelo PET adotado e elaborado pelo governo trouxe alguns prejuízos ao que a SD originalmente propunha. O fato de as aulas serem adaptadas para duas semanas, com a necessidade de colocar os desafios como lista de exercícios da semana fez com que a SD fosse aplicada de forma mais rápida que o planejado, fazendo com que em alguns momentos aparecesse muito conteúdo para pouco tempo. Também há o fato de os momentos de leitura e discussão de textos terem sido adaptados para aulas virtuais com auxílio apenas de *slides*, perdendo os principais momentos de contato com as ideias dos alunos.

As aulas corridas e limitadas a momentos de videochamadas tiveram como consequências: 1º) muitos alunos perceberam aulas monologadas em vez dos diálogos que a SD propunha, perdendo momentos de tira-dúvidas, de exposição de ideias, de discussão de ideias com os colegas de sala etc., hábitos que faziam parte do comportamento padrão das turmas; 2º) muitos alunos não realizaram todas as etapas propostas pela SD por diferentes motivos: desinteresse pelas aulas *on-line*, dificuldade de acesso nos horários da escola por conflito com outras atividades, dificuldades em acompanhar todas as aulas pelo formato de chamadas de vídeo, a desistência de alguns alunos do ano letivo ao longo dos meses do regime especial e a falta de acesso à internet.

Apesar da situação pouco agradável, a perda de momentos de interação maior dos alunos entre si e com o professor já era algo esperado, já que o regime requer o isolamento social. Em junho de 2020, no segundo mês de atividades remotas, já surgiram reportagens de

jornais de MG relatando dificuldades de alunos entrevistados em acompanhar todas as aulas no formato adotado. Em uma dessas reportagens<sup>33</sup> uma aluna entrevistada relata: “[...] É um pouco difícil entender a matéria [...] e não é igual à aula presencial, que tem o tempo para tirar dúvidas e pra anotar as coisas. *On-line* você se concentra em anotar e não em entender direito a matéria”.

Lidando com os desafios das aulas remotas em caráter emergencial no Rio Grande do Sul, Santos, Nascimento Júnior e Dias (2020) nos mostram em seu relato de experiência que as mudanças nessa quarentena influenciaram significativamente o trabalho dos professores entrevistados, com alterações nas suas SD, diminuição do rendimento dos alunos durante as aulas *on-line* e até mesmo regressão no nível de aprendizagem deles. É entendido que as mudanças são necessárias nesse período especial e que as ferramentas virtuais auxiliam mantendo contato com os alunos e proporcionando momentos para manter a rotina de aprendizagem escolar, mas as experiências relatadas apontam mais para dificuldades que para soluções nesse período.

A dificuldade para manter a rotina escolar já era prevista antes mesmo de o Estado pôr em prática o plano Estude em Casa, conforme notícias de abril de 2020<sup>34</sup>. Podemos concluir, com isso, que as limitações causadas pela adaptação dos momentos de aula são influência direta da situação de aulas virtuais decorrentes das medidas contra o Coronavírus. Porém destaca-se que o modelo de PET adotado pelo governo do Estado de Minas Gerais também causou problemas na aplicação da SD. Na matéria acima citada de junho de 2020<sup>35</sup> é destacado que todo planejamento exclui “[...] os professores porque é a Secretaria que produz o material, que cria as questões, que dá as aulas e que está afirmando que este material será cobrado em algum momento da vida [...]”. Ou seja, o material prejudica o professor em suprir as necessidades conhecidas de seus alunos<sup>36</sup>.

A queda na participação do número de alunos também é algo visto ao longo do território do estado. Santos, Nascimento Júnior e Dias (2020), como já citado, relatam a queda do rendimento dos alunos; no nosso caso há uma queda na frequência dos alunos nas aulas

---

<sup>33</sup> MENTA, Marina. Alunos e professores relatam dificuldades no ensino à distância em Minas Gerais. **Brasil de Fato**, Belo Horizonte, 23 de junho de 2020. Disponível em: <<https://www.brasildefatomg.com.br/2020/06/23/alunos-e-professores-relatam-dificuldades-no-ensino-a-distancia-em-minas-gerais>>. Último acesso em janeiro de 2021.

<sup>34</sup> OLIVEIRA, Juliana. Modelo de ensino a distância é desafio durante a pandemia do Coronavírus. **Estado de Minas**, Belo Horizonte, 02 de abril de 2020. Disponível em: <[https://www.em.com.br/app/noticia/educacao/2020/04/02/internas\\_educacao.1134815/modelo-de-ensino-a-distancia-e-desafio-durante-a-pandemia-do-coronavir.shtml](https://www.em.com.br/app/noticia/educacao/2020/04/02/internas_educacao.1134815/modelo-de-ensino-a-distancia-e-desafio-durante-a-pandemia-do-coronavir.shtml)>. Acesso em janeiro de 2021.

<sup>35</sup> MENTA, Marina, *op cit*.

<sup>36</sup> Tanto que para a aplicação de aulas diferentes do PET 4 foi necessária uma conversa diretamente com a supervisão pedagógica da escola, tendo que colocar a SD nos moldes do PET, como já exposto na seção 5.1.

*on-line* e na entrega de atividades, conforme mostrado na tabela abaixo (tabela 1). Alguns dos alunos da escola que não participaram da SD alegaram que durante a pandemia precisaram buscar emprego para ajudar no sustento da casa, precisavam ajudar nas atividades domésticas ou focaram em outras atividades, como o emprego que já tinham, aulas para obtenção de CNH etc. Outros alunos alegaram que não aprendiam nesse formato e que esperariam o retorno das aulas presenciais, mesmo que tivessem que repetir o ano letivo em 2021. Ainda há os alunos que não deram nenhuma justificativa.

**Tabela 1:** Frequência dos alunos nas aulas e entregas de atividades antes, durante e depois da aplicação da SD<sup>37</sup>

Frequência	Antes da SD (PET 1, 2 e 3)	Durante a SD (PET 4)	Após a SD (PET 4, 5, 6, 300 anos, 7 e 8)
Aulas	Cerca de 60%	Cerca de 20%	Quase 0%
Atividades	Cerca de 60%	Cerca de 10%	Cerca de 40%

Essa realidade de diminuição na frequência de alunos vai ao encontro do relatado por um estudo do Grupo de Estudos sobre Política Educacional e Trabalho Docente da Universidade Federal de Minas Gerais (GESTRADO/UFMG) intitulado “Trabalho Docente em Tempos de Pandemia” (GESTRADO, 2020). De acordo com esse relatório, 46,1% dos estudantes diminuiu pouco sua participação nas atividades propostas pelos professores e 37,7% diminuiu sua participação drasticamente. Considerando apenas a faixa de alunos do Ensino Médio (que é a faixa dos participantes da nossa pesquisa), 45% dos alunos apresentaram queda drástica na participação das atividades. Resumindo, a realidade das turmas participantes da pesquisa não é muito diferente da realidade do Estado.

Muitos alunos também passam pelo problema de não terem acesso à internet. Cerca de 10% dos alunos das turmas que participaram da SD busca as apostilas impressas na escola (opção que o Governo deu aos que não possuem acesso à internet) e por falha de comunicação entre o professor pesquisador e a direção da escola estes alunos pegaram e realizaram as atividades do PET 4 e não as atividades da SD elaborada. Segundo o relatório da GESTRADO/UFMG (2020) “[...] 1 a cada 3 estudantes [de MG] não possui acesso aos recursos para acompanhamento das aulas e realização das atividades [...]”.

O problema da falta de internet associado à estratégia do governo de MG de entregar as apostilas impressas explica a queda na frequência das aulas ao longo dos meses mesmo com uma porcentagem considerável nas entregas das atividades, mas ainda temos alunos com acesso à internet que fazem as atividades, mas não participam das aulas, o que mostra que

<sup>37</sup> Referentes apenas às aulas de Química.

existe também um desinteresse nas aulas *on-line*. Uma vez que a dificuldade dos alunos em acompanhar as aulas virtuais é real, muitos alunos parecem seguir o caminho de simplesmente não participar das aulas, seja por escolha, por necessidades ou por falta de aparato necessário para as aulas *on-line*.

### 5.3.2. EM RELAÇÃO À ORGANIZAÇÃO DAS RESPOSTAS DOS ALUNOS

Relembrando, a SD contou na prática com dois desafios e uma lista de exercícios, sendo os desafios realizados na primeira semana e a lista de exercícios realizada na segunda semana. Os desafios, denominados *Desafio 01* e *Desafio 02*, consistiram em os alunos analisarem várias fichas que continham características de elementos químicos diferentes e organizar esses elementos químicos da forma que os alunos achassem mais conveniente. No período de realização dos dois desafios os alunos tiveram as aulas 1 e 2, que falam da organização dos elementos químicos e da periodicidade, junto com os trabalhos de Döbereiner, Chancourtois, Newlands, Meyer e Mendeleev.

A lista de exercícios, feita durante a segunda semana, consistiu de 4 exercícios, onde o exercício 1 pedia para os alunos falarem sobre como eles se organizaram para a realização dos desafios, o exercício 2 cobrou que os alunos comparassem os desafios com a Tabela Periódica atual, o exercício 3 tinha a discussão de duas propriedades dos elementos para os alunos apontarem se eram propriedades periódicas ou não e o exercício 4 era um comparativo entre a Lei Periódica em função da massa atômica e a Lei Periódica em função do número atômico. Como o Exercício 1 da lista tem ligação direta com os desafios eles serão analisados juntos.

Como destacado na tabela abaixo (tabela 2), assim como já colocado na tabela acima (tabela 1), o percentual de entregas das atividades foi relativamente baixo, possivelmente pelos mesmos motivos da queda de frequência dos alunos nas aulas e da falha de comunicação entre o professor pesquisador e a supervisão da escola acima citada.

**Tabela 2:** Percentual de entrega das atividades da SD

Atividade proposta	Entregas (em %)
Desafio 01	14 %
Desafio 02	13 %
Exercício 1	13 %
Exercícios 2 a 4	0 %

Apesar dos motivos já citados para a baixa entrega de atividades, percebe-se que o fato não é exclusividade do presente trabalho. Outros professores das turmas de 1º ano também passam por problemas similares<sup>38</sup> e, aparentemente, temos essa realidade em outros lugares. Em reportagem da UOL de novembro de 2020<sup>39</sup> vemos relatos de professores de vários estados brasileiros. Os relatos são os mesmos: dificuldades na preparação dos conteúdos, no contato com os alunos, a baixa participação dos alunos etc. Um professor de Minas Gerais relata que muitos “[...] não estão seguindo as atividades, apenas seis ou sete alunos de cada turma enviam de volta as tarefas completas”.

Em relação às atividades que foram de fato entregues, o desafio 01 foi a atividade que mais teve participação das turmas, com cerca de 14% dos alunos matriculados entregando as atividades. Relembrando o desafio 01, os alunos receberam 15 fichas, cada uma contendo características de um elemento químico diferente, para os alunos proporem a organização mais conveniente para esses elementos. No momento em que esse desafio foi passado os alunos já tinham participado da primeira aula da SD, onde viram a ideia de organização dos elementos por características semelhantes. Todos os alunos conseguiram enxergar uma forma de organizar os elementos (tabela 3):

**Tabela 3:** Respostas do desafio 01

Forma de organização	Critério de organização	Percentual de alunos (do total de entregas)
<i>i.</i> Um grupo em ordem crescente de pesos atômicos	Peso atômico	50 %
<i>ii.</i> Vários grupos em ordem crescente de pesos atômicos	Família pertencente na TP	37,5 %
<i>iii.</i> Vários grupos sem ordem interna estabelecida	Família pertencente na TP	12,5 %

Percebe-se que, do total de entregas, metade dos alunos apenas colocaram os elementos em ordem crescente de massa atômica (nas fichas foi usada a linguagem da época, que era *peso* atômico em vez de *massa* atômica), enquanto que, da outra metade,  $\frac{3}{4}$  dos alunos usaram como critério de organização a família (ou grupo) da TP que o elemento pertence mais a ordem crescente de massa atômica (combinando duas características para sua organização) e

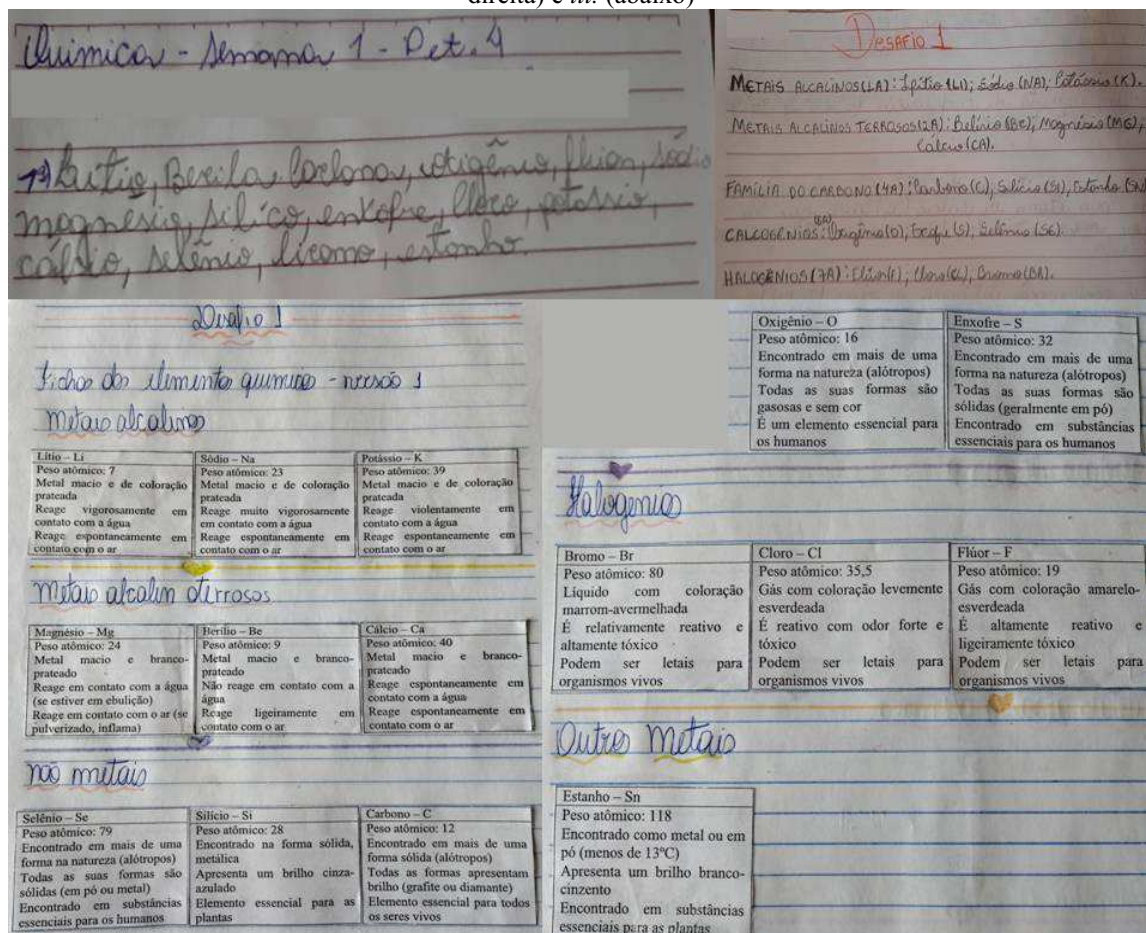
<sup>38</sup> Informações da própria escola

<sup>39</sup> CAPUCHINHO, Cristiane. Diários de Classe: Professores compartilham seus desafios e aprendizados durante a pandemia, e ajudam a caminhar para o futuro. **UOL/ Ecoa**, Ciclo de Educação. São Paulo, Brasil/ Paris, França, 24 de novembro de 2020. Disponível em: < <https://www.uol.com.br/ecoa/reportagens-especiais/educacao-diaris-de-classe/>>. Último acesso em janeiro de 2021.



o outro ¼ focou apenas na família pertencente. Na fotografia abaixo (fotografia 1) temos um exemplo de cada tipo de respostas.

Fotografia 1: Exemplo de resposta de cada categoria descrita na tabela 03: *i.* (acima e à esquerda), *ii.* (acima e à direita) e *iii.* (abaixo)



Fonte: alunos da escola (todas as imagens), 2020.

Destaca-se primeiramente o fato de que 37,5 % da turma já tinha entendido que a organização dos elementos lida com mais de uma característica diferente, o que foi usado para suas organizações, conforme visto nos documentos por eles produzidos (desafio 01 e exercício 1) e no exemplo na figura acima (fotografia 1). Sem querer estes alunos usaram o que foi visto por eles na aula 02 como *periodicidade* – e eles perceberam esse fato quando tiveram a aula *on-line*. Pelas reações demonstradas é possível dizer que esse percentual dos alunos conseguiu compreender (já a esta altura das aulas) como que se deu o processo de construção (ou surgimento) da ideia de periodicidade, indo ao encontro da ideia levantada por Callegario *et. al.* (2015) de que a HC facilita na melhor compreensão do surgimento e do desenvolvimento do conceito; ou seja, tiveram uma melhor compreensão da natureza da Ciência (ACEVEDO-DÍAZ, GARCÍA-CARMONA e ARAGÃO, 2017).

Em segundo lugar destaca-se o fato mais chamativo das respostas: metade dos alunos usou como critério um conceito que ainda não tinha sido trabalhado nas aulas e só seria apresentado na última aula, que é a divisão da TP por grupos, ou famílias, de elementos com características semelhantes (como visto na resposta de um dos alunos, foto *iii* da fotografia 1). Uma vez que todos os alunos que responderam os desafios possuem acesso à internet a explicação mais plausível é que eles consultaram fontes externas às aulas para realização do desafio. Portanto, o fato de a aplicação da atividade ter sido *on-line* interferiu diretamente nos resultados da pesquisa.

Apesar da interferência direta da busca por outras fontes, essa atitude dos alunos mostrou que essa atividade gerou ou intensificou neles uma capacidade de autonomia, que vai ao encontro do relatório técnico do GESTRADO/UFMG (2020), que afirma que apenas 11,3% dos estudantes não possuem autonomia para acompanhamento de aulas remotas. Pelos resultados obtidos é possível apontar que o perfil da turma (ao menos os alunos que entregaram as atividades) é de alunos com essa autonomia; pela convivência com os alunos antes da pandemia é possível afirmar que este é um perfil que é bem parecido com o comportamento padrão da turma pré-pandemia.

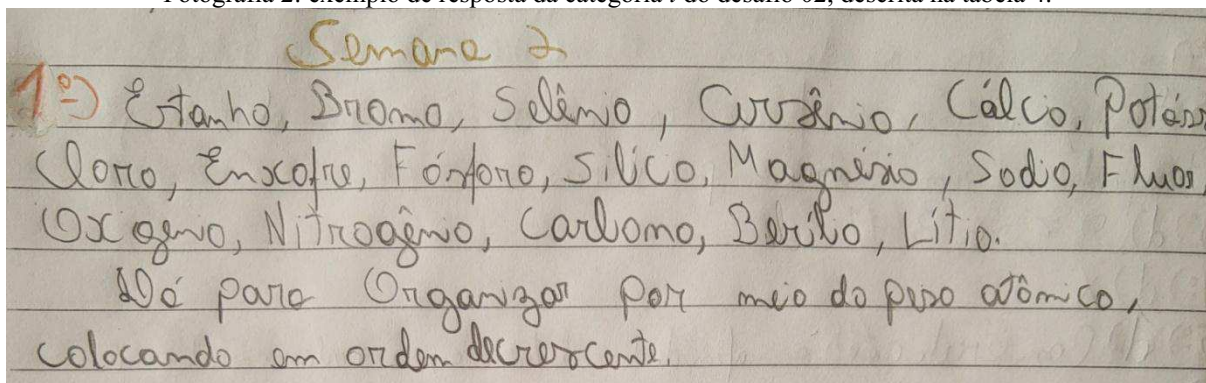
Apenas pelo desafio 01 (somado à aula posterior a ele) já é possível perceber que uma parcela dos alunos já teve uma compreensão do conceito de periodicidade, enquanto que uma parcela maior teve melhor compreensão do fazer Ciência a partir de um conjunto de informações que tinham em mãos para chegar à resolução de um desafio (e até mesmo buscando mais informações para resolver o problema que tinham em mãos). O ocorrido já era algo esperado, uma vez que a literatura consultada já indicava que essas percepções seriam resultados da adoção da História da Ciência nas elaborações de sequências didáticas de Química (CALLEGARIO *et. al.*, 2015; ACEVEDO-DÍAZ, GARCÍA-CARMONA e ARAGÃO, 2017; ESPIR, EPOGLOU e MARQUES, 2019).

O desafio 02, que também consistia em uma atividade de organização de fichas (este desafio teve mais fichas de elementos químicos – 18 – e mais características dos elementos citados nas fichas), teve uma participação menor de alunos da turma (como já foi indicado na tabela 02 algumas páginas acima), bem como o exercício 1 da lista proposta ao final da SD, o que aparece mais a frente. Lembrando que o segundo desafio foi entregue após a aula de periodicidade e nos mostrou alguns resultados diferentes em relação ao primeiro desafio, como apresentado na tabela abaixo (tabela 4) e também ilustrado por algumas fotografias colocadas ao longo do texto (fotografias 2 a 6).

**Tabela 4:** Respostas do desafio 02

Forma de organização	Critério de organização	Percentual de alunos (do total de entregas)
<i>i.</i> Um grupo em ordem decrescente de pesos atômicos	Peso atômico	28,5 %
<i>ii.</i> Vários grupos em ordem crescente de pesos atômicos	Peso atômico Estado físico da substância elementar (CNTP)	14,3 %
<i>iii.</i> Vários grupos em ordem crescente de pesos atômicos	Característica metálica ou não metálica do elemento	14,3 %
<i>iv.</i> Vários grupos sem ordem de pesos atômicos	Característica metálica ou não metálica do elemento	14,3 %
<i>v.</i> Vários grupos sem ordem interna estabelecida	Família pertencente na TP	14,3 %
<i>vi.</i> Vários grupos sem ordem interna estabelecida	Família pertencente na TP Número de elétrons na camada de valência	14,3 %

Se no desafio 01 metade da turma apenas colocou os elementos em ordem crescente de massa atômica, no desafio 02 pouco mais de  $\frac{1}{4}$  dos respondentes continuou com organização parecida, mas desta vez colocando em ordem decrescente das massas. Não há explicação no exercício 1 para a mudança de ordem, apenas há a constatação que essa organização é possível – inclusive um dos respondentes colocou isso por escrito (fotografia 2). A quantidade de pessoas que colocou os elementos sem uma ordem de massas atômicas aumentou. Como alguns alunos entregaram após a data estipulada e já tinham visto na aula sobre os trabalhos de Moseley que a Lei Periódica não é em função dos pesos atômicos (como se acreditava na época de Mendeleev) eles podem ter desconsiderado a massa atômica como valor relevante para suas organizações; entretanto isso não foi afirmado por nenhum deles no exercício 1.

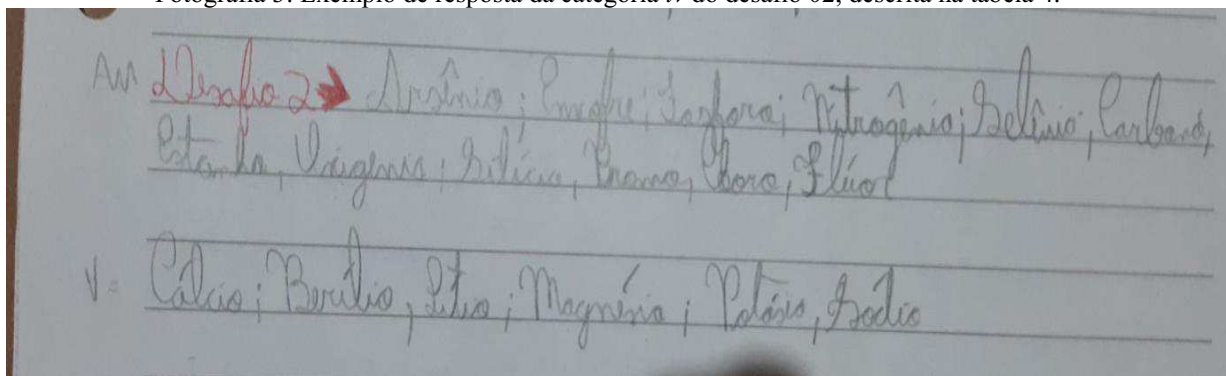
Fotografia 2: exemplo de resposta da categoria *i* do desafio 02, descrita na tabela 4.

Fonte: aluna da escola, 2020.

A diminuição do percentual de alunos que continua a usar somente o peso atômico para organização dos elementos e o consequente aumento no percentual de alunos que passaram a usar outras características para essa organização apontam para um aumento no número de alunos que tiveram uma compreensão mais consistente do conceito de periodicidade mediante a proposta da SD. Ao observar, nas aulas subsequentes, que os alunos viram a relação entre esta atividade e o que Mendeleev fez para chegar à sua versão da Tabela Periódica também permitiu ao pesquisador constatar que os alunos viram o cientista de uma forma mais humana, o que vai ao encontro do que é descrito por Barp (2013), cujo trabalho aponta que com a HC os alunos podem ver os cientistas como pessoas normais, como quaisquer outras, influenciadas pelos acontecimentos de suas épocas.

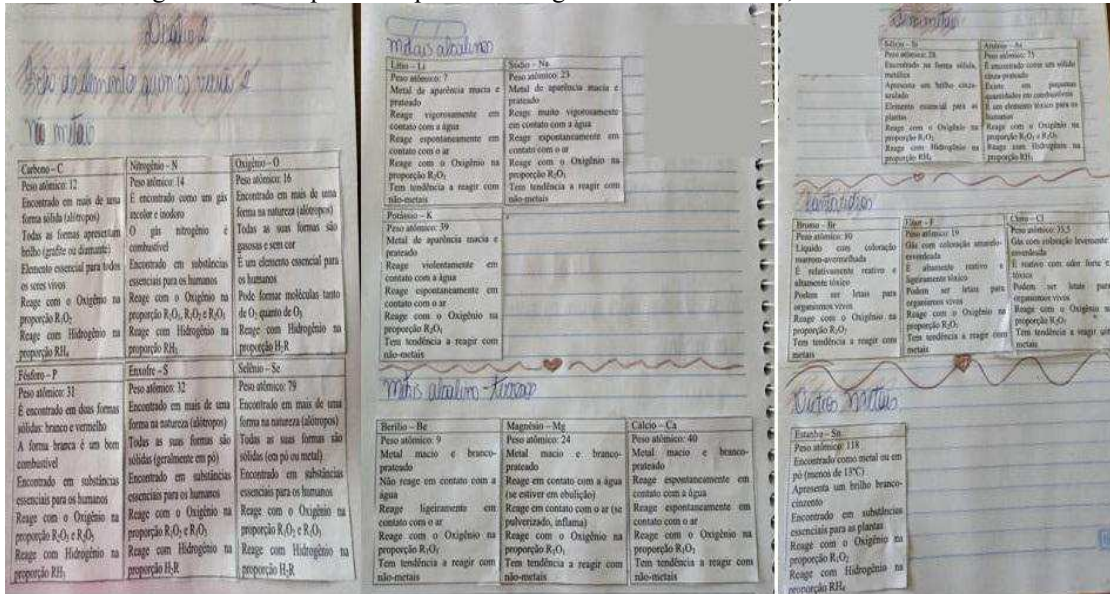
Alguns dos respondentes que usaram características não trabalhadas no desafio 01 passaram a usar outro conceito, parecido, mas que os alunos viram nas características citadas nas fichas do desafio 02, que é a característica metálica. Em muitas das fichas foi citado se o elemento era encontrado na natureza como substância elementar metálica ou não metálica e os alunos provavelmente consideraram essa característica, alguns sem levar em conta a ordem crescente de pesos atômicos (fotografia 3), enquanto que outros já levaram essa ordem crescente em consideração (fotografia 4). Esse grupo de alunos que organizou as fichas por peso atômico e característica metálica está dentro do percentual de alunos que teve melhor compreensão da periodicidade durante as aulas, conforme discutido acima.

Fotografia 3: Exemplo de resposta da categoria *iv* do desafio 02, descrita na tabela 4.



Fonte: aluno da escola, 2020.

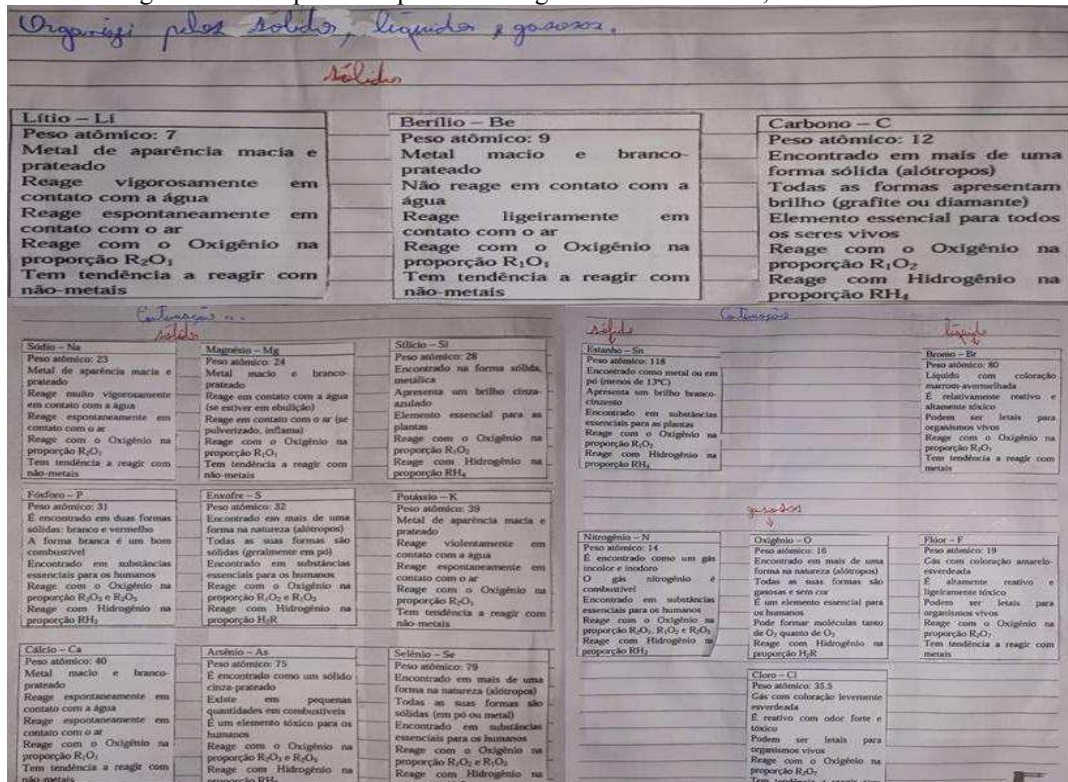
Fotografia 4: Exemplo de resposta da categoria *iii* do desafio 02, descrita na tabela 4.



Fonte: Aluna da escola (todas), 2020

Outra característica levada em consideração por uma pequena parcela dos alunos foi o estado físico da substância elementar nas CNTP (fotografia 5), o que ninguém levou em consideração no desafio 01.

Fotografia 5: exemplo de resposta da categoria *ii* do desafio 02, descrita na tabela 4

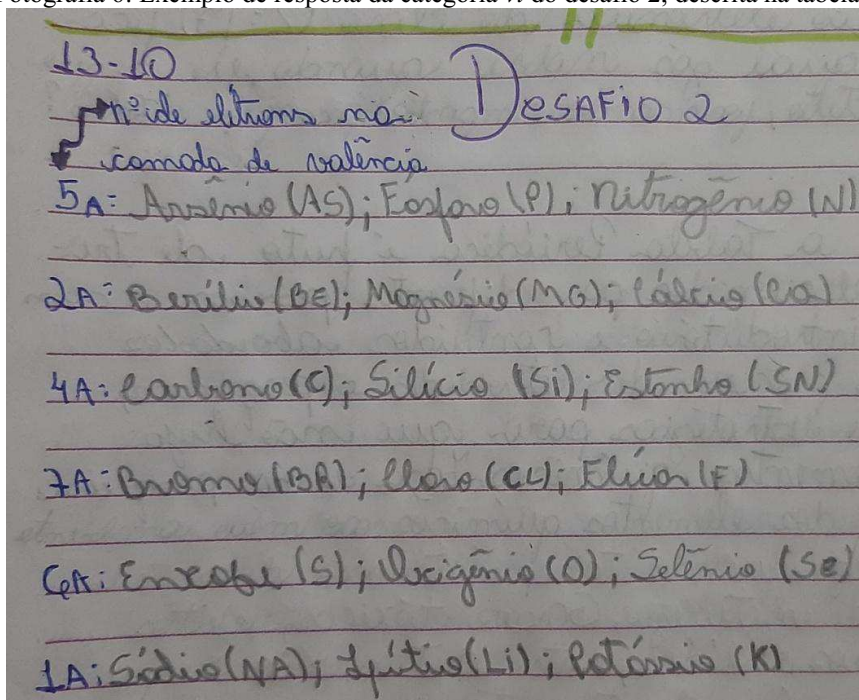


Fonte: Aluno da escola, 2020

Conforme o exemplo de resposta acima, vemos que foram utilizadas duas características: estado físico e ordem crescente de pesos atômicos. Vemos, a partir disso, que alguns alunos utilizaram mais as diferentes características das fichas, o que foi pouco considerado no desafio anterior, o que mostra que pessoas diferentes podem ter percepções diferentes do conjunto de dados apresentados. Apresentar isso para a turma posteriormente fez com que eles tivessem um vislumbre maior da atividade de um cientista, além da percepção de que pessoas diferentes podem ter visões diferentes sobre um conjunto de dados apresentados. Em outras palavras, tiveram uma melhor compreensão da natureza da Ciência, tal qual é mostrado na literatura consultada (BARP, 2013; MARTORANO, CARMO e MARCONDES, 2013; CALLEGARIO *et. al.*, 2015; ACEVEDO-DÍAZ, GARCÍA-CARMONA e ARAGÃO, 2017).

Apesar do avanço com vários alunos acerca das características consideradas para a organização das fichas, um novo conceito não trabalhado na SD apareceu (e que a relação entre ele e a posição dos elementos na TP só seria visto no PET que fala sobre reações químicas): a valência dos átomos (fotografia 6). Tivemos respondentes que levaram em consideração o número de elétrons na camada de valência para organizar seus elementos.

Fotografia 6: Exemplo de resposta da categoria vi do desafio 2, descrita na tabela 4



Fonte: aluna da escola, 2020.

Mais uma vez vemos a autonomia de alguns alunos aparecendo ao mesmo tempo em que vemos também a interferência direta do fato de as aulas serem *on-line*. Como as turmas relataram que já tinham visto modelos atômicos no 9º ano do EF e o PET 3 também lidava com esse conteúdo, desta vez o conceito externo que foi buscado para responder ao desafio foi um conceito já trabalhado com eles em outros momentos, o que mostra que eles também afilaram as buscas externas para as respostas.

Targino (2017) nos mostra que, comumente, *Tabela Periódica* aparece nos livros didáticos após *Modelos Atômicos* e, por consequência, os alunos estudam TP após estas aulas, onde também veem o conceito de valência; logo, os alunos fazerem essa ligação entre a matéria vigente e valência dos átomos é algo esperado, porém apenas menos de 15 % dos alunos tiveram esse *insight*.

Junto à entrega dos desafios havia alguns exercícios a serem realizados, nos moldes do PET que os alunos já estavam realizando durante o ano letivo. O exercício 1 tinha duas perguntas, que eram: a) *Descreva quais os critérios que foram usados para você montar cada uma de suas classificações*; e b) *Quais foram as diferenças entre a primeira e a segunda organizações? Quais as diferenças de critérios usados entre as organizações?* Alguns alunos responderam essas perguntas junto aos desafios, sendo que poucos responderam no próprio caderno (como visto nas fotografias e 2, 5 e 6) e muitos responderam no *Google Classroom*. As categorias de respostas dos desafios 01 e 02 já descrevem as respostas que tivemos dos alunos neste exercício 1.

Apesar de o fator peso atômico ter sido o principal ingrediente para os alunos realizarem o desafio 01, no desafio 02, como já destacado, vimos mais considerações de outros fatores, como caráter metálico/ não metálico, estado físico e valência. Se no desafio 01 os alunos tiveram uma compreensão mais consistente da *periodicidade*, com o desafio 02 e as aulas posteriores a ele os alunos tiveram uma melhor compreensão da construção da Tabela Periódica, tendo até relacionado a organização dos elementos com outros conceitos já vistos por eles, como *valência*, tal qual era esperado, considerando o constatado por Targino (2017). Também foi percebido pelo professor pesquisador com as aulas posteriores tiveram uma melhor compreensão da importância dos trabalhos de vários cientistas para se chegar a tabela que hoje eles têm em mãos. Isso vai ao encontro do que é mostrado na literatura consultada para o trabalho (e apresentada ao longo de todas as seções deste trabalho) de que com a HC os alunos podem ter uma visão mais humana dos cientistas e compreender que a Ciência não acontece isolada da sociedade, mas sim pelas vivências que os cientistas têm na sociedade.

Os exercícios 2 a 4 da lista do final da SD não foram respondidos pelos alunos, o que pode ser justificado pelo fato de o PET 5 já ter sido disponibilizado quando essa lista foi entregue; por consequência, os alunos se prestaram a começar logo o estudo do PET seguinte em detrimento da atividade “diferente” do professor. De qualquer forma esse comportamento, que não condiz com o comportamento padrão da turma, se encaixa na característica da diminuição drástica na participação das atividades do relatório do GESTRADO/UFMG (2020). Acrescenta-se a essa análise que a organização do tempo para realização de cada PET atrapalhou a plena execução da SD elaborada pelo professor pesquisador, sendo que também interferiu diretamente nos resultados da pesquisa.

Dentro do possível, podemos considerar que as respostas e, principalmente, a progressão das respostas do desafio 01 para o 02, junto com o exercício 1 da lista final foram satisfatórios, enquanto que o restante da lista (não respondida, como visto no parágrafo acima) não foi satisfatório.



## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho consistiu em uma pesquisa qualitativa que visou trazer uma proposição, aplicação e avaliação uma sequência didática sobre a Tabela Periódica trazendo uma abordagem pautada na História da Química para fazê-la de forma “alternativa ao convencional”, com o fim de que possa ser proporcionado aos alunos momentos de reflexão crítica sobre o fazer Ciência, compreender que a Ciência é fruto do conhecimento de pessoas comuns inseridas nos contextos de suas sociedades e épocas e que os acontecimentos que ocorrem/ ocorreram nesses contextos influenciam a Ciência, mais especificamente que os alunos tenham essa compreensão na construção da Tabela Periódica e, por consequência, as leis periódicas.

A pesquisa foi dividida em quatro partes, sendo a primeira a construção de uma base histórica e pedagógica sólida para a construção da SD a partir da compreensão da relação entre a História da Ciência e o Ensino de Química (como visto na seção 2) e do objeto que é o centro dos assuntos das aulas desenvolvidas – a Tabela Periódica (como visto na seção 3); a segunda, que é o cerne da pesquisa: a montagem da sequência didática para as aulas de TP usando a História da Química para fazê-la de forma “alternativa ao tradicionalmente conhecido” (como já dito na seção 1); a terceira é a aplicação da SD em turmas de 1º ano do Ensino Médio (onde normalmente o conteúdo é trabalhado nas aulas de Química) com a sua subsequente análise e correções; a quarta é a elaboração de um guia por escrito do conteúdo como produto educacional que possa ser tanto usado como auxílio quanto reproduzível por qualquer professor de Química que tenha acesso a tal produto.

Podemos considerar que a divisão de etapas escolhida para o desenvolvimento desta pesquisa contribuiu para a sua realização, uma vez que cada etapa colaborou para a execução da etapa subsequente e todo trabalho foi útil na montagem do produto final (apêndice A), principalmente a etapa de aplicação e análise da sequência didática, até mesmo por todas as adaptações que foram necessárias e limitações que foram vividas por conta das medidas de isolamento social e regime especial de trabalho virtual de casa decorrentes da pandemia do novo Coronavírus. Reiteramos que as aulas virtuais em regime especial adotado pelo governo de MG influenciaram diretamente a execução da SD.

Foi observado que a Sequência Didática, dentro das suas limitações, conseguiu cumprir parcialmente os objetivos estabelecidos para a pesquisa; parcialmente porque, com os efeitos do regime especial da baixa participação de alunos nas atividades e nas aulas, uma

porcentagem baixa das turmas foi participante da pesquisa; objetivos cumpridos porque foi possível observar que ao longo da aplicação da SD, sobretudo na realização dos desafios propostos, os alunos foram compreendendo os conceitos relacionados à matéria da SD assim como foram compreendendo os elementos da construção da TP e da Lei Periódica, tal qual era buscado com o uso da HC na sequência.

Podemos listar as contribuições que o uso da HC trouxe para os alunos nesta SD: 1º os alunos tiveram uma compreensão mais consistente dos conceitos trabalhados nas aulas, *periodicidade, Lei Periódica, e Tabela Periódica*, ao verem toda elaboração e transformação que eles passaram (dentro do possível pelo tempo); 2º Os alunos tiveram um contato maior com o “fazer Ciência”, uma vez que os desafios propostos foram baseados no que se acredita que foi feito por Mendeleev para montagem da sua versão da TP; 3º os alunos perceberam que os cientistas não são seres isolados da sociedade ou gênios inalcançáveis, mas sim pessoas que vivem em épocas e contextos próprios e que são influenciadas por esse contexto e pelo que já foi estudado no passado (e que em contextos ou situações diferentes a TP que temos hoje não existiria).

Paralelamente a isso se percebeu que nessas aulas os alunos se demonstraram mais participativos e interativos que as aulas comuns do regime especial de atividades remotas, além de desenvolverem neles maior autonomia para resolução de problemas; com isso, podemos considerar que as aulas usando HQ foram mais atrativas para os alunos (só não sabemos se é por causa da HQ ou se foi por ser algo diferente das aulas *online* seguindo as apostilas do PET).

Consideramos ainda que, por causa das limitações e dificuldades decorrentes da adaptação da SD para o formato do PET adotado pelo governo de MG, a SD seria melhor executada como planejada inicialmente: com 6 aulas (3 semanas + atividades para casa), com momentos de discussão de textos elaborados pelo professor pesquisador, execução dos desafios em maior tempo e a realização da lista de exercícios com mais calma. Por isso mesmo o Guia de Aulas de Tabela Periódica, produto final oriundo do trabalho dessa dissertação, foi mantido de acordo com essa organização inicial e não de acordo com as aulas executadas de forma virtual.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO-DÍAZ, J. A.; GARCÍA-CARMONA, A.; ARAGÃO, M. del M. Historia de la ciencia para enseñar naturaleza de la ciencia: una estrategia para la formación inicial del profesorado de ciencia. **Educación Química**, vol. 28, p. 140 a 146. México, 2017.

ASIMOV, I. **A Short History of Chemistry– An Introduction to the Ideas and Concepts of Chemistry**. New York: Doubleday&Co., Inc, 1975. Tradução p/ espanhol: Alfredo Cruz e María Isabel Villena. Madrid: Alianza Editorial, 2003.

BARP, E. Contribuições da História da Ciência para o Ensino da Química: Uma Proposta para Trabalhar o Tópico Radioatividade. In: **IV Jornada de História da Ciência e Ensino: propostas, tendências e construção de interfaces**. São Paulo, Brasil. 4 a 6 de julho de 2013.

BELTRAN, M. H. R; SAITO, F.; TRINDADE, L. S. P. **História da Ciência para formação de professores/** Maria Helena Roxo Beltran, Fumikazu Saito, Lais dos Santos Pinto Trindade. – São Paulo: Livraria da Física, 2014. (série temas em história da ciência).

BRASIL. Ministério da Educação – Conselho Nacional de Educação/ Câmara de Educação Superior (CNE/CES). **Diretrizes Nacionais para os Cursos de Química** – Brasília, 2001.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais** – Ensino Médio. Brasília, 2000.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais** – PCN+ Ensino Médio – Ciências da Natureza, Matemática e Suas Tecnologias. Brasília, 2002.

CALLEGARIO, L. J.; HYGINO, C. B.; ALVES, V. L. O; LUNA, F. J.; LINHARES, M. P. A História da Ciência no Ensino de Química: Uma Revisão. **Revista Virtual de Química**, vol. 7, nº 3, p. 977 a 991. 2015.

CARVALHO, A. M. P. de; GIL-PEREZ, D. **Formação de Professores de Ciências**. São Paulo: Cortez, 10ª edição, 2011 (*Questões da Nossa Época*, v. 28).

CNTE/GESTRADO (GRUPO DE ESTUDOS SOBRE POLÍTICA EDUCACIONAL E TRABALHO DOCENTE. GESTRADO/UFMG). **Trabalho Docente em Tempos de Pandemia** – Belo Horizonte, 2020. 24 p. (Relatório Técnico).

CUNHA, M. F. da. **A Dimensão Pedagógica da Tabela Periódica no Ensino de Conceitos Químicos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba-MG, 2019.

ESPIR, I. F.; EPOGLOU, A.; MARQUES, D. M. O Uso da História da Química no Ensino de Química: A Visão de Licenciandos em Química. **Revista Virtual de História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces**, v. 20 (especial), p. 657 a 671, 2019.

FREITAS-REIS, I. (organização). **Estratégias para a Inserção da História da Ciência no Ensino: um compromisso com os conhecimentos básicos de Química**. São Paulo: Livraria da Física, 2015.

LÜDKE, M. e ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária LTDA, 1986.

MARQUES, D. M. **Dificuldades e possibilidades da utilização da História da Ciência no Ensino de Química: um estudo de caso com professores em formação inicial**. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2010.

\_\_\_\_\_. Formação de professores de ciências no contexto da História da Ciência. **Revista Virtual de História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces**, v. 11, p. 1-17, 2015.

MARTORANO, S. A. A.; CARMO, M. P. do; MARCONDES, M. E. R. A História da Ciência no Ensino de Química: o ensino e aprendizagem do tema cinética química. In **Anais, IV Jornada de História da Ciência e Ensino: propostas, tendências e construção de interfaces**. São Paulo, Brasil. 4 a 6 de julho de 2013.

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: A Tendência Atual de Reaproximação. Trad.: Claudia Mesquita de Andrade. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 3, nº 12, p.164 a 214, 1995.

PENTEADO, M. M.; OLIVEIRA, A.; ZACHARIAS, F. S. TABELIX: Jogo da Memória como Recurso Pedagógico para o Ensino-aprendizagem sobre a Tabela Periódica. **Revista Ciência e Ideias**, v. 2, n. 1, p. 1-9, abr/set. 2010.

SANTOS, R. P.; NASCIMENTO JÚNIOR, J. M. M. do; DIAS, M. A. A. As Dificuldades e Desafios que os Professores Enfrentam com as Aulas Remotas Emergencial em Meio a Pandemia Atual. In: **VII Congresso Nacional de Educação (CONEDU)**, Maceió, Brasil, 15 a 17 de outubro de 2020.

SILVA, N. F. L. da. **Uma Abordagem para o Ensino de Modelos Atômicos e Radioatividade a partir da História da Ciência**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba-MG, 2019.

TARGINO, A. R. L. **Textos Literários de Divulgação Científica na Elaboração e Aplicação de uma Sequência Didática sobre a Lei Periódica dos Elementos Químicos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação, São Paulo-SP, 2017.

\_\_\_\_\_; BALDINATO, J. O. Abordagem histórica da lei periódica nas coleções do PNLD 2012. **Química Nova na Escola**, vol. 38, nº 4, p. 324 a 333. São Paulo, Novembro de 2016.

TAVARES, O. A. P. Talento de Moseley: desvendando os segredos do átomo. **Ciência e Sociedade (CS)**, vol. 1, nº 1. Rio de Janeiro, CBPF, 2013.

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C.; CHAGAS, A. P. Alguns Aspectos Históricos da Classificação Periódica dos Elementos. **Química Nova**, vol. 20, nº1, p. 103 a 117. São Paulo, 1997.

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL



Universidade Federal de Uberlândia  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática  
Produto Educacional



# <sup>1</sup>História da <sup>73</sup>Tabela Periódica



Por Iago Ferreira Espir

Uberlândia  
2021

## <sup>16</sup> Sumário

Apresentação	3
Semana 01	4
Aula 01	4
Aula 02	6
Semana 02	8
Aula 03	8
Aula 04	10
Semana 03	13
Aula 05	13
Aula 06	17
Atividades	17
Bibliografia	19
Apêndice A	20
Apêndice B	21

# Proposta de Sequência Didática – História da Tabela Periódica

## APresentação

Esta sequência didática que está em suas mãos é fruto da dissertação de mestrado *Proposta de Ensino de Tabela Periódica: Uma Abordagem Alternativa a Partir da História da Ciência*, como pré-requisito do Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Uberlândia – PPGECM-UFU para o autor alcançar o título de mestre em ensino de ciências. O tema central, como o caro leitor perceberá, é o desenvolvimento histórico da Lei Periódica, abordando o conteúdo geralmente trabalhado nos 1º anos do Ensino Médio sob o título Tabela Periódica por um viés histórico. O momento de realização deste trabalho foi logo após as comemorações do *Ano Internacional da Tabela Periódica (International Year of Periodic Table of Chemical Elements, em inglês, tendo como sigla IYPT 2019)*<sup>40</sup>, em 2019, um evento proclamado pela UNESCO em parceria com a *International Union of Pure and Applied Chemistry – IUPAC*.

As aulas focam nos seguintes tópicos: explicar o contexto histórico da construção de várias propostas de classificação dos elementos, discutir o surgimento da ideia de *periodicidade*, os muitos trabalhos que surgiram que contribuíram para a formação da TP, discutir o surgimento da ideia de Lei Periódica e mostrar a TP atualmente utilizada. Com essa abordagem histórica acredita-se que os alunos terão uma visão mais crítica e contextualizada da construção da Tabela Periódica, bem como ao uso. Além disso, os estudantes terão melhor visão da natureza da Ciência, isto é, da forma como se fez e se faz Ciência, e dos cientistas também, entendendo que são seres humanos tão influenciados por seus contextos histórico, político e social quanto qualquer um de nós.

A estrutura desta SD é de 6 aulas, divididas em 3 semanas (no contexto de Minas Gerais as escolas têm 2 aulas de Química por semana), trabalhando os objetivos por meio de textos, tabelas e outras atividades. Damos a sugestão de usar os textos da SD que fazem a abordagem histórica por meio de leituras com os alunos seguidos de discussões dos textos, onde nessas discussões o/a professor/a destaca os pontos importantes junto aos alunos. De qualquer forma, esta SD é uma base, não necessariamente um guia a ser seguido à risca; logo, onde você, caro leitor, achar necessário, vale o esforço de adaptação do aqui proposto para a realidade da sua sala de aula. De qualquer forma, esta SD traz, além dos textos, desenhos de várias versões de tabelas dos muitos cientistas que trabalharam com isso e outras dicas de leitura para deixarem suas aulas mais ricas e que envolvam mais os estudantes para a discussão do conteúdo.

Espero que esta sequência possa ser útil em suas aulas e desde já agradeço pelo tempo dedicado a pelo menos estudar este material. Boas aulas!

**Tema Central:** Desenvolvimento histórico da Lei Periódica

**Turmas:** 1º ano do Ensino Médio

**Objetivos:** a. Proporcionar momentos para ajudar os alunos a compreenderem a Lei Periódica e o seu desenvolvimento; b. Proporcionar momentos de aprendizagem sobre como utilizar a Tabela Periódica à luz das leis periódicas.

**Conteúdos:** a. Lei Periódica; b. Tabela Periódica; c. Propriedades Periódicas.

<sup>40</sup>2019 – Ano Internacional da Tabela Periódica dos Elementos Químicos. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/pt/brasil/pt/about-this-office/prizes-and-celebrations/2019-international-year-of-the-periodic-table-of-chemical-elements/>>.



**Pré-requisitos:** a. Modelos Atômicos; b. Partículas subatômicas; c. Elemento Químico; d. Reações Químicas.

## Introdução

No decorrer das aulas sobre modelos atômicos, nós vimos o conceito moderno de *elemento químico*, que é o conjunto de todos os átomos que possuem o mesmo número de prótons (ou número atômico ( $Z$ )) e, por consequência, apresentarão iguais números de prótons e elétrons (se for um átomo em estado fundamental) e as mesmas características químicas. Foi visto também durante as aulas anteriores que todas as substâncias na natureza são formadas por átomos desses elementos químicos, sempre na mesma proporção e, quando acontece uma reação química, as substâncias reagentes se transformam em outras substâncias (produtos) pelo rearranjo desses átomos entre si. Agora, como essas propriedades desses elementos são estudadas?

## Desafio

1. Considerando a lista de elementos químicos das fichas entregues (Apêndice A) e algumas de suas características químicas destacadas, proponha uma organização desses elementos, da forma que achar melhor.  
(entrega na aula 3)

## Aula 01: A Organização dos Elementos Químicos

### Primeiras propostas de organização dos elementos químicos

**Dica de leitura:** o artigo *Alguns Aspectos Históricos da Classificação Periódica dos Elementos*, listado nas referências bibliográficas, mostra os vários trabalhos que surgiram relacionados à Tabela Periódica. Vale a pena a leitura, principalmente pela quantidade de tabelas que os

Na história da ciência, à medida que os cientistas iam descobrindo cada vez mais elementos químicos, eram elaboradas “listas” com os elementos já descobertos. No século XVIII, vemos o químico Antoine-Laurent de Lavoisier apresentar no seu livro *Tratado Elementar de Química* (1789) uma tabela com os elementos químicos até então conhecidos e estabelecer uma nova nomenclatura para eles (um detalhe que chama a atenção nessa tabela é que ele considera a luz e o calor como sendo elementos químicos!). Porém, não há nenhum tipo de classificação ou comparação entre os elementos. Como, então, surgem as classificações dos elementos?

**Nota:** a tabela do Lavoisier NÃO É UMA TABELA PERIÓDICA! Ele não organiza a sua tabela, só lista os elementos até aquele momento conhecidos.

	Noms nouveaux.	Noms anciens correspondans.
<i>Substances simples qui appartiennent aux trois règnes, &amp; qui se trouvent comme les éléments des corps.</i>	Lumière.....	Lumière.
	Calorique.....	Chaleur.
		Principe de la chaleur.
	Oxigène.....	Fluide igné.
		Feu.
		Matière du feu & de la chaleur.
Air déphlogistiqué.		
Azote.....	Air empiréal.	
	Air vital.	
	Base de l'air vital.	
Hydrogène.....	Gaz phlogistiqué.	
	Mofète.	
<i>Substances simples non métalliques oxidables &amp; acidifiables.</i>	Base de la mofète.	
	Gaz inflammable.	
	Base du gaz inflammable.	
	Soufre.....	Soufre.
	Phosphore.....	Phosphore.
	Carbone.....	Charbon pur.
	Radical muriatique.	Inconnu.
	Radical fluorique..	Inconnu.
	Radical boracique..	Inconnu.
	Antimoine.....	Antimoine.
	Argent.....	Argent.
	Arfenic.....	Arfenic.
Bismuth.....	Bismuth.	
Cobalt.....	Cobalt.	
Cuivre.....	Cuivre.	
Etain.....	Etain.	
<i>Substances simples métalliques oxidables &amp; acidifiables.</i>	Fer.....	Fer.
	Manganèse.....	Manganèse.
	Mercure.....	Mercure.
	Molybdène.....	Molybdène.
	Nickel.....	Nickel.
	Or.....	Or.
	Platine.....	Platine.
	Plomb.....	Plomb.
	Tungstène.....	Tungstène.
	Zinc.....	Zinc.
<i>Substances simples fixables terrenees.</i>	Chaux.....	Terre calcaire, chaux.
	Magnésie.....	Magnésie, base du sel d'epsom.
	Baryte.....	Baryte, terre pesante.
	Alumine.....	Argile, terre de falun, base de l'alun.
Silice.....	Terre siliceuse, terre vitrifiable.	

Figura 1: Tabela dos Elementos de Lavoisier publicada em 1789  
 Fonte: Tolentino, Rocha-Filho e Chagas, 1997.

À medida que os cientistas estudavam os comportamentos de cada elemento conhecido e disponível, começaram a perceber semelhanças de comportamentos entre alguns elementos e começaram a surgir tentativas de “agrupá-los pelos semelhantes”. Uma dessas primeiras tentativas foi proposta por Johann W. Döbereiner (1780-1849), na Alemanha, em meados de 1824, época em que eram conhecidos cerca de 30 elementos químicos. Em suas observações, ele notou determinadas semelhanças a cada grupo de 3 elementos químicos (daí o nome de *Triádes de Döbereiner*) e, então, organizou os elementos de três em três e nota que, por exemplo, a massa atômica (o conceito de massa atômica naquela época era diferente do conceito atual) do elemento central desta tríade era a média das massas atômicas dos outros dois elementos.

Exemplos de tríades (massa atômica entre parênteses):

Lítio (7), Sódio (23) e Potássio (39)

Nessa época em que Döbereiner fazia seus estudos existia em algumas áreas da Ciência uma tendência de se estabelecer uma sistematização do que é estudado e já havia alguns trabalhos de séculos anteriores que influenciavam isso. Por exemplo, Karl von Linneaus traz uma sistematização de características de plantas para a Botânica; Newton traz uma sistematização da mecânica de objetos; Lavoisier traz uma sistematização do saber metódico da Química e, junto com Guyton de Morveau, Berthollet e Fourcroy, traz uma sistematização das nomenclaturas químicas. Por conta desse impulso classificatório, os químicos ficaram cada vez mais interessados em entender, isto é, descobrir, uma classificação coerente para os elementos químicos. Dessa forma, muitos outros além de Döbereiner buscaram suas tríades ou outras formas de organizar os elementos químicos.

## Aula 02: A Periodicidade

### **Descobrendo algo novo na organização dos elementos**

Döbereiner, como já mencionado, organizou os elementos por tríades, destacando as características comuns entre eles e sua massa atômica. Mas em 1864 surge uma nova proposta de organização, um pouco diferente da anterior. John Alexander Reina Newlands (1837-1898), na Inglaterra, propôs uma distribuição dos elementos químicos em grupos de sete elementos, o que ficou conhecido como “A lei das oitavas de Newlands”.

Dica de leitura: procure a ideia de oitavas musicais antes dessa aula; vai enriquecer a aula saber fazer essa

A ideia desta distribuição foi baseada que o oitavo elemento químico apresentava propriedades semelhantes ao primeiro elemento do grupo, tal qual ocorre na oitava nota de uma oitava musical. Apesar de Newlands ter sido alvo de comentários irônicos por parte dos colegas da Royal Society (instituição que promove conhecimentos científicos que foi fundada no ano de 1660, em Londres) pela comparação entre elementos químicos e notas musicais, ele nos deixa uma importante contribuição: na sua organização dos elementos surge o termo *periódico*, uma vez que a lei das oitavas estabeleceu uma *periodicidade* na repetição de certas propriedades.

### **Periodicidade**

Quando Newlands surge com suas oitavas, vemos o termo *periódico* aparecendo pela primeira vez na Química. **Periódico** nada mais é que algo que acontece em certos intervalos; logo, dizer que a classificação dos elementos é periódica significa dizer que nessa classificação vemos alguma propriedade se repetindo periodicamente. É como um calendário, em que o primeiro dia da semana – domingo – sempre é marcado com uma cor diferente, por ser o dia de descanso do comércio; logo, os descansos comerciais no nosso calendário acontecem periodicamente todo domingo.

Dividindo os elementos químicos em grupos de 7, em ordem crescente de massa atômica, Newlands percebeu que os primeiros elementos de cada grupo compartilhavam algumas propriedades em comum, assim como os segundos elementos também compartilhavam algumas propriedades entre si, da mesma forma que os terceiros etc. Ele percebeu a periodicidade dos elementos químicos, embora a relação entre massa atômica e

periodicidade tenha sido postulada por outro químico, Dmitri Ivanovic Mendeleev, anos depois.

H 1	F 8	Cl 15	Co-Ni 22	Br 29	Pd 36	I 42	Pb-Ir 50
Li 2	Na 9	K 16	Cu 23	Rb 30	Ag 37	Cs 44	Tl 53
Cl 3	Mg 10	Ca 17	Zn 14	Sr 31	Cd 38	Ba-V 45	Pb 54
B 4	Al 11	Cr 18	Y 25	Ce-La 32	U 40	Ta 46	Th 56
C 5	Si 12	Ti 19	In 26	Zr 33	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

Figura 2: Representação da tabela de Newlands  
Fonte: Tolentino, Rocha-Filho e Chagas, 1997.

### *A organização periódica*

Pouco tempo depois da tentativa de organização dos elementos de Newlands, surgem outras tentativas de organização periódica dos elementos, como os trabalhos de Alexandre de Chancourtois, Lothar Meyer e Dmitri Ivanovic Mendeleev. Todos tinham em comum propostas de organizar os elementos de forma a relação entre as massas atômicas dos elementos químicos e suas propriedades químicas, como reatividade, comportamento em certos ambientes etc.

Em todas as propostas os elementos químicos foram distribuídos em ordem crescente de massa atômica, a do Chancourtois em uma linha espiral e as outras em tabelas suas linhas e colunas. Todos perceberam que as propriedades desses elementos assim distribuídos apresentavam determinadas periodicidades, ou seja, repetições, como, por exemplo, todos os elementos de uma mesma coluna reagir da mesma forma (embora em intensidades diferentes) com água. Por alguns motivos (que veremos nas próximas aulas), o trabalho de Mendeleev acabou sendo o mais divulgado e conhecido, sendo que hoje ele é reconhecido como um grande nome no desenvolvimento da organização dos elementos químicos.

## Sema<sup>II</sup>Na02

### **Desafio**

2. Baseado nos mesmos elementos químicos da atividade 01, mas agora com novos elementos e adicionadas mais características de cada um (Apêndice B), proponha uma nova organização destes elementos.

(Entregar na aula 05)

### **Aula 03: O Congresso de Karlsruhe e a influência na Construção da Tabela Periódica**

#### **Karlsruhe**

Em 1860 ocorreu o primeiro congresso internacional de Química: o Congresso de Karlsruhe. Este evento, que ocorreu em cidade homônima na Alemanha e reuniu mais de 140 químicos de vários países, foi organizado com o objetivo de resolver um grande problema de consenso que existia na época: estabelecer uma solução para o problema “peso atômico x peso equivalente”. Esse problema existiu, sobretudo, porque a ideia de átomo proposta por Dalton não foi facilmente aceita por todos os químicos, sendo que as dúvidas e especulações sobre a realidade dos átomos eram, em parte, de natureza filosófica e não envolviam aspectos científicos da questão, justificando a alternância entre o ceticismo e a confiança na então chamada hipótese atômica (nem todos consideravam uma teoria, mas sim uma hipótese).

Lembre-se das aulas de modelos atômicos aqui

Uma vez que muitos cientistas não confiavam totalmente no átomo, todos os trabalhos destes em Química que envolvia trabalho acurado com as massas dos reagentes e produtos levavam em conta o *peso equivalente*, que é a massa de uma dada substância que irá combinar com ou deslocar uma quantidade fixa de outra substância. Por exemplo, o peso equivalente de Cloro (Cl) seria a quantidade deste que reagiria com 1g de Hidrogênio (H); por meios experimentais, foi percebido que 35,5g de Cl reagem com 1g de H, então o peso equivalente de Cl = 35,5g. Para os adeptos do átomo, os trabalhos com massas de reagentes e produtos levavam em conta o *peso atômico*, que é o número de vezes que um átomo de um elemento é mais pesado que um átomo de Hidrogênio. O peso atômico do H é considerado como a unidade (1 u.m.a), então, por exemplo, o Oxigênio (O), cujo átomo é 16 vezes mais pesado que o átomo de H, possui peso atômico igual a 16 u.m.a. O Cloro, que é 35,5 vezes mais pesado que o H, possui peso atômico igual a 35,5 u.m.a.

Aparentemente em Karlsruhe não chegaram a um acordo sobre a importância do átomo e qual peso deveria ser usado e vimos uma bifurcação entre os químicos franceses (antiatomistas) e os alemães (atomistas). Entretanto, no último dia do congresso um italiano chamado Cannizzaro defende uma ideia de peso atômico (baseada nas publicações de outro italiano, Amedeo Avogadro) e, mesmo que não tendo sido muito ouvido durante o congresso, cópias de seu artigo foram distribuídas por seu amigo Angelo Pavesi e alcançou muitos químicos, que ficaram tocados pela ideia de peso atômico (equivalente à nossa atual massa atômica).

Logo após esse Congresso, muitos químicos enxergaram alguma relação entre as variações das propriedades dos elementos e sua massa atômica (na época, peso atômico). A publicação de Newlands, assim como as publicações de outros cientistas, foram posteriores a esse congresso, influenciados pelos panfletos divulgando as ideias de Cannizzaro. Dentre estes, temos os trabalhos de Alexandre de Chancourtois, Lothar Meyer e Dmitri Mendeleev.

## As Tabelas Periódicas

Chancourtois (1820-1886) organizou os elementos numa linha espiral em volta de um cilindro, de cima para baixo, em ordem crescente de peso atômico. Ele dividiu a circunferência do cilindro em 16 partes e mostrou que os elementos com propriedades semelhantes apareciam uns sobre os outros em voltas adjacentes da espiral – representação chamada de “Parafuso Telúrico” (“Telúrico” porque o elemento que aparecia na região média do desenho era o Telúrio). Apesar de esta representação demonstrar bem a periodicidade dos elementos, assim como as oitavas de Newlands, Chancourtois teve dificuldades para divulgar seu trabalho pela dificuldade em representar sua estrutura tridimensional e por sua linguagem mais mineralógica que química (ele era geólogo).

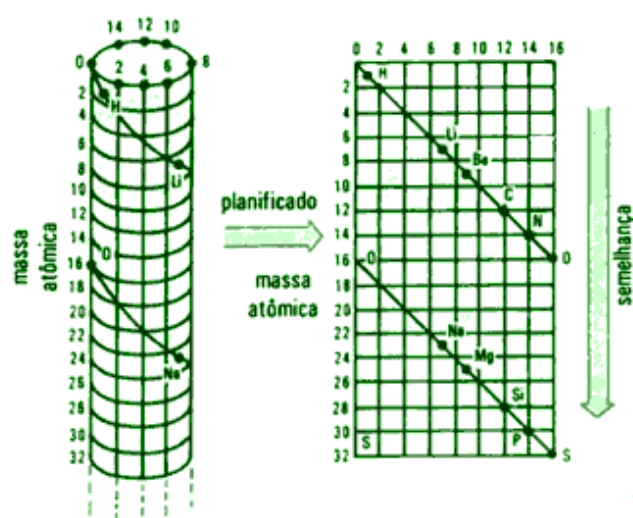


Figura 3: Representação da tabela de Chancourtois  
Fonte: Tolentino, Rocha-Filho e Chagas, 1997.

Julius Lothar Meyer (1830-1895), que foi professor de Química em várias universidades ao longo do século XIX (inclusive na de Karlsruhe), se dedicou ao estudo da Química, tendo escrito o livro *As Teorias Modernas da Química*. Sua dedicação passou a ser especificamente a de encontrar a relação entre propriedades das substâncias e pesos atômicos e calculou o “volume atômico” dos elementos conhecidos (equivalente ao “volume molar” que conhecemos hoje em dia). Ele acumula várias tentativas de organizar suas ideias em uma tabela que refletisse a periodicidade de algumas propriedades dos elementos e publica uma versão na segunda edição de seu livro, datado de 1868, porém só publicado em 1872.

I								H 1	Li 7,01	Be 9,3
II	B 11,0	C 11,97	N 14,01	O 15,96	F 19,1				Na 22,99	Mg 23,94
III	Al 27,3	Si 28	P 30,46	S 31,98	Cl 35,37				K 39,04	Ca 39,90
IV	? 47?	Ti 48	V 51,2	Cr 52,4	Mn 54,8	Fe 55,9	Co 58,6	Ni 58,6	Cu 64,9	Zn 63,3
V	? 70?	? 72?	As 74,9	Se 78	Br 79,75				Rb 85,2	Sr 87,2
VI	? 88?	Zr 90	Nb 94	Mo 95,6	? 98?	Ru 103,5	Rh 104,1	Pd 106,2	Ag 107,66	Cd 111,6
VII	In 113,4	Sn 117,8	Sb 122	Te 128	I 126,53				Cs 132,7	Ba 136,8
VIII	? 173?	? 178?	Ta 182	W 184	? 186?	Os 198,6	Ir 196,7	Pt 196,2	Au 196,7	Hg 199,8
IX	Tl 202,7	Pb 206,4	Bi 207,6							

Figura 4: Representação da tabela de Meyer  
Fonte: Tolentino, Rocha-Filho e Chagas, 1997.

Dmitri Ivanovich Mendeleev (1834-1907), químico russo nascido em São Petesburgo, participou do Congresso de Karlsruhe e, também influenciado pelos panfletos de Cannizzaro, apresenta sua proposta de Tabela Periódica enquanto escrevia seu livro *Princípios da Química*. Em 1869 ele publica a primeira versão da sua tabela Periódica, que conseguia relacionar propriedades dos elementos e massa atômica e, ainda no mesmo ano, atualiza a Tabela para sua segunda versão, publicada no “Jornal de Química”.

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

Figura 5: Representação da segunda tabela de Mendeleev  
Fonte: Tolentino, Rocha-Filho e Chagas, 1997.

O trabalho de Mendeleev chama a atenção por dois motivos: 1º alguns espaços vazios que ele deixou na Tabela propositalmente e 2º a alegação de que algumas massas atômicas foram calculadas incorretamente e, por isso, deveriam ser invertidas. Na próxima aula veremos o porquê de essas características serem tão importantes para a construção da Tabela Periódica como conhecemos hoje.



## Aula 04: A Tabela Periódica de Mendeleev

Como visto na última aula, o Congresso de Karlsruhe influenciou diretamente o trabalho de alguns químicos que se dedicaram a entender a relação entre os elementos químicos conhecidos. Após o referido evento vimos que alguns químicos enxergaram alguma relação entre as variações das propriedades dos elementos e sua massa atômica (na época, peso atômico), dos quais recebem maior destaque John Newlands, Alexandre de Chancourtois, Lothar Meyer e Dmitri Mendeleev. Dentre os citados, o trabalho publicado por Mendeleev chamou a atenção por alguns motivos – e isso foi importante para a formulação de uma nova lei científica...

### Surge então a Tabela Periódica como conhecemos – ou quase

Quando Mendeleev publica seu trabalho duas coisas chamam atenção: em primeiro lugar, os espaços vazios que ele deixa na Tabela, o que justificou alegando que haveria elementos a serem descobertos que se encaixariam nessas lacunas, tendo inclusive previsto algumas propriedades destes elementos graças à posição que estes ocupariam na tabela (espaços indicados com ponto de interrogação na Tabela acima) e às propriedades associadas aos elementos vizinhos (e ainda mais surpreendente é que ele realmente acertou em algumas de suas descobertas, como visto nos dois exemplos abaixo).

	Propriedades Previstas	Propriedades Encontradas		Eka-silício	Germânio
Peso atômico	44	44	Peso atômico	72	72,32
Óxido formado	Eb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Peso específico	5,5	5,47
Peso específico do óxido	3,5	3,86	Volume atômico	13	13,22
Óxido mais básico que o do alumínio	Sim	Sim	Valência	4	4
Óxido não solúvel em álcalis	Sim	Sim	Calor específico	0,073	0,076
Sais incolores	Sim	Sim	Peso específico do dióxido	4,7	4,703
Carbonatos insolúveis em água	Sim	Sim	Volume molecular do dióxido	22	22,16
Provável método de descoberta	Não espectroscópico	Não espectroscópico	Ponto de ebulição do tetracloreto	< 100 °C	86 °C
			Peso específico do tetracloreto	1,9	1,887
			Volume molecular dotetracloreto	113	113,35

Figura 5: Comparação entre as propriedades previstas por Mendeleev para o Eka-boro (à esquerda) e o Eka-silício (à direita) e as propriedades encontradas para o Escândio e Germânio  
 Fonte: Tolentino, Rocha-Filho e Chagas (1997).

Em segundo, o russo alegou que algumas massas atômicas estavam incorretas e inverteu a ordem de alguns elementos na Tabela. Por exemplo, o Telúrio (Te) é apresentado com peso atômico 128 (com um ponto de interrogação à frente), enquanto o Iodo, o elemento seguinte (representado por “J”), é apresentado com peso atômico 127. Pela ordem adotada, o Iodo deveria aparecer antes do Telúrio, não depois, porém as semelhanças de propriedades dos elementos com as linhas em que aparecem na tabela fizeram com que Mendeleev mantivesse a ordem “invertida” para os dois. Vemos ainda o Ouro (Au), massa atômica 197, colocado após o Mercúrio (Hg), massa atômica 200 e o Bismuto (Bi), 210, sendo colocado antes do Tálcio (Tl), 204. As semelhanças de propriedades com as linhas e os vizinhos e a



**Lista de exercícios:** no final desta semana tem uma lista com 4 exercícios que abordam o conteúdo trabalhado ao longo de toda esta sequência didática. Ela pode ser entregue aos estudantes com antecedência ou separar um momento na última aula só para trabalhar os exercícios com eles.

(Sugestão de entrega: logo após a aula 06)

### *Aula 05: Moseley e a Tabela Periódica atual*

#### ***A Tabela Periódica pós-Mendeleev***

A Lei Periódica, como enunciada na aula anterior, é em função da massa atômica e confirmamos isso no fato de a Tabela Periódica do Mendeleev ser organizada em ordem crescente dessas massas. A Tabela Periódica atual, porém, é um pouco diferente da proposta por Mendeleev, pois os elementos estão distribuídos em ordem crescente de número atômico, já que a comunidade científica discutia as várias incongruências em estabelecer uma distribuição dos elementos químicos baseado apenas nos valores de massa atômica.

#### ***Henry Moseley e a hipótese de Van der Broek***

Você deve ter percebido que, ao contrário dos outros nomes citados, Moseley faleceu muito jovem. Ele serviu o Exército

Em 1913 Henry Gwyn Jeffreys Moseley (1887 – 1915), físico inglês, aluno do Rutherford e convicto de que o estudo da estrutura atômica iria resolver de vez os problemas ainda existentes na Tabela Periódica, realizou uma série de testes, inicialmente com seu amigo, Charles G. Darwin (neto do Darwin da Teoria da Evolução) e posteriormente sozinho. Em linhas gerais, ele bombardeou elementos químicos com raios-x e, analisando os resultados, percebeu que cada elemento químico tinha um valor associado e único para cada elemento. Deste modo, ele sugere a distribuição dos elementos na tabela periódica por ordem crescente deste valor e, assim, percebe que a periodicidade de várias propriedades, ou seja, elas repetem nos grupos e nos períodos. Este valor foi reconhecido como um valor sugerido por um advogado e “físico amador” holandês chamado Antonius Van Der Broek.

Van Der Broek sugeriu à *Nature* (em carta) que todas as propriedades químicas e ópticas (incluindo os raios X) de um elemento químico seriam determinadas pelo seu número de ordem da posição na Tabela Periódica. Esta ordem, que o holandês chamou de “número atômico” e representou pela letra “Z”, seria a grande variável independente organizadora da Tabela, não o peso atômico (como se pensava até então). Sugeriu ainda que estas duas grandezas seriam independentes e que o número atômico seria igual às unidades de carga elétrica do núcleo do átomo de um elemento.

**Dica de Leitura:** para saber mais sobre os trabalhos de Moseley, sugerimos mais uma vez o artigo citado na aula 01, além do artigo *Talento de Moseley: desvendando os segredos do átomo*.

Quando Moseley e Darwin fizeram suas medições de comprimentos de ondas de raios X, escolheram um grupo de elementos em ordem crescente de posição na Tabela Periódica da época de propósito, para confirmarem – ou não – a hipótese de Van Der Broek. Na sequência escolhida por Moseley foi observado que a frequência da radiação emitida pelos elementos investigados aumentava de forma regular de acordo com o número atômico, não com a massa atômica. A Lei Periódica agora passa a ser em função de Z. Com essas mudanças explica-se porque Mendeleev precisou inverter alguns elementos de posição na Tabela Periódica dele: a inversão de massas atômicas colocava os elementos na ordem correta de seus números atômicos.

**Nota:** não achamos necessário aprofundar no tema da difração de raios X; se for de seu interesse, os artigos da nossa bibliografia que falam de Moseley

### ***A Tabela Atual***

A partir dessa mudança de padrão de organização da Tabela da massa atômica para o número atômico a Lei Periódica passa a ser enunciada como: “as propriedades físicas e químicas dos elementos tendem a repetir-se sistematicamente conforme aumenta seu número atômico”. Para a correta representação dessa Lei, a Tabela Periódica passa a ser apresentada na ordem crescente dos números atômicos.

Portanto, a Tabela Periódica atual e referendada pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) é a tabela proposta por Moseley acrescida das observações e resultados de Glenn Theodore Seaborg (1912-1999), que adicionou a série dos Lantanídeos e Actinídeos, que são os elementos químicos pertencentes ao sexto e sétimos períodos do grupo 3 da Tabela Periódica.

**IUPAC Periodic Table of the Elements**

For notes and updates to this table, see [www.iupac.org](http://www.iupac.org). This version is dated 1 December 2018.  
Copyright © 2018 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.

Figura 7: Tabela Periódica dos Elementos Químicos atualizada pela IUPAC em dezembro de 2018 (última atualização). Disponível em: < <https://iupac.org/what-we-do/periodic-table-of-elements/>>.

**Aula 06: O Uso da Tabela Periódica**

**O que é a Tabela Periódica?**

Agora que vimos toda construção do conhecimento desde o impulso classificatório até a formulação da Tabela Periódica dos Elementos Químicos, fica um questionamento no ar: o que exatamente é essa tabela? A Tabela Periódica é uma disposição dos elementos químicos ordenados por uma ordem crescente de número atômico que, deste modo, observa-se as regularidades e as variações de propriedades físicas e químicas dos diferentes elementos. A isso, chamada de Lei Periódica, ou seja, **as propriedades físicas e químicas dos elementos tendem a repetir-se sistematicamente conforme aumenta o número atômico**. A tabela é, portanto, um esquema que representa os elementos químicos segundo a ordem crescente do número atômico.

Atualmente utilizamos a Tabela Periódica dos Elementos Químicos dividida entre 18 colunas, chamadas de *grupos* e 7 linhas, chamadas *períodos*, conforme a representação abaixo:

# Tabela periódica

1 H Hidrogênio 1.008																	2 He hélio 4.0026			
3 Li lítio 6.94	4 Be berílio 9.0122											5 B boro 10.81	6 C carbono 12.011	7 N nitrogênio 14.007	8 O oxigênio 15.999	9 F flúor 18.998	10 Ne neônio 20.180			
11 Na sódio 22.990	12 Mg magnésio 24.305											13 Al alumínio 26.982	14 Si silício 28.085	15 P fósforo 30.974	16 S enxofre 32.06	17 Cl cloro 35.45	18 Ar argônio 39.95			
19 K potássio 39.098	20 Ca cálcio 40.078(4)	21 Sc escândio 44.956	22 Ti titânio 47.867	23 V vanádio 50.942	24 Cr cromio 51.996	25 Mn manganês 54.938	26 Fe ferro 55.845(2)	27 Co cobalto 58.933	28 Ni níquel 58.693	29 Cu cobre 63.546(2)	30 Zn zinco 65.38(2)	31 Ga gálio 69.723	32 Ge germânio 72.630(8)	33 As arsênio 74.922	34 Se selênio 78.9718	35 Br bromo 79.904	36 Kr criptônio 83.798(2)			
37 Rb rubídio 85.468	38 Sr estrôncio 87.62	39 Y ítrio 88.906	40 Zr zircônio 91.224(2)	41 Nb nióbio 92.906	42 Mo molibdênio 95.95	43 Tc tecnécio	44 Ru rútenio 101.07(2)	45 Rh ródio 102.91	46 Pd paládio 106.42	47 Ag prata 107.87	48 Cd cádmio 112.41	49 In índio 114.82	50 Sn estanho 118.71	51 Sb antimônio 121.76	52 Te telúrio 127.6(3)	53 I iodo 126.90	54 Xe xenônio 131.29			
55 Cs césio 132.91	56 Ba bário 137.33	57 a 71										80 Hg mercúrio 200.59	81 Tl talho 204.38	82 Pb chumbo 208.98	83 Bi bismuto 208.98	84 Po polônio	85 At astato	86 Rn radônio		
87 Fr frâncio	88 Ra rádio	89 a 103										110 Dg darmstadtio	111 Rg roentgenio	112 Cn copernício	113 Nh nihônio	114 Fl fleróvio	115 Mc moscóvio	116 Lv livemóvio	117 Ts tennesso	118 Og oganessônio
57 La lantanídeo 138.91	58 Ce cério 140.12	59 Pr praseodímio 140.91	60 Nd neodímio 144.24	61 Pm promécio	62 Sm samário 150.36(2)	63 Eu europio 151.96	64 Gd gadolínio 157.25(2)	65 Tb térbio 158.93	66 Dy disprósio 162.50	67 Ho hólmio 164.93	68 Er érbio 167.26	69 Tm tulio 168.93	70 Yb ítrio 173.05	71 Lu lutécio 174.967						
89 Ac actínio	90 Th tório 232.04	91 Pa protactínio 231.04	92 U urânio 238.03	93 Np neptúlio	94 Pu plutônio	95 Am américio	96 Cm cúrio	97 Bk berquélio	98 Cf califórnio	99 Es einsteinio	100 Fm fermio	101 Md mendelévio	102 No nobélio	103 Lr lawrêncio						

Figura 8: Tabela Periódica atual, colorida de acordo com os blocos: elementos dos grupos A de verde (IA e IIA) à esquerda e amarelo (IIIA a VIIIA) à direita; elementos dos grupos B (metais de transição) de magenta no centro e os elementos chamados metais de transição interna de azul abaixo.  
Imagem da Internet.

A tabela é organizada em ordem crescente de números atômicos na horizontal e os elementos de um mesmo grupo compartilham de várias propriedades em comum. Por isso era comum chamar cada grupo de **família**, sendo que algumas carregam nomes específicos e outras carregam os nomes do primeiro elemento do grupo. Além disso, algumas propriedades variam periodicamente, ou seja, em intervalos regulares em função do aumento (ou da diminuição) dos números atômicos seja comparando uma mesma coluna ou um mesmo período (uma linha). As propriedades que se comportam dessa forma são chamadas de **propriedades periódicas**.

Uma divisão mais simples da Tabela pode ser feita entre metais (à esquerda e ao centro), semi-metais e não-metais (à direita). Acerca das divisões dos grupos da Tabela Periódica, as famílias, temos:

Família 1A (Grupo 1, exceto o H): Metais Alcalinos (em verde)

Família 2A (Grupo 2): Metais Alcalino-Terrosos (em verde)

Família B (Grupo 3 à 12): Metais de Transição (em vermelho)

\*Dentro dos metais de transição temos, no grupo 3, dois sub-grupos, chamados de séries: série dos lantanídeos e série dos actinídeos (primeira e segunda linhas em azul, abaixo da Tabela, respectivamente)

Família 3A (Grupo 13): Família do Boro (em laranja)

Família 4A (Grupo 14): Família do Carbono (em laranja)

Família 5A (Grupo 15): Família do Nitrogênio (em laranja)

Família 6A (Grupo 16): Calcogênios (em laranja)

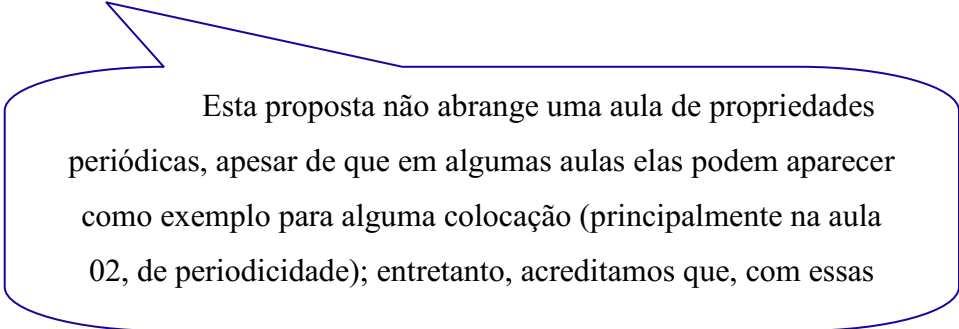
Família 7A (Grupo 17): Halogênios (em laranja)

Família 0 ou 8A (Grupo 18): Gases Nobres (em laranja)

As propriedades químicas dependem diretamente do número de elétrons na camada de valência do átomo no estado fundamental. O número de elétrons na camada de valência determina não só os tipos de ligação que os átomos podem estabelecer para formar

substâncias como também as propriedades e os tipos de reação que essas substâncias apresentam. Isso nos leva à seguinte conclusão:

As propriedades químicas dos elementos podem ser previstas com base na distribuição eletrônica do átomo no estado fundamental. Concluímos então que o diagrama de energia fornece indicações claras sobre as propriedades químicas dos elementos.



Esta proposta não abrange uma aula de propriedades periódicas, apesar de que em algumas aulas elas podem aparecer como exemplo para alguma colocação (principalmente na aula 02, de periodicidade); entretanto, acreditamos que, com essas

## <sup>85</sup>Atividades

**1.** Nos desafios da Semana 1 foi proposto fazer duas organizações periódicas diferentes de elementos químicos. Baseado nelas, responda:

**a)** Descreva quais os critérios que foram usados para você montar cada uma de suas classificações.

**b)** Quais foram as diferenças entre a primeira e a segunda organizações? Quais as diferenças de critérios usados entre as organizações?

**2.** Quais as semelhanças que você enxerga entre as tabelas que você construiu na Semana 1 e a Tabela Periódica atual? E quais as diferenças?



3. Considere as tabelas abaixo que nos dão informações sobre a) quantidade de elétrons na última camada eletrônica do átomo e b) valores de eletronegatividade e diga, em cada caso, se as informações oferecidas constituem um caso de periodicidade. Use uma Tabela Periódica para identificar a localização de cada elemento nela e, assim, poder responder se existe uma variação periódica em cada caso.

a)

Número de elétrons na última camada eletrônica	
Elemento (símbolo)	n° de elétrons
Li	1
Be	2
B	3
C	4
N	5
O	6
F	7
Na	1
Mg	2
Al	3
Si	4
P	5
S	6
Cl	7

Existe uma variação periódica neste caso? Por quê?

b)

Valores de eletronegatividade	
Elemento (símbolo)	Eletronegatividade (em eV)
B	2,0
C	2,5
N	3,0
O	3,5
F	4,0
P	2,1
S	2,5
Cl	3,0
As	2,0
Se	2,4
Br	3,0

Existe uma variação periódica neste caso? Por quê?

4. Como visto nas aulas da Semana 2, a Lei Periódica na época de Mendeleev era definida em função do aumento de massa atômica, porém com os trabalhos de Moseley a Lei Periódica passou a ser definida em função do aumento de número atômico. Por que a Lei Periódica funcionou bem em função da massa atômica?

ASIMOV, I. **A Short History of Chemtstry– An Introduction to the Ideas and Concepts of Chemtstry**. New York: Doubleday&Co., Inc, 1975. Tradução p/ espanhol: Alfredo Cruz e María Isabel Villena. Madrid: Alianza Editorial, 2003.

CUNHA, M. F. da. **A Dimensão Pedagógica da Tabela Periódica no Ensino de Conceitos Químicos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba-MG, 2019.

TARGINO, A. R. L. **Textos Literários de Divulgação Científica na Elaboração e Aplicação de uma Sequência Didática sobre a Lei Periódica dos Elementos Químicos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação, São Paulo-SP, 2017.

\_\_\_\_\_; BALDINATO, J. O. Abordagem histórica da lei periódica nas coleções do PNLD 2012. **Química Nova na Escola**, vol. 38, nº 4, p. 324 a 333. São Paulo, Novembro de 2016.

TAVARES, O. A. P. Talento de Moseley: desvendando os segredos do átomo. **Ciência e Sociedade (CS)**, vol. 1, nº 1. Rio de Janeiro, CBPF, 2013.

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C.; CHAGAS, A. P. Alguns Aspectos Históricos da Classificação Periódica dos Elementos. **Química Nova**, vol. 20, nº1, p. 103 a 117. São Paulo, 1997.

## APÊNDICE B – FICHAS DOS ELEMENTOS QUÍMICOS – DESAFIO 01

<b>Berílio – Be</b>
Peso atômico: 9 Metal macio e branco-prateado
Não reage em contato com a água Reage ligeiramente em contato com o ar

<b>Bromo – Br</b>
Peso atômico: 80 Líquido com coloração marrom-avermelhada É relativamente reativo e altamente tóxico Podem ser letais para organismos vivos

<b>Cálcio – Ca</b>
Peso atômico: 40 Metal macio e branco-prateado
Reage espontaneamente em contato com a água Reage espontaneamente em contato com o ar

<b>Carbono – C</b>
Peso atômico: 12 Encontrado em mais de uma forma sólida (alótropos) Todas as formas apresentam brilho (grafite ou diamante) Elemento essencial para todos os seres vivos

<b>Cloro – Cl</b>
Peso atômico: 35,5 Gás com coloração levemente esverdeada É reativo com odor forte e tóxico  Podem ser letais para organismos vivos

<b>Enxofre – S</b>
Peso atômico: 32 Encontrado em mais de uma forma na natureza (alótropos) Todas as suas formas são sólidas (geralmente em pó) Encontrado em substâncias essenciais para os humanos

<b>Estanho – Sn</b>
Peso atômico: 118 Encontrado como metal ou em pó (menos de 13°C) Apresenta um brilho branco-cinza Encontrado em substâncias essenciais para as plantas

<b>Flúor – F</b>
Peso atômico: 19 Gás com coloração amarelo-esverdeada É altamente reativo e ligeiramente tóxico Podem ser letais para organismos vivos

<b>Lítio – Li</b>
Peso atômico: 7 Metal macio e de coloração prateada Reage vigorosamente em contato com a água Reage espontaneamente em contato com o ar

<b>Magnésio – Mg</b>
Peso atômico: 24 Metal macio e branco-prateado
Reage em contato com a água (se estiver em ebulição) Reage em contato com o ar (se pulverizado, inflama)

<b>Oxigênio – O</b>
Peso atômico: 16 Encontrado em mais de uma forma na natureza (alótropos) Todas as suas formas são gasosas e sem cor É um elemento essencial para os humanos

<b>Potássio – K</b>
Peso atômico: 39 Metal macio e de coloração prateada Reage violentamente em contato com a água Reage espontaneamente em contato com o ar

<b>Selênio – Se</b>
Peso atômico: 79 Encontrado em mais de uma forma na natureza (alótropos) Todas as suas formas são sólidas (em pó ou metal) Encontrado em substâncias essenciais para os humanos

<b>Silício – Si</b>
Peso atômico: 28 Encontrado na forma sólida, metálica Apresenta um brilho cinza-azulado Elemento essencial para as plantas

<b>Sódio – Na</b>
Peso atômico: 23 Metal macio e de coloração prateada Reage muito vigorosamente em contato com a água Reage espontaneamente em contato com o ar

## APÊNDICE C – FICHAS DOS ELEMENTOS QUÍMICOS – DESAFIO 02

<p><b>Arsênio – As</b></p> <p>Peso atômico: 75</p> <p>É encontrado como um sólido cinza-prateado</p> <p>Existe em pequenas quantidades em combustíveis</p> <p>É um elemento tóxico para os humanos</p> <p>Reage com o Oxigênio na proporção <math>R_2O_3</math> e <math>R_2O_5</math></p> <p>Reage com Hidrogênio na proporção <math>RH_3</math></p>	<p><b>Berílio – Be</b></p> <p>Peso atômico: 9</p> <p>Metal macio e branco-prateado</p> <p>Não reage em contato com a água</p> <p>Reage ligeiramente em contato com o ar</p> <p>Reage com o Oxigênio na proporção <math>R_1O_1</math></p> <p>Tem tendência a reagir com não-metals</p>	<p><b>Bromo – Br</b></p> <p>Peso atômico: 80</p> <p>Líquido com coloração marrom-avermelhada</p> <p>É relativamente reativo e altamente tóxico</p> <p>Podem ser letais para organismos vivos</p> <p>Reage com o Oxigênio na proporção <math>R_2O_7</math></p> <p>Tem tendência a reagir com metais</p>
<p><b>Cálcio – Ca</b></p> <p>Peso atômico: 40</p> <p>Metal macio e branco-prateado</p> <p>Reage espontaneamente em contato com a água</p> <p>Reage espontaneamente em contato com o ar</p> <p>Reage com o Oxigênio na proporção <math>R_1O_1</math></p> <p>Tem tendência a reagir com não-metals</p>	<p><b>Carbono – C</b></p> <p>Peso atômico: 12</p> <p>Encontrado em mais de uma forma sólida (alótropos)</p> <p>Todas as formas apresentam brilho (grafite ou diamante)</p> <p>Elemento essencial para todos os seres vivos</p> <p>Reage com o Oxigênio na proporção <math>R_1O_2</math></p> <p>Reage com Hidrogênio na proporção <math>RH_4</math></p>	<p><b>Cloro – Cl</b></p> <p>Peso atômico: 35,5</p> <p>Gás com coloração levemente esverdeada</p> <p>É reativo com odor forte e tóxico</p> <p>Podem ser letais para organismos vivos</p> <p>Reage com o Oxigênio na proporção <math>R_2O_7</math></p> <p>Tem tendência a reagir com metais</p>
<p><b>Enxofre – S</b></p> <p>Peso atômico: 32</p> <p>Encontrado em mais de uma forma na natureza (alótropos)</p> <p>Todas as suas formas são sólidas (geralmente em pó)</p> <p>Encontrado em substâncias essenciais para os humanos</p> <p>Reage com o Oxigênio na proporção <math>R_1O_2</math> e <math>R_1O_3</math></p> <p>Reage com Hidrogênio na proporção <math>H_2R</math></p>	<p><b>Estanho – Sn</b></p> <p>Peso atômico: 118</p> <p>Encontrado como metal ou em pó (menos de <math>13^\circ C</math>)</p> <p>Apresenta um brilho branco-cinza</p> <p>Encontrado em substâncias essenciais para as plantas</p> <p>Reage com o Oxigênio na proporção <math>R_1O_2</math></p> <p>Reage com Hidrogênio na proporção <math>RH_4</math></p>	<p><b>Flúor – F</b></p> <p>Peso atômico: 19</p> <p>Gás com coloração amarelo-esverdeada</p> <p>É altamente reativo e ligeiramente tóxico</p> <p>Podem ser letais para organismos vivos</p> <p>Reage com o Oxigênio na proporção <math>R_2O_7</math></p> <p>Tem tendência a reagir com metais</p>

<b>Fósforo – P</b>
<p>Peso atômico: 31</p> <p>É encontrado em duas formas sólidas: branco e vermelho</p> <p>A forma branca é um bom combustível</p> <p>Encontrado em substâncias essenciais para os humanos</p> <p>Reage com o Oxigênio na proporção <math>R_2O_3</math> e <math>R_2O_5</math></p> <p>Reage com Hidrogênio na proporção <math>RH_3</math></p>

<b>Lítio – Li</b>
<p>Peso atômico: 7</p> <p>Metal de aparência macia e prateado</p> <p>Reage vigorosamente em contato com a água</p> <p>Reage espontaneamente em contato com o ar</p> <p>Reage com o Oxigênio na proporção <math>R_2O_1</math></p> <p>Tem tendência a reagir com não-metals</p>

<b>Magnésio – Mg</b>
<p>Peso atômico: 24</p> <p>Metal macio e branco-prateado</p> <p>Reage em contato com a água (se estiver em ebulição)</p> <p>Reage em contato com o ar (se pulverizado, inflama)</p> <p>Reage com o Oxigênio na proporção <math>R_1O_1</math></p> <p>Tem tendência a reagir com não-metals</p>

<b>Nitrogênio – N</b>
<p>Peso atômico: 14</p> <p>É encontrado como um gás incolor e inodoro</p> <p>O gás nitrogênio é combustível</p> <p>Encontrado em substâncias essenciais para os humanos</p> <p>Reage com o Oxigênio na proporção <math>R_2O_1</math>, <math>R_1O_2</math> e <math>R_2O_3</math></p> <p>Reage com Hidrogênio na proporção <math>RH_3</math></p>

<b>Oxigênio – O</b>
<p>Peso atômico: 16</p> <p>Encontrado em mais de uma forma na natureza (alótropos)</p> <p>Todas as suas formas são gasosas e sem cor</p> <p>É um elemento essencial para os humanos</p> <p>Pode formar moléculas tanto de <math>O_2</math> quanto de <math>O_3</math></p> <p>Reage com Hidrogênio na proporção <math>H_2R</math></p>

<b>Potássio – K</b>
<p>Peso atômico: 39</p> <p>Metal de aparência macia e prateado</p> <p>Reage violentamente em contato com a água</p> <p>Reage espontaneamente em contato com o ar</p> <p>Reage com o Oxigênio na proporção <math>R_2O_1</math></p> <p>Tem tendência a reagir com não-metals</p>

<b>Selênio – Se</b>
<p>Peso atômico: 79</p> <p>Encontrado em mais de uma forma na natureza (alótropos)</p> <p>Todas as suas formas são sólidas (em pó ou metal)</p> <p>Encontrado em substâncias essenciais para os humanos</p> <p>Reage com o Oxigênio na proporção <math>R_1O_2</math> e <math>R_1O_3</math></p> <p>Reage com Hidrogênio na proporção <math>H_2R</math></p>

<b>Silício – Si</b>
<p>Peso atômico: 28</p> <p>Encontrado na forma sólida, metálica</p> <p>Apresenta um brilho cinza-azulado</p> <p>Elemento essencial para as plantas</p> <p>Reage com o Oxigênio na proporção <math>R_1O_2</math></p> <p>Reage com Hidrogênio na proporção <math>RH_4</math></p>

<b>Sódio – Na</b>
<p>Peso atômico: 23</p> <p>Metal de aparência macia e prateado</p> <p>Reage muito vigorosamente em contato com a água</p> <p>Reage espontaneamente em contato com o ar</p> <p>Reage com o Oxigênio na proporção <math>R_2O_1</math></p> <p>Tem tendência a reagir com não-metals</p>