

ANA PAULA DA SILVA CASTRO LODI

**O ENSINO DE PROPRIEDADES PERIÓDICAS: CONSTRUINDO  
SIGNIFICADOS COM O USO DE ANALOGIAS E ABORDAGEM DA  
NATUREZA DA CIÊNCIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional, para obtenção do título de Magister Scientiae.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2019

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

L823e  
2019  
Lodi, Ana Paula da Silva Castro, 1981-  
O ensino de propriedades periódicas : construindo  
significados com o uso de analogias e abordagem da natureza da  
ciência / Ana Paula da Silva Castro Lodi. – Viçosa, MG, 2019.  
xii, 62f : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Poliana Flávia Maia.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Referências bibliográficas: f.59-62.

1. Química - Estudo e ensino. 2. Analogia. 3. Ciência -  
História . I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de  
Química. Programa de Pós-Graduação em Química. II. Título.

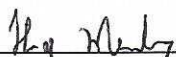
CDD 22. ed. 540.7

ANA PAULA DA SILVA CASTRO LODI


**O ENSINO DE PROPRIEDADES PERIÓDICAS: CONSTRUINDO  
SIGNIFICADOS COM O USO DE ANALOGIAS E ABORDAGEM DA  
NATUREZA DA CIÊNCIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 29 de junho de 2019.

  
\_\_\_\_\_  
Thiago Mendonça

  
\_\_\_\_\_  
Efraim Lázaro Reis

  
\_\_\_\_\_  
Poliana Flávia Maia  
(Orientadora)

*“Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo. Todos nós sabemos alguma coisa. Todos nós ignoramos alguma coisa. Por isso aprendemos sempre”.*

Paulo Freire

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar a Deus, que em sua infinita sabedoria, sempre me guiou e me amparou nos momentos mais difíceis.

Agradeço ao meu esposo Alex, pela compreensão e apoio em todos os momentos.

Aos meus filhos, agradeço por entenderem os momentos de ausência, pelo carinho e por serem minha eterna razão de caminhar.

Ao Prof. Dr. Efraim Lázaro Reis, que foi bem mais que um coordenador de curso, foi um verdadeiro pai, obrigado pela oportunidade, obrigado pela empatia! Gratidão!

Ao professor Dr. Thiago Mendonça, pelo interesse e disponibilidade, meu muito obrigado!

À minha orientadora, Poliana Flávia Maia, pela confiança e principalmente pela paciência, serei eternamente grata pelos seus ensinamentos! Gratidão!

Aos amigos do Profqui, gratidão pelo apoio de sempre!

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	vi
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	vii
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	viii
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b> .....	ix
<b>LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS</b> .....	x
<b>RESUMO</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xii
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	8
2.1. Propriedades periódicas: a importância da leitura e da interlocução com o contexto histórico.....	9
2.2. A busca do raciocínio analógico: a utilização de modelos na sequência da apresentação histórica.....	13
<b>3. OBJETIVOS DO TRABALHO</b> .....	18
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	19
4.1. Metodologia de análise dos livros didáticos.....	19
4.2. Elaboração da sequência didática .....	20
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	22
5.1. Análise dos livros didáticos.....	22
5.1.1. Sistematização da análise de acordo com as questões iniciais .....	22
5.1.2. Abordagem da história da ciência nos livros .....	37
5.1.3. Os modelos de ensino e a construção dos conceitos.....	38
5.1.4. Visão geral da abordagem das propriedades periódicas dos livros	40
5.2. Sequência didática “Propriedades Periódicas: compreendendo significados e sua construção”.....	41
5.2.1. Primeiro momento: problematização da proposta .....	41

5.2.2. Segundo momento: Elaboração do pensamento crítico fomentado pela inserção no contexto histórico .....	47
5.2.3. Terceiro momento: análise de conhecimentos prévios.....	48
5.2.4. Quarto momento: potencializando o raciocínio analógico .....	49
5.2.5 Quinto Momento: Fechamento da proposta .....	55
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>57</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>59</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Escala de eletronegatividade de Pauling .....	25
<b>Figura 2:</b> Tabela com diferentes valores de densidade atômica .....	27
<b>Figura 3:</b> Representação de raios atômicos .....	28
<b>Figura 4:</b> Valores aproximados de energias de ionização .....	28
<b>Figura 5:</b> Esboços das variações dos raios atômicos .....	29
<b>Figura 6:</b> Escala de Pauling para os valores de eletronegatividade.....	30
<b>Figura 7:</b> Exemplo de formação do NaCl .....	31
<b>Figura 8:</b> Valores de energia de ionização.....	34
<b>Figura 9:</b> Modelos representativos para o átomo.....	36
<b>Figura 10:</b> Representação para diferentes raios atômicos.....	36
<b>Figura 11:</b> Modelo de retículo cristalino .....	37
<b>Figura 12:</b> Representação da divisão de períodos na tabela periódica .....	50
<b>Figura 13:</b> Esquema das propriedades periódicas x número atômico .....	50
<b>Figura 14:</b> Representação de duas espécies químicas que possuem o mesmo número de níveis energéticos e diferentes números atômicos .....	51
<b>Figura 15:</b> Representação do experimento que deverá ser aplicado em sala .....	51

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b> livros aprovados pelo PNLD no ano de 2018.....	20
<b>Quadro 2:</b> Síntese da análise dos livros didáticos .....	22

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> valores de eletronegatividade.....	42
<b>Tabela 2:</b> Eletronegatividade dos gases nobres em unidades de Pauling .....	46

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Porcentual de atendimento às questões iniciais .....	40
--	----

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AE	Afinidade Eletrônica
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
EC	Era Comum
EI	Energia de Ionização
PNLD	Plano Nacional de Livros Didáticos
Profqui	Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional
SRE	Superintendência Regional de Ensino

## RESUMO

LODI, Ana Paula da Silva Castro, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2019. **O ensino de propriedades periódicas: construindo significados com o uso de analogias e abordagem da natureza da ciência.** Orientadora: Poliana Flávia Maia.

O presente trabalho tem por objetivo auxiliar professores de Química na elaboração de aulas que contemplem a possibilidade de formação de estudantes com maiores aptidões no que se refere à ciência e toda a sua construção. Pensando em fomentar o desenvolvimento da percepção da ciência enquanto construção humana, e dessa forma, diminuir a abstração conferida aos seus respectivos contextos, buscou-se um referencial teórico que abordasse a importância da história da ciência. Buscando ferramentas de ensino que auxiliassem em tal processo, realizou-se a análise descritiva dos livros aprovados pelo PNLD, para o ano de 2018. O assunto analisado foram as propriedades periódicas, conferindo maior destaque à eletronegatividade, sendo tal conteúdo selecionado devido à sua importância enquanto pré-requisito no ensino de química no ensino médio. Após realizada a análise, desenvolveu-se uma sequência didática, contando com trechos da literatura que trazem à discussão a história da ciência e toda a humanidade que existe por trás dela. Em seguida, apresentou-se um modelo analógico que busca aprimorar o raciocínio dos envolvidos possibilitando uma maior consolidação dos conteúdos propostos.

## ABSTRACT

LODI, Ana Paula da Silva Castro, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June; 2019. **Teaching periodic properties: building meanings with the use analogies and approach in the nature of science.** Advisor: Poliana Flávia Maia.

The presente work aims to help chemistry teachers' in planning classes that help the students in the development of higher abilities in regard to Science and its construction process. Thinking in promote the development of the understanding science as a human construction, and in this way, trying to vanish the abstraction of this area, this work considered na approach by a theoretical reference that supports the importance of the history of Science. Looking for teaching tools to assist in this process, the descriptive analysis of the books approved by the PNLD 2018 was carried out. The analysis focused the periodic properties, highlighting the electronegativity in the school chemistry teaching. After the analysis was carried out, a didactic sequence was developed, with excerpts from the literature that bring to the discussion the history of Science and all the humanity that exists behind it. Then, an analog model was presented, what aimed to provide a improvement of the students reasoning, enabling them to consolidate the reasoning with periodic properties.

## 1. INTRODUÇÃO

A abstração no ensino de Química é um dos maiores motivos de questionamentos dos alunos para os professores durante o processo de ensino. Passada a fase escolar, o problema ganha maiores proporções visto que, na maioria das vezes, o conteúdo não é apreendido de forma a ser usado significativamente na vida dos estudantes. Cachapuz (2005) destaca essa abstração e consequente falta de interesse dos estudantes pela ciência:

[...] são numerosas as investigações que referem à falta de interesse dos alunos para os estudos científicos. Poderíamos perguntar se na realidade não é de esperar esse desinteresse face ao estudo de uma atividade tão abstrata e complexa como a ciência? (Cachapuz, 2005, p. 30).

Assim como Cachapuz (2005), diversos estudiosos têm destacado a necessária renovação e orientação no ensino de ciências, buscando respostas aos problemas que envolvem os fracassos do ensino na área. Nesse sentido, muito se tem discutido sobre a promoção da alfabetização científica dos estudantes. De acordo com Sasseron (2015), embora não exista um alinhamento no Brasil quanto ao termo “Alfabetização científica”, podendo ser encontrado como “Letramento Científico” ou “Enculturação Científica”, o direcionamento será sempre o mesmo: a formação capaz de prover condições para que temas e situações envolvendo as ciências sejam analisados à luz dos conhecimentos científicos. Dessa forma, a alfabetização científica compreende justamente a ideia de que o ensino de ciências contribua para a leitura de mundo realizada pelos indivíduos, em que os conhecimentos e habilidades desenvolvidos no ensino da área os possibilitem compreender o seu universo e ser capaz de tomar decisões e atuar de forma crítica.

Em um contexto de educação formal, Sasseron e Carvalho (2011) buscam conceituar a alfabetização científica a partir de uma revisão bibliográfica, e dessa forma, apontam as habilidades indispensáveis ao indivíduo para que o mesmo possa ser classificado como alfabetizado cientificamente. Essas habilidades vão além de ler, escrever e interpretar. Apesar de essas serem primordiais para a difusão do saber científico, o ensino de ciências de forma exclusivamente teórica se torna inaceitável, por não ter vínculo com a possibilidade de realizações na vida cotidiana. Fica claro que apesar de o ensino se dar em um local “formal”, o mesmo não pode ser exclusivo do âmbito escolar, ele deverá transpor os muros

da escola e só um indivíduo que teve acesso ao “letramento científico” será capaz de entender a utilização de tal conhecimento. Entre as habilidades citadas no texto, podemos destacar a compreensão do exercício da sociedade sobre o controle das ciências e as tecnologias por meio do viés das subvenções que a elas concede, o estabelecimento de julgamento, a distinção entre opinião pessoal e resultado científico, o reconhecimento de fontes válidas de informação, assim como compreender a maneira em que as ciências foram produzidas ao longo da história, percebendo que o saber científico é provisório e sujeito a mudanças que dependem do acúmulo de resultados obtidos através dos tempos.

Dessa forma, a alfabetização científica passa, necessariamente, pela compreensão não apenas dos conceitos científicos, mas do processo de construção, validação e aplicação desses. Infelizmente, o que ocorre nas salas de aula de ensino de ciências ainda tem ocorrido na contramão dessa perspectiva, como destaca Cachapuz (2005)

[...] os estudantes executam tarefas sem saber para onde caminham e que respostas não de dar e a quê. Parece — e parece-lhes — que os conhecimentos surgem claros, óbvios e não precisam de ser interrogados e têm uma resposta que surge natural. Esta é a pior maneira de usar um bom instrumento de aprendizagem, (Cachapuz, 2005, p. 71).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (MEC, 2019) e o Currículo Referência de Minas Gerais (SEE-MG, 2018) se alinham às mudanças que o sistema organizacional de ensino de ciências vem passando nos últimos anos. Tais mudanças são muito positivas e significativas na formação dos estudantes, pois buscam a inserção do aluno em um contexto mais participativo e de desenvolvimento crítico. De acordo com Cachapuz (2005), a busca por um ensino voltado à formação do cidadão vem de encontro com a necessidade de mudanças em um sistema de ensino, onde a participação do aluno ainda é desvalorizada. A ideia de cidadania ganha uma nova significação quando a ciência busca novas formas de empreender com metodologias diversas, que possibilitam uma melhor compreensão do mundo.

Em um ambiente pedagógico, onde o professor tem um papel crucial no processo de ensino/aprendizagem, é de extrema importância que se busque meios que motivem o estudo das ciências. A oportunidade de ingresso em um programa de pós-graduação que permita, entre outras coisas, o desenvolvimento de materiais de ensino, de conteúdos específicos, que visem dar suporte ao professor em sua prática, vem contribuir para que os atuais objetivos de ensino ciências sejam alcançados na prática. Dessa forma, a participação no PROFQUI (Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional) aparece como uma grande oportunidade de produzir ferramentas de ensino que contribuam para desmistificar a Química enquanto ciência abstrata e contribuir de forma efetiva para a alfabetização científica dos estudantes na educação básica.

A partir disso, colocamos como justificativa pessoal para o desenvolvimento desse trabalho, que a participação da pesquisadora no PROFQUI trouxe a oportunidade de diálogo entre sua experiência, enquanto docente da educação básica, ciente das atuais demandas para o ensino de química e, a realização de ações efetivas para mudar a realidade da educação. Nesse contexto, diante da oportunidade de elaboração de propostas que pudessem contribuir para a alfabetização científica dos estudantes a partir do ensino de química, foi realizada a escolha da temática química e da abordagem metodológica para o ensino da mesma. A escolha do tema propriedades periódicas foi realizada a partir da própria vivência da pesquisadora enquanto docente, uma vez que tal conteúdo é associado a diversas dificuldades de ensino e aprendizagem, especialmente por seu caráter abstrato. Ao mesmo tempo, esse conteúdo interfere amplamente na compreensão de conceitos chave da química, como ligações químicas, interações e propriedades dos compostos. A experiência docente da pesquisadora com esse tema também inclui o uso de atividades de ensino desenvolvidas por ela, fundamentadas no uso de analogias, que têm se mostrado eficientes para a compreensão dos estudantes. Assim, viu-se nesse contexto, a oportunidade de desenvolver as atividades de ensino empregadas pela pesquisadora, alicerçadas em um estudo teórico que pudesse subsidiar um ensino de química voltado à alfabetização científica e, ao mesmo tempo, com o emprego mais estruturado das analogias como modelos de ensino.

Além da justificativa pessoal para a escolha do tema desse trabalho, o estudo da literatura permitiu identificar e corroborar dificuldades de aprendizagem dos estudantes relacionadas ao ensino de propriedades periódicas. Santos, Silva e Wartha (2011) destacam a falta de compreensão dos estudantes, mesmo de graduação, da grandeza eletronegatividade. Segundo esses autores, a forma histórica e descontextualizada que os livros abordam esse tema, tanto no ensino médio quanto no ensino superior, é grande responsável por isso. Melo et al (2002) apontam também a abordagem dos livros, de forma mecânica e apresentando acriticamente as tendências gerais das propriedades periódicas, como responsáveis pela não compreensão e uso inadequado dos conceitos.

A associação das dificuldades dos estudantes em propriedades periódicas à abordagem inadequada do tema pelos livros didáticos se agrava porque, na maioria das vezes, o professor se apoia no uso de livros didáticos e esquece de buscar novas fontes para o enriquecimento de suas aulas. Tal problemática pode ser comprovada no âmbito da sala de aula, quando nós, enquanto docentes, nos deparamos com uma equipe de colegas desmotivados, tanto pela má remuneração quanto, na maioria das vezes, pela falta de oportunidade de acesso à formação continuada, dentre outros fatores.

De fato, se ancorarmos nossas aulas em apenas um material de apoio, como o livro didático, por exemplo, deixaremos de lado a heterogeneidade presente na sala de aula e não estaremos refletindo nossa prática de forma a atender os atores envolvidos em sua coletividade. É essencial formar o cidadão consciente de sua individualidade, todavia, as noções de coletividade são fatores que devem ser resguardados durante qualquer processo de ensino e aprendizagem.

De fato, uma forma de modificar o atual cenário, no que diz respeito à abstração e à falta de interesse dos estudantes no ensino de ciências, é lhes oportunizando a compreensão da natureza da ciência, assim como seu processo de construção e validação. Sasseron (2015) aponta a escola como o espaço onde culturas são apresentadas, produzidas e negociadas, e buscando relacionar a cultura escolar com a cultura científica, sua pesquisa aponta um híbrido dessas duas: "A Cultura Científica Escolar". Essa, que só poderá ser realizada se o ambiente for propício a discussão de ideias relacionadas à

alfabetização científica, o ensino por investigação e a argumentação em situações de ensino em ciências da natureza.

Para que a história da ciência seja atrelada a cultura dos educandos, é preciso, antes de mais nada, refletir: O que é cultura? Segundo o dicionário Michaelis (2019)<sup>1</sup>, cultura seria o conjunto de conhecimentos, costumes, crenças, padrões de comportamento adquiridos e transmitidos socialmente, que caracterizam um grupo social, ou ainda, o conjunto de conhecimentos adquiridos, como experiências e instrução, que levam ao desenvolvimento intelectual e ao aprimoramento espiritual. Logo, seria possível, esperar que algo se torne cultural sem que o mesmo seja apresentado, produzido/reproduzido perante a sociedade? Ou ainda, seria possível esperar um conteúdo fazer parte do cotidiano social se a própria sociedade não o reconhecer como fruto do trabalho de seres humanos comuns, que apesar de levar o título de cientistas, fizeram parte de uma comunidade? É preciso reconhecer que, assim como qualquer ser humano, os cientistas erraram, acertaram e por fim, deixaram um legado construído, antes de qualquer coisa, por homens e mulheres com os mesmos anseios e problemáticas que circundam nosso meio.

Após analisar a literatura e compreender a importância das situações supracitadas, levantam-se alguns questionamentos: Se os profissionais atuantes no mercado têm consciência plena do quão abstrato o estudo da Química vem sendo para os estudantes, por que não mudar a prática? Por que não repensar sobre a maneira com que os conteúdos são apresentados aos alunos? E ainda, um questionamento que pode ser o maior de todos: Como pensar e planejar o ensino de química?

O planejamento é essencial para que se obtenha um ensino de qualidade. Com a sistematização das aulas, mesmo com eventuais imprevistos, e levando em consideração a heterogeneidade das turmas, poderemos contar com questionamentos elaborados anteriormente que servirão de base para um melhor monitoramento, inclusive, da necessidade dos educandos.

---

<sup>1</sup> Disponível em <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/cultura/> acesso em 25/03/19 20hs34min.

[...] O planejamento é de extrema importância, desde que, na sua elaboração, os principais autores saibam relacionar os conteúdos com a realidade educacional. O plano não deve estar desvinculado das relações que há entre a escola e a realidade do aluno, no sentido de buscar novos caminhos, cujo objetivo é transformar a realidade existente. (CONCEIÇÃO E COLABORADORES, 2016)

Para um bom planejamento, é preciso estipular uma metodologia capaz de alcançar o objetivo pretendido. Como ferramenta da ciência e do ensino de ciências, as analogias se encaixam perfeitamente como um bom modelo de ensino, sendo capazes de uma aproximação eficaz entre o conhecido e aquilo que se pretende explicar.

Nas aulas de química, ao relacionar conceitos abstratos, que são trabalhados diariamente, com objetos ou ações rotineiras, temos a oportunidade de propiciar aos estudantes o entendimento do conteúdo de uma forma mais natural e com menor complexidade. As analogias são comumente utilizadas em salas de aula, tanto pelos professores quanto pelos alunos, como ferramenta de aproximação entre aquilo que é abstrato e o que é próximo à realidade deles.

Segundo Zylbersztajn, Ferrari e Andrade (2002), a linguagem metafórica e analógica passou a constituir, principalmente, uma linha com muitos pesquisadores no mundo todo, o que coloca a analogia em um importante papel na própria construção da Ciência, além de haver a preocupação com suas possíveis utilizações e abordagens e com os seus efeitos na educação.

As abordagens de ensino aqui discutidas já são tratadas pela BNCC que, ao abordar as Ciências da Natureza e suas Tecnologias, trata como processos e práticas de investigação o uso de linguagens específicas (a fomentação do letramento científico) no desenvolvimento de competências e habilidades, sem perder o foco nos conhecimentos conceituais, como as leis, teorias e modelos, com o olhar continuamente voltado para o individual/coletivo.

Diante desse contexto, em que há a necessidade de mudança no ensino de química e, ainda, justificada a escolha da temática propriedades periódicas, esse estudo se propôs a caracterizar a abordagem dessa temática nos livros de química do ensino médio, para identificar modelos de ensino e aspectos de natureza da ciência envolvidos. A partir disso, foi elaborada uma sequência de

ensino envolvendo propriedades periódicas (com ênfase em eletronegatividade), baseada na natureza da ciência, com o emprego de modelos analógicos para o estudo do conceito, que poderá ser usada como recurso, juntamente com o livro didático, a fim de se preencher lacunas consideradas essenciais para a formação do indivíduo. Com efeito, critérios como contexto histórico, modelos explicativos e relações de força foram incluídos na proposta de ensino.

Espera-se, com a realização desse estudo possibilitar aos educadores uma nova forma de pensar em ferramentas de ensino/aprendizagem, indo além dos livros didáticos, assim como uma visão menos restrita com relação ao uso de analogias, buscando diminuir suas limitações e amplificar suas conexões, em qualquer situação que se possibilite sua prática, sem perder seu teor pedagógico. Nas palavras de Freire:

[...] “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para sua própria produção ou sua construção” (FREIRE, 1996, p.12).

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

A história da Química e a abordagem dos diversos contextos (social, econômico, cultural, entre outros) relacionados à construção dos conhecimentos científicos são primordiais para a promoção de um ensino para além dos conteúdos científicos tradicionais. Essa visão vem sendo intensificada por pesquisas educacionais das últimas décadas (Forato, 2009). Pensando em um ensino que colabore com o aprendizado não só nas habilidades referentes a resolução de provas e exercícios, a história da ciência ganha um destaque como ferramenta de ensino. Somos todos envolvidos no processo de ensino e, dessa forma é de suma importância que se alimente a todo instante um espírito questionador capaz de buscar respostas concretas e coerentes para as mais diversas dúvidas. Tal possibilidade se abre, incessantemente, ao passo que lançamos mão da estrutura histórica pertinente aos contextos dos quais nos inserimos durante todo o processo de ensino e aprendizagem. Forato (2009) discute a necessidade de confrontar sobre a ciência não somente seus conteúdos científicos, mas, inclusive, suas hipóteses, assim como seus limites de validade e influências contextuais. Dessa forma, afirma o autor, o sujeito será capaz de criticar os dogmas presentes no ensino de ciências, o que caracteriza o favorecimento do pensamento reflexivo e crítico.

Lord Acton, historiador Britânico (1834-1902), citado por Popper (2013), corrobora com tais pensamentos ao afirmar que:

Nada é mais necessário ao investigador do que saber alguma coisa acerca da história (de uma disciplina) e acerca da lógica de uma pesquisa: [...] A maneira de descobrir o erro, o uso de hipóteses, o uso da imaginação, o modo de efetuar testes. ( Lord Acton (1834-1902) apud Popper, 2013, p.24)

É primordial que as ferramentas de ensino sejam utilizadas a fim de colaborar com um aprendizado coerente com a prática que buscamos no cotidiano. Se buscamos a formação de sujeitos capacitados e ativos na sociedade, não podemos, como professores de ciências que somos, deixar que os envolvidos tenham acesso a uma história que remonte o cientista, e dessa forma, a ciência que ele faz, como algo humanamente impossível, onde suas descobertas são impraticáveis por pessoas comuns. O pressuposto presente em qualquer processo de descoberta científica é, antes de tudo, visualizado por

peessoas que vivem no mesmo mundo que nós, que na maioria das vezes, vão produzir uma sequência de erros antes de apresentar um enunciado aos seus pares. Além disso, a ciência não pode ser entendida como uma ideia “terminada”. É preciso desconstruir essa teoria. Embasados na história da ciência, é muito mais provável que a ciência, como uma esfera em constante produção e movimento, seja interpretada como uma busca incessante pelo saber, e não por algo pronto e inalterável. Ao confrontarmos ideias e conceitos a fim de se consolidar algum tipo de conteúdo, o raciocínio atrelado a tais informações não deverá ser delegado a segundo plano.

O cientista, seja ele teórico ou experimental, usa sempre da formulação de enunciados e os investiga, um a um; não obstante, ele formula hipóteses ou um sistema de teorias submetendo-os a testes e confrontando-os com a experiência através de recursos de observação e experimentação (POPPER, 2013, p.27).

Sendo tais critérios usados sistematicamente e registrados na literatura como documentos comprobatórios de todo o trabalho inclinado a difundir tais descobertas e teorias, não se pode, em momento algum, deixar de requisitar durante a apresentação conceitual, todo o contexto gerador de tais enunciados.

### **2.1. Propriedades periódicas: a importância da leitura e da interlocução com o contexto histórico**

Empregado como ferramenta heurística na fundamentação teórica da abordagem proposta no produto final dessa pesquisa, o contexto histórico se torna imprescindível para a realização de uma revisão bibliográfica analítica, que visa citar e dissertar a respeito de autores que remontam, para a literatura atual, todo histórico do estudo e definição das propriedades periódicas. Neste contexto, a importância de se conceituar “Periodicidade” e as formas em que tal conceito foi construído são essenciais para uma boa leitura e interpretação do que está por vir.

Conceituar não se resume em apresentar um conceito pronto e definido por uma ou duas frases, tal processo é realizado continuamente e requer práticas que corroborem com o processo cognitivo dos envolvidos. Medeiros (2013) disserta a respeito da importância do conceito “Periodicidade”, lembrando que o

ato de ensinar e aprender Química requer processos de teorização, construção e reconstrução de modelos que possibilitem a interpretação e explicação dos resultados pelos estudantes, dessa forma estaremos evitando a simples memorização dos conceitos.

Ao abordar significativamente qualquer conteúdo em sala de aula, é esperado que se tenha conhecimento não só do conceito e sua aplicabilidade, mas, inclusive, da forma com que tal conceito foi elaborado e aceito em toda a comunidade científica. Não se pode julgar negativamente aquele profissional que viabiliza suas aulas ancorado apenas no livro didático, pois o material de apoio deverá ser escolhido de acordo com o planejamento e os objetivos que se pretende alcançar. O que vem a ser inaceitável, em um ambiente de construção de conhecimento, é o não oferecimento de meios que possibilitem o andamento das discussões em uma atmosfera questionadora e de vivência interpessoal. Para que tal atmosfera seja, de fato, oferecida aos estudantes, é primordial que o profissional, além do material de apoio, conte com a leitura de bons trabalhos, que não estejam de acordo apenas com a atualidade, mas que consigam atuar significativamente na transposição didática necessária aos saberes da ciência quando apartados à realidade de sala de aula, ou seja, que façam com que os conhecimentos adquiridos tenham aplicabilidade em seu cotidiano.

Fomentar o letramento científico é essencial para uma boa formação, porém, a integração dos saberes é necessária para se aguçar a curiosidade dos estudantes e, assim, levá-los a ir mais além. Se não se utiliza uma linguagem acessível aos pares, se torna praticamente impossível uma interação que culmine na consolidação das habilidades buscadas e desejadas durante todo o processo de ensino. Logo, o problema não está na utilização do livro didático. O que mais desmotiva e torna o processo desfigurado de sua real expressão é a falta de inferência de mundo, seja o mundo da ciência, seja o mundo da vivência, se é que existe ciência sem vivência.

Uma boa forma de construção dessa tão esperada ciência/vivência é conhecer e explanar o contexto histórico antes da (ou junto à) apresentação de teorias científicas prontas. A literatura já nos apresenta uma infinidade de materiais que corroboram esse processo. Santos, Silva e Wartha (2011) realizaram uma revisão na literatura que nos permite acessar, em síntese, o contexto histórico ao qual ocorreu a proposta das escalas de eletronegatividade.

Os autores relacionaram o ordem cronológica e justificaram as diferentes escalas propostas sem que nenhuma perdesse sua validação histórica e científica. Eles seguem sua pesquisa embasados na ordem cronológica dos fatos e nas pesquisas relacionadas aos valores e conceitos atribuídos à eletronegatividade, como podemos analisar nos trechos que seguem:

[...]. Em 1811, J.J. Berzelius, introduziu o conceito de eletronegatividade. Por volta de 1931, Linus Pauling, buscando aprofundar os estudos de Berzelius, propôs a primeira escala de eletronegatividade. Dimensionou as diferenças entre as energias de ligações para elaborar uma escala de eletronegatividade dos elementos. A partir do trabalho de Pauling que diversos outros cientistas realizaram trabalhos prevendo escalas de eletronegatividade, Mülliken (1934), de Allred-Rochow (1958) e de Sanderson (1951). Mülliken (1934) e Allred-Rochow (1958) relacionam a eletronegatividade com a força eletrostática experimentada por um elétron na camada de valência do átomo promovida por sua carga nuclear efetiva. Em 1990, Pearson, indica que as escalas diferentes de eletronegatividade têm aplicações distintas e que todas estão corretas dentro de sua aplicabilidade. [...] as escalas devem ser o reflexo adequado a peculiaridade dos elementos. [...] A escala mais utilizada é a de Pauling. [...] As demais escalas são verificadas comparando-as com a escala de Pauling. Em suma, os autores recomendam, ao trabalhar com eletronegatividade atômica, os valores propostos por Pauling e revisados por Allred e Rochov. (SANTOS, SILVA E WARTHA 2011)

Ainda buscando trabalhos que possibilitem o embasamento histórico antes de qualquer conceito teórico, Leite e Porto (2015) analisam a abordagem histórica da tabela periódica em livros de química geral, também em ordem cronológica, traçando a história da ciência nesse contexto desde meados do século XIX até a atualidade.

[...] A tabela periódica proposta por Mendeleev foi sendo modificada ao longo dos anos, tanto pelo próprio químico russo quanto por outros cientistas. A principal modificação foi a substituição da massa atômica, como critério para o ordenamento dos elementos, pelo chamado número atômico, que viria a ser identificado com o número de prótons do núcleo atômico do elemento. Tal mudança foi possível após os trabalhos de Henry Moseley (1887-1915), publicados em 1913 e 1914. (LEITE E PORTO, 2015, p. 581)

É inegável o quanto a leitura de bons materiais pode nos deixar munidos de conectores capazes de dispensar toda a linearidade que a ciência representa

no mundo das exatas. Ainda assim, é preciso ser cauteloso e criterioso na escolha de trabalhos e na forma em que tais pesquisadores serão representados. Pensando em um planejamento sistemático e monitorado que vise um aproveitamento significativo em prol de um ensino de ciências com alguma aplicabilidade futura, sem se desconectar de sua individualidade, independente da formação e da área em que o professor pretende atuar, é necessário, em primeiro lugar, se organizar. Desta forma, podemos concluir que não basta oferecer uma gama de referenciais bibliográficos se os leitores não entendem e não vivenciam a escrita. Kleiman (2008), em sua obra, “Aspectos Cognitivos da Leitura”, evidencia como questões fundamentais: “Como ensinar o aluno a entender a escrita? Como fazer seu aluno gostar de ler?”. Para que o contexto histórico se destaque em meio às discussões e embasamentos teóricos, é preciso que a leitura seja colocada como plano de ação em nossos planejamentos diários.

[...] para haver compreensão durante a leitura, aquela parte do nosso conhecimento de mundo que é relevante para a leitura do texto deve estar ativada, isto é, deve estar num nível ciente e não perdida no fundo de nossa memória, (KLEIMAN, 2008, p.21).

Como material de apoio, é interessante que, além dos livros disponibilizados, os alunos tenham acesso a pesquisas que os embasem para as mais diversas questões. Não basta apresentar o contexto histórico, é necessário fomentar o espírito pesquisador, como em uma sala de aula invertida, quando os alunos buscam os conceitos, a ordem cronológica dos fatos e os postulados relacionados, trazem para a sala de aula as respostas de questionamentos, passando de meros expectadores a mediadores do processo. Apoiados na busca de referenciais, no histórico dos acontecimentos e nas teorias e modelos aplicados, os alunos sairão da passividade e passarão a ser construtores ativos de um conhecimento aplicável. Ainda corroborando tais questões, Kleiman (2008) destaca a importância de a leitura ter um caráter interacional e não aleatório:

[...] a reconstrução de uma interação argumentativa é considerada ainda como um pré-requisito para o posicionamento crítico do leitor frente ao texto. (KLEIMAN, 2008, p.80)

## **2.2. A busca do raciocínio analógico: a utilização de modelos na sequência da apresentação histórica**

O uso de modelos analógicos na prática de ensino é algo corriqueiro e que, na maioria das vezes, por ser prática comum, acaba por passar despercebido como metodologia de ensino capaz de aprimorar, significativamente, o processo cognitivo dos envolvidos. O valor da utilização de contextos históricos para aplicar teorias científicas é, sem dúvidas, uma ferramenta primordial ao ensino eficaz, isto é, um ensino que consiga alcançar o objetivo pretendido, que seria a compreensão da ciência enquanto ferramenta aplicável na sociedade. O problema é que, muitas vezes, mesmo com todo o cuidado que possamos ter ao transpor os conhecimentos científicos para uma linguagem mais acessível, esses conceitos ainda se encontram sob a ótica de um ou até mesmo de um grupo de cientistas, o que pode culminar em um ensino mecânico, por falta de conexões com aquilo que é de conhecimento prévio dos estudantes em questão. Esse ensino mecânico, segundo Castro (2007), é baseado em procedimentos canônicos e na desvalorização de experiências pessoais, e vem a ser, inclusive, um dos fatores que mais intensificam a dificuldade de aprendizagem, ou seja, o fracasso escolar.

Ao apresentar qualquer conceito precisamos estar atentos à nossa volta e lembrar que, apesar de as teorias e os postulados terem sido apresentados por cientistas renomados, é essencial que tais descobertas sejam compreensíveis àqueles que as apreciem. Qual será a finalidade de tantas pesquisas científicas senão atender a um público bem maior do que aqueles que permeiam a comunidade científica? A busca pela plenitude na participação ativa dos alunos, assim como na elaboração de diagnósticos capazes de fomentar ações que possibilitem a compreensão dos conceitos, deverá sempre ser demarcada pelas conexões entre o mundo da ciência e a realidade em que esse “mundo científico” pretende fazer parte. Nessa perspectiva, os modelos analógicos têm se mostrado uma ferramenta de ensino de grande valia, pois diferente de outras metodologias, se bem adequada, será capaz de efetivar concepções realísticas frente aos conteúdos abstratos por ela aplicados.

Tal metodologia de ensino já vem sendo aplicada desde os tempos mais remotos, como podemos encontrar nos livros de química do ensino médio:

[...] Dalton acreditava que os átomos fossem maciços, esféricos e indivisíveis como bolinhas de gude. (SALVADOR, 2002, p. 28)

[...] Em 1898, Thompson propôs então um novo modelo, “O pudim de passas”: O átomo é maciço e constituído por um fluído com carga elétrica positiva, no qual estão dispersos os elétrons. (SALVADOR, 2002, p. 55)

Segundo o Dicionário Aurélio (2002)<sup>2</sup>, analogia seria “a relação das semelhanças entre objetos diferentes”, ou ainda, “a investigação por causa da semelhança”. Duarte (2004) afirma que a análise da literatura permite constatar a existência de uma grande variedade terminológica associada ao termo analogia, mostrando alguma falta de acordo entre os diferentes investigadores, especialmente no que se diz respeito ao termo utilizado para designar o conceito/fenômeno do domínio conhecido. A autora adota em seu trabalho, o conceito de que analogias são entendidas como uma comparação baseada em similaridades entre estruturas de dois domínios de conhecimento diferentes, um conhecido e outro desconhecido. No entanto, ressalta, que apesar desta variedade conceitual, não ocorre divergência entre os autores sobre o significado atribuído aos termos.

Ainda nesse mesmo contexto, Francisco Júnior (2009) afirma que as analogias estão inseridas em diversas situações do dia-a-dia e, geralmente, configuram-se numa comparação entre dois eventos: um que se pretende explicar e, portanto, desconhecido, e o já conhecido e que servirá de referência. O autor, buscando conceituar analogias, fez uma análise do trabalho de vários pesquisadores e, apesar, de uma variação semântica no que se diz respeito à sua classificação, ele conseguiu fazer conexões dialógicas entre todos os textos e concluiu que:

[...] se reconhece em todas as definições a ideia de comparação entre o conhecido e o desconhecido ou pouco conhecido. As analogias sempre envolvem o estabelecimento de comparações. Comparar para acentuar semelhanças, comparar para pensar sobre as semelhanças (pontos em comum), comparar para concluir a respeito do novo. (FRANCISCO JÚNIOR, 2009, p.123)

De acordo com Oliva e colaboradores (2001), o ensino de ciências teve maior ênfase agregado à analogia na década de 1960, ganhando espaço entre

---

<sup>2</sup> Disponível em : <https://www.dicio.com.br/analogia/> acesso em 17/06/19 16hs09min

os estudiosos por volta dos anos 80. Todavia, o uso de analogias possui adeptos desde a antiguidade:

[...] a mais famosa é a que Platão estabeleceu no relato sobre a caverna, no interior da qual os ocupantes veem apenas sombras, pálidos reflexos do mundo visível, por sua vez somente reflexo do mundo das ideias, a verdadeira realidade. Aristóteles, de seu lado, insistiu na analogia de quatro termos ( $A : B = C : D$ ), exemplificando com o fato de haver uma mesma relação entre a taça e Dioniso e o escudo e Ares, de maneira que um poeta pode dizer que a taça é « o escudo de Dioniso » e o escudo é « a taça de Ares ». Ou, como a relação entre velhice e vida é a mesma que existe entre dia e entardecer, pode-se afirmar que a tarde é a « velhice do dia » e a velhice é « o entardecer da vida, (JÚNIOR, 2008).

Apesar de no exemplo acima termos aquilo que é chamado de alegoria e metáfora, respectivamente, deve-se destacar algumas particularidades a saber: Etimologicamente, o grego “*allegoria*” significa “dizer o outro” ou “dizer alguma coisa diferente do sentido literal”. Segundo Ceia (1998), alegoria representa uma coisa para dar ideia de outra, o autor cita ainda Quintiliano (EC 35-96), no Instituto Oratória, que classifica uma alegoria como uma metáfora continuada que mostra uma coisa pelas palavras e outra pelo sentido. Em linhas gerais, a alegoria faz referência a uma história ou acontecimento que atua com sentidos duplos ou até figurados, sem necessariamente, um marco textual.

Etimologicamente, Metáfora, vem do grego, “*metaphora*” que seria a junção de dois termos: “*meta*” que significa “sobre” e “*pherein*” que quer dizer “transporte”, vindo a ser sinônimo de mudança ou transferência do sentido literal. No estudo da língua portuguesa, é uma figura de linguagem, em que se usa uma palavra ou uma expressão em um sentido que não é muito comum, revelando uma relação de semelhança terminológica. De acordo com Vereza (2010), em uma visão tradicional, a metáfora se restringe ao nível de linguagem, já com a introdução da Teoria da Metáfora Conceitual, marco que se refere ao uso da filosofia em consonância com a teoria, servindo inclusive, de ponto de partida para vários pesquisadores da área, ocorre a transferência da linguagem para o pensamento. Ou seja, não se trata somente de uma figura de linguagem, mais, inclusive, de uma terminologia que obriga o uso do raciocínio para um bom entendimento.

Deve-se destacar, de acordo com o que é colocado por Duarte (2004), que apesar de nomes diferentes e de haver diferenças estruturais entre tais elementos, a analogia está presente como forma de raciocínio. E é exatamente o ato de raciocinar para ler as entrelinhas que faz de tais exemplos, O mito da Caverna (alegoria) e o que a taça é para Dionísio o escudo é para Ares (metáfora), usáveis nesse trabalho. Corroborando ainda mais com tais questões, Mozzer e Justi (2018), utilizam de todos os conceitos acima citados, (alegoria, metáfora e analogia), como ancoras que se relacionam com um mapeamento analógico, que se remete à essência da ideia de usar um domínio conhecido para compreender um domínio desconhecido.

Monteiro (2005) apresenta as analogias como recursos tentadores para se superar o estranhamento dos alunos face ao desconhecido, que é, através delas, relacionado ao que lhes é familiar. Dessa forma, é imprescindível, que além de uma apresentação histórica, sistematizada e organizada cronologicamente, os educadores tenham em mãos recursos capazes de possibilitar o raciocínio analógico dos estudantes, de forma a fazê-los tomar como “seu” os processos que envolvem o ensino/aprendizagem.

[...] as analogias, estando entre o senso comum e o científico, tornam-se recursos didáticos com grande potencial para a ressignificação de saberes e práticas, sintetizando de forma emblemática uma criação do saber escolar, (MONTEIRO, 2005, p.334).

Todos os conteúdos, sem exceção, precisam de bons modelos de ensino para que possam ser trabalhados com maior eficácia, contudo, ao direcionar nossa pesquisa aos conteúdos relacionados à Química, estes se tornam indispensáveis devido à abstração que tal ciência transporta consigo. O uso de modelos analógicos tem se mostrado de grande valia no estudo de Química, visto que esta é uma ciência que não nos permite uma visualização direta do objeto em estudo. Todavia, é preciso cuidado ao se fazer uso dessas relações, pois as mesmas podem propiciar aos alunos o desenvolvimento de teorias errôneas e/ou precipitadas acerca de conceitos, acabando por tomar como verdadeiro aquilo que contradiz a ciência. Daí a importância de um estudo mais aprofundado sobre essa metodologia e da escolha certa e antecipada daquilo que vai ser relacionado, pois, dessa forma, o ensino de Química vai ser realmente significativo e as analogias servirão como ponte e não como

obstáculo. Por outro lado, Segundo Zylbersztajn, Ferrari e Andrade (2002), ao apresentarem as observações epistemológicas de Bachelard em relação à linguagem metafórica e analógica na ciência e no ensino de ciências, corroboram com a concepção de que o uso do conceito científico não pode ser delegado exclusivamente ao uso de analogias ou metáforas:

“As imagens (...) são, ao mesmo tempo, boas e más, indispensáveis e prejudiciais, é preciso usá-las com medida enquanto são boas e desembaraçar-se imediatamente delas quando se tornam prejudiciais”, (BACHELARD, 1951 apud ZYLBERSZTAJN, FERRARI E ANDRADE, 2002, p.190).

Logo, a necessidade de expor as limitações dos modelos analógicos é um ponto inquestionável para o processo de ensino e servirá, inclusive, como agenciador da validação desses padrões educacionais. Outra questão importante é a escolha do modelo analógico a ser utilizado, pois, devemos ser cautelosos sabendo que cada descoberta ou teoria a ser explorada possui suas peculiaridades temporais e tais especificidades, não devem, em momento algum deixar de ser evidenciadas.

[...] no entanto, o risco do anacronismo exige cuidado e atenção para que sua utilização não se torne fonte de erros ou equívocos, (MONTEIRO, 2005, p. 333).

O ensino deve se basear em um sistema de educação organizado de acordo com as necessidades do aluno, pautados no uso de modelos de ensino que possibilitem uma interação efetiva entre aquilo que se aprende e aquilo em que se vive. González e Jimenez (1998) questionam em que medida as analogias são fundamentais na aprendizagem científica para a construção do conhecimento:

[...] existem relações de processos afetivos e criativos. [...] Não se limitar a aprendizagem de conceitos específicos. [...] Associar com a educação integral da pessoa, (GONZÁLEZ E JIMENEZ, 1998, p. 204).

### 3. OBJETIVOS DO TRABALHO

Esse trabalho foi desenvolvido com dois objetivos principais:

- i. Caracterizar o ensino de propriedades periódicas nos livros didáticos de química do ensino médio, identificando a abordagem de aspectos de natureza da ciência e os modelos de ensino empregados;
- ii. Elaborar uma sequência didática que contribua para a compreensão de conceitos associados às propriedades periódicas, tanto em relação ao processo de construção desses conceitos quanto em relação ao comportamento das propriedades, pelo uso de analogias como modelos de ensino.

Com esse trabalho, espera-se contribuir para que o ensino de química seja amplificado e otimizado, e que esse seja um passo que motive outros profissionais a saírem da zona de conforto e buscarem metodologias que permitam que suas aulas sejam atrativas e, ao mesmo tempo, colaborativas no processo de alfabetização científica.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. Metodologia de análise dos livros didáticos

A pesquisa apresentada contou com a análise dos livros didáticos de ensino médio, aprovados pelo PNLD (Plano Nacional dos Livros Didáticos) no ano de 2018, para o componente curricular de Química, em relação ao conteúdo “Propriedades Periódicas”. Todo o trabalho contou com uma abordagem qualitativa, pois os questionamentos iniciais foram norteados embasados na própria vivência do pesquisador, buscando sempre respeitar as diferentes necessidades dos sujeitos envolvidos no processo de ensino.

[ ]... de maneira diversa, a pesquisa qualitativa não procura enumerar e/ ou medir os eventos estudados, nem emprega instrumental estatístico na análise dos dados. Parte de questões ou focos de interesses amplos, que vão se definindo à medida que o estudo se desenvolve. Envolve a obtenção de dados descritivos sobre pessoas, lugares e processos interativos pelo contato direto do pesquisador com a situação estudada, procurando compreender os fenômenos segundo a perspectiva dos sujeitos, ou seja, dos participantes da situação em estudo, (GODOY, 1995, p.58).

A análise descritiva das obras seguiu os seguintes questionamentos sobre a abordagem dos conteúdos:

- I) Explica o que são propriedades periódicas?
- II) Define cada uma das propriedades periódicas?
- III) Explica como ocorrem as relações de forças dentro do átomo, de forma a resultar na grandeza de cada propriedade?
- IV) Apresenta como cada uma das propriedades periódicas foi determinada cientificamente?
- V) Apresenta aspectos históricos relacionados à definição e determinação das propriedades periódicas?
- VI) Qual(is) o(os) modelo(s) explicativo(s) utilizado(os) nas obras analisadas?

Além da análise dos conteúdos relacionados às propriedades periódicas, também foram observadas as partes introdutórias e explicativas, relacionadas às ligações químicas e as formas em que as propriedades periódicas estão

conectadas a tais conceitos. Foram analisados os 6 livros escolhidos pelo PNLD, no ano de 2018, de acordo com o guia de livros didáticos oferecido pelo Ministério da Educação. As obras foram obtidas pelo próprio pesquisador que, por fazer parte do quadro de professores da rede estadual, recebeu das editoras as respectivas coleções a fim de analisar e escolher aquela que melhor atendesse a clientela daquela escola. No decorrer do texto, os livros foram identificados de acordo com os códigos apresentados no Quadro 1.

A análise foi realizada identificando-se os trechos que permitiam responder às questões propostas, os quais foram considerados unidades de significado, para posterior categorização.

**Quadro 1:** livros aprovados pelo PNLD no ano de 2018

<b>Identificação</b>	<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Editora</b>	<b>Nº de páginas</b>
<b>A</b>	Química: Volume 1	Martha Reis	Ática	368
<b>B</b>	Química: Volume 1	Ciscato, Pereira, Chemello e Proti	Moderna	384
<b>C</b>	Ser protagonista: Volume 1	Obra coletiva	SM	384
<b>D</b>	Vivá Química: Volume 1	Novais e Tissoni	Positivo	386
<b>E</b>	Química Cidadã: Volume 1	Obra coletiva	AJS	458
<b>F</b>	Química: Volume 1	Machado e Mortimer	Scipione	436

#### **4.2. Elaboração da sequência didática**

A sequência didática proposta nesse trabalho foi elaborada a partir de uma revisão de literatura inicial, que permitiu identificar elementos, documentos e informações que pudessem ser incorporados nas atividades, de forma a possibilitar aos estudantes a compreensão do processo de construção do conhecimento científico relacionado à temática propriedades periódicas. A ideia de incorporar o contexto de produção dos conhecimentos se relaciona ao objetivo de desenvolver com os estudantes conhecimentos de natureza da ciência, de forma que eles compreendam o processo de construção, validação e divulgação do conhecimento científico e, dessa forma, que o material de ensino contribua para a alfabetização científica dos mesmos.

A análise dos livros didáticos corroborou com a ideia de que uma única ferramenta de apoio no processo de ensino aprendizagem pode ser satisfatória até certo ponto, porém, ao buscar um ensino efetivo no sentido de utilidade futura, podem restar lacunas que impossibilitam tal empreendimento. Essas lacunas podem ser exemplificadas quando as obras analisadas, por exemplo, apresentam um conteúdo chave para os demais sem, pelo menos, se preocupar em discutir a forma com que tal conceito foi introduzido na sociedade. Daí a importância de se produzir sequências didáticas que mantenham um diálogo racional com os materiais oferecidos aos estudantes habitualmente.

Além de buscar desenvolver o conhecimento dos estudantes sobre ciências, a sequência didática buscou incorporar analogias, como modelos de ensino, para a compreensão dos estudantes sobre o comportamento de propriedades periódicas, especialmente da eletronegatividade. A partir disso, espera-se que o estudante consiga operacionalizar o conceito, de forma a compreender as relações de forças dentro do átomo e aplicar tal conhecimento em outros momentos, dentro do ensino de Química.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Análise dos livros didáticos

#### 5.1.1. Sistematização da análise de acordo com as questões iniciais

Com o objetivo de elaborar um panorama geral da análise realizada, o Quadro 2 apresenta uma síntese das obras que atendem positivamente às questões que nortearam a análise realizada, com um comentário sobre como isso ocorreu nas obras.

**Quadro 2:** Síntese da análise dos livros didáticos

ASPECTO	LIVRO	EXEMPLO
I) Explica o que são propriedades periódicas?	A, B, C, D, E e F.	Em todos os casos, as explicações são superficiais e susceptíveis às mais variadas interpretações.
I) Define cada uma das propriedades periódicas?	A, B, C, D, E e F.	Apesar de todos os livros abordarem o conteúdo, a definição não é tratada em todos os tópicos. Alguns já utilizam direto de tabelas de valores sem se preocupar com definições.
II) Explica como ocorrem as relações de forças dentro do átomo, de forma a resultar na grandeza de cada propriedade?	A	Trata sobre as relações, todavia, não usa conexões com a eletrosfera, níveis ou atrações eletrostáticas.
III) Apresenta como cada uma das propriedades periódicas foi determinada?	A, B, C, D, E e F.	Existem obras que tratam do raciocínio usado para fazer previsões, porém, sem aprofundamento em suas determinações.
IV) Apresenta o contexto histórico em que a propriedade periódica foi definida e determinada?	E	Cita os trabalhos e as formas em que os mesmos foram realizados para as propostas de Lei Periódica e, em consequência, a sua importância para tudo que é conhecido atualmente.
V) Qual(is) o(os) modelo(s) explicativo(s) utilizado(s) nas obras analisadas?	F	Modelo de Bohr, o autor justifica as diferenças nas propriedades periódicas pela existência de níveis discretos de energia na composição atômica.

Fonte: o autor

É possível observar que todos os livros apresentaram definições para propriedades periódicas, mas não para todas elas, sendo observado o uso de

valores numéricos sem a discussão conceitual da mesma. Dessa forma, nenhum livro traz uma construção conceitual para todas as propriedades. Além disso, apesar de todas as obras abordarem como os valores de algumas propriedades periódicas são previstos, isso é feito de forma superficial, sem abordar os métodos e, ou instrumentos científicos empregados.

Quando analisamos o uso das propriedades periódicas para explicar as relações de forças dentro do átomo, apenas o livro A apresenta essas informações, contudo ainda deixa de mencionar aspectos relevantes sobre a estrutura do átomo.

O contexto histórico, apesar de presente de alguma forma na maioria dos livros, observamos que ele é abordado, na maioria das vezes, de forma superficial, citando datas e nomes, com pouca relação com o desenvolvimento da ciência como um todo, ou com o contexto geral de produção desses conhecimentos. Apenas o livro E apresentou uma abordagem diferenciada e completa, fazendo conexões relevantes entre o contexto de produção e o conhecimento produzido.

Entre os modelos usados para explicar o comportamento das propriedades periódicas, destaca-se que apenas o livro F explicitou claramente o uso do modelo de Bohr no desenvolvimento dos conceitos das propriedades periódicas, fazendo associações entre a estrutura do átomo e tais propriedades. Outros modelos explicativos foram usados por outros livros, mas essa relação entre estrutura e comportamento das propriedades somente foi observado em F.

A análise realizada será apresentada de forma descritiva, destacando aspectos que permitiram caracterizar a abordagem de cada material. Trechos dos textos e figuras foram reproduzidos nesse trabalho para ilustrar a análise realizada e explicitar ao leitor os critérios empregados para a mesma.

A análise foi iniciada pelo livro A, o qual começa a tratar assuntos pertinentes às propriedades periódicas na página 177, onde aborda o contexto histórico dissertando a respeito da lei periódica de Mendeleev e a tabela periódica atual (Moseley). Mendeleev é apresentado como o único que procurou fazer uma relação entre todos os elementos em uma única classificação. A chamada “Lei Periódica de Mendeleev” é apresentada de forma sucinta para, em

seguida, ser relatada toda a construção de ideias que levou à formulação de tal lei. A autora descreve a forma em que os estudos foram conduzidos destacando como os elementos eram distribuídos:

[...] deslocou de uma coluna para outra os elementos com propriedades diferentes dos outros membros do grupo. Surgiram então, algumas lacunas que Mendeleiev destinou a elementos ainda não descobertos, denominados ecaloro, ecalumínio e ecassilício.(Livro A, p.177)

Além disso, a autora também destacou o caminho do raciocínio para fazer a previsão das propriedades dos elementos ainda não descobertos. O cientista usava os valores de massa atômica pertinentes aos elementos que se encontravam antes e depois dos “desconhecidos” e fazia uma média entre esses valores. Ele pensou em tais elementos formando óxidos análogos àqueles que seriam formados por seus então “vizinhos”, prevendo, inclusive, sua massa e densidade relativa. O material destaca que, embora mais tarde ficasse confirmado que a periodicidade das propriedades dos elementos é função do número atômico e não da massa atômica, como ele afirmava, muitas das suas previsões foram confirmadas e sua tabela não perdeu a validade. Para descrever a lei periódica atual, o autor aponta o ano de sua formulação e afirma que Moseley provou que as propriedades dos elementos variam periodicamente em função do número de prótons. A descrição da construção de ideias que o levaram a tal “comprovação” não foi apresentada.

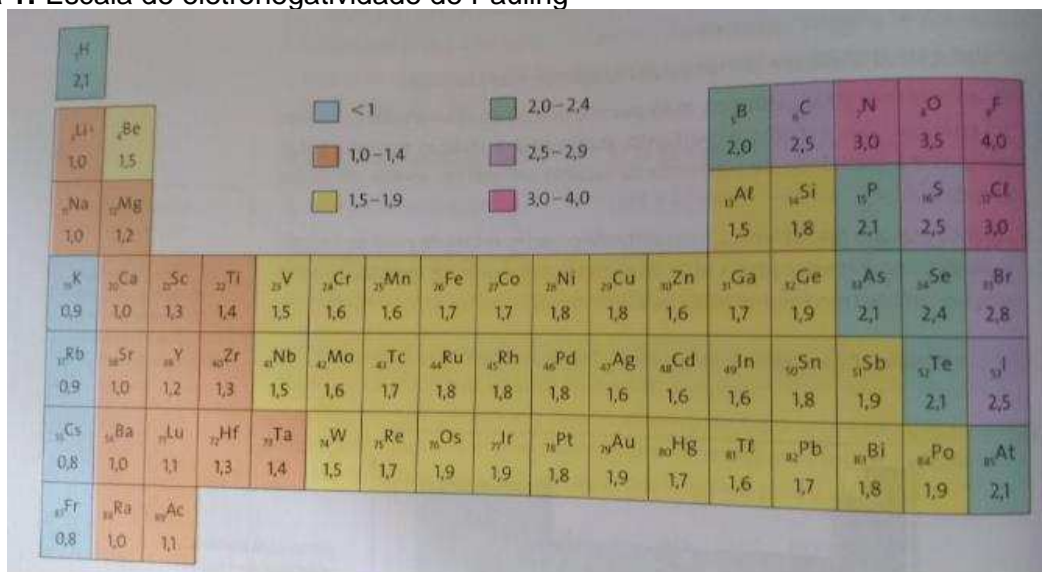
O autor conceitua as propriedades periódicas ao explicar as determinações para as leis periódicas. Apresentam as grandezas usadas em cada medição de valores, enfatizando, inclusive a forma em que tais propriedades forma medidas:

[...] para medir o raio atômico utiliza-se a técnica de difração por raios x; os valores dos raios atômicos, em nanômetros, medidos experimentalmente, são tabelados... (livro A, p.187).

[...] essa energia necessária para retirar um elétron de um átomo isolado no estado gasoso, é denominada primeira energia de ionização ou primeiro potencial de ionização e, de acordo com o SI, deve ser expressa em  $\text{KJ.mol}^{-1}$ , (livro A, p.190).

[...] Linus Pauling, procurou quantificar a tendência em atrair elétrons estabelecendo uma tabela de eletronegatividade, (Figura 1, livro A, p; 192).

**Figura 1:** Escala de eletronegatividade de Pauling



Fonte: Livro A, p.192

A obra apresenta as relações entre as forças ocorridas dentro do átomo com uma linguagem acessível, porém, sem se preocupar em discutir assuntos conectivos (períodos, eletrosfera, atração eletrostática). Dentro dos conteúdos aqui expostos, os modelos explicativos, por exemplo, as ilustrações de esboços da tabela, onde setas são usadas para demonstrar uma tendência do aumento ou diminuição de eletronegatividade (p.192) ou do raio atômico (p.188), modelos esféricos que vão aumentando de tamanho à medida que os raios de determinadas espécies são comparados (p.189), são extremamente conteúdistas e, em momento algum, um modelo que buscasse desenvolver o raciocínio analógico do estudante foi observado.

Ainda analisando o livro A, já na página 197, as ligações covalentes são discutidas juntamente com as interações intermoleculares, sem evidenciar nenhuma ligação com as propriedades periódicas. Os autores usam como justificativa das propriedades a configuração eletrônica dos elementos. Nesse caso, se o professor usar o livro como único recurso para sua aula, corre o risco de os estudantes não realizarem as conexões necessárias entre os níveis de energia e a periodicidade das propriedades dos elementos.

O material analisado é bem completo e aprofundado, considerando como parâmetro as demais obras analisadas, como poderemos verificar na sequência. A obra segue uma linha de divisões de conteúdos bem diferente dos livros que

encontramos convencionalmente nas bibliotecas das escolas. Já no volume 1, é possível encontrar discussões envolvendo contração e expansão do octeto, ressonância e compostos orgânicos. Conteúdos como geometria, forças intermoleculares e polaridade são discutidos antes mesmo de os estudantes terem sido apresentados às ligações covalentes.

Ainda ressaltando a diferenciada organização desse em relação à maioria dos livros destinados ao 1º ano do ensino médio, a partir da página 241, as ligações iônicas são discutidas juntamente com os compostos inorgânicos. O autor usa conceitos como eletronegatividade, eletropositividade e energia de ionização como modelos explicativos para justificar a formação e propriedades de tais compostos. É apresentada uma tabela com valores de eletronegatividade para prever o caráter covalente ou iônico das substâncias. Uma tabela com valores sucessivos de energia de ionização é usada para justificar as diferentes tendências dos metais em formar cátions mono, di ou trivalentes. As ligações metálicas, por sua vez, são conceituadas utilizando modelos relacionados à eletropositividade dos metais.

O livro B começa a tratar sobre propriedades periódicas a partir da página 107. O autor não utiliza o contexto histórico e cita a organização dos elementos na tabela sem mencionar seus organizadores. Mais à frente é possível encontrar menção a tais cientistas, porém, tal organização compartimentada, pode levar os alunos a terem um posicionamento fragmentado entre a história e o conteúdo. Para conceituar periodicidade, o livro B apresenta uma tabela com diferentes valores de densidade atômica (ver figura 2), dando ênfase à regularidade em suas variações. Tais regularidades são usadas como modelo explicativo para conceituar “periodicidade”. Para explicar as propriedades periódicas inicialmente apresentadas (energia de ionização e raio atômico), são utilizados valores teóricos tabelados e, em algumas situações, os autores disponibilizam representações das esferas atômicas de diferentes tamanhos como modelos para uma melhor compreensão.

**Figura 2:** Tabela com diferentes valores de densidade atômica

Variação da densidade na tabela periódica							
Grupo 1	Grupo 2	Grupo 9	Grupo 13	Grupo 14	Grupo 16	Grupo 17	Grupo 18
Na 0,97	Mg 1,74	Fe 7,86	Al 2,70	Si 2,33	S 2,07	Cl* 1,56	Ar* 1,40
K 0,86	Ca 1,55	Ru 12,2	Ga 5,91	Ge 5,32	Se 4,79	Br 3,12	Kr* 2,60
Rb 1,53	Sr 2,64	Os 22,6	In 7,31	Sn 7,30	Te 6,24	I 4,93	Xe* 3,06

Fonte: Livro B, p.113

Na página 113, as ligações químicas são tratadas inicialmente com a proposta de uma atividade prática com a finalidade de testar a condutibilidade de alguns materiais (estudo da condução de corrente elétrica em materiais, p.114). Os autores usam conceitos como “mobilidade eletrônica” ou “movimento ordenado” para justificar o acendimento de uma lâmpada. Em nenhum momento, houve a preocupação em utilizar os conceitos relacionados às propriedades periódicas para justificar a mobilidade dos elétrons. Contudo, por serem conteúdos conexos, seria desejável que os conteúdos fossem relacionados, de forma que o aluno compreendesse que os conteúdos abordados são interdependentes. Na página 117, a regra do octeto é discutida usando como exemplo a estrutura submicroscópica do cloreto de sódio, o retículo cristalino, que tem sua formação justificada pela baixa e alta energia de ionização, do sódio e do cloro, respectivamente. A regra do octeto é apresentada como um modelo explicativo para a estabilidade das espécies químicas e os autores usam como exemplo os trabalhos realizados por: Richard Abegg (1869-1910) – primeiro ao relatar em um trabalho escrito a estabilidade dos gases nobres relacionada ao número de elétrons da camada de valência; Gilbert Newton Lewis (1875-1946) e Irving Langmuir (1881-1957) que corroboraram com a associação desse conceito à estabilidade, ao denominarem tal relação como “grupo de oito” e “octeto”.

A partir da página 118, a eletronegatividade é conceituada apresentando o contexto histórico relacionado a Linus Pauling e sua escala de eletronegatividade. Como modelos para justificar a regularidade da eletronegatividade na tabela periódica, foram apresentados gráficos e tabelas com sucessivos valores de diferentes elementos químicos. Na página seguinte, as ligações iônicas são apresentadas de acordo com o conceito de eletronegatividade. Sobre ligações covalentes, a atividade proposta inicialmente

(estudo da condução de corrente elétrica em materiais, p.114) é novamente discutida, dessa vez contando com um maior conhecimento por parte dos alunos e a eletronegatividade é utilizada, assim como nas ligações iônicas, como referencial explicativo. Por fim, na página 123, o caráter iônico e covalente das ligações é previsto utilizando um gráfico com diferentes valores de eletronegatividade.

Já a obra C começa a conceituar as propriedades periódicas a partir da página 110, diferenciando-as das aperiódicas. Os autores não lançam mão do contexto histórico e seguem, de forma direta, conceituando raio atômico, iônico, energia de ionização, afinidade eletrônica e eletronegatividade. Tais propriedades são apresentadas usando como modelos representações de raios atômicos (conforme a figura 3), tabelas comparativas de valores teóricos como mostra a figura 4, representações com setas em esboços da tabela periódica (ver figura 5).

**Figura 3:** Representação de raios atômicos



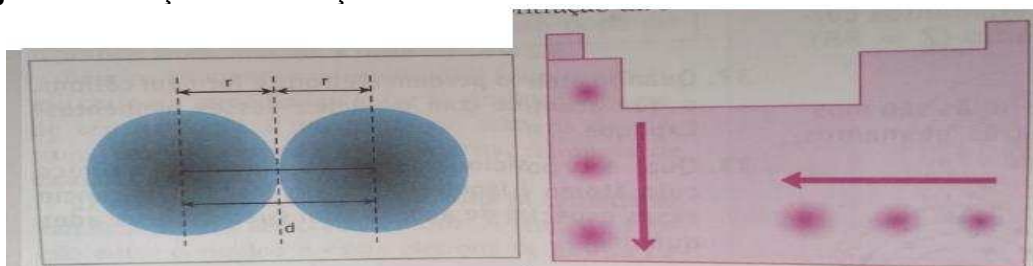
Fonte: livro C, p.111

**Figura 4:** Valores aproximados de energias de ionização

Valores aproximados de energias de ionização sucessivas em $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ para o terceiro período da Tabela Periódica			
Elemento	$E_{I_1}$	$E_{I_2}$	$E_{I_3}$
Na	496	4 562	6 910
Mg	738	1 451	7 733
Al	578	1 817	2 745
Si	786	1 577	3 231
P	1 012	1 903	2 912
S	1 000	2 251	3 361
Cl	1 251	2 297	3 822

Fonte: livro C, p.111

**Figura 5:** Esboços das variações dos raios atômicos



Fonte: livro C, p.110

No final do capítulo, antes de começar as atividades propostas, os autores abordam, em um texto separado, um pouco da história, apresentando Linus Pauling como o primeiro cientista a propor uma escala para definir a eletronegatividade. Não são consideradas outras formas ou outras propostas para a escala de eletronegatividade. Sobre as ligações químicas, as metálicas são conceituadas usando como modelo explicativo os baixos valores de energias de ionização, afinidade eletrônica e eletronegatividade conferidos aos elementos metálicos, diante da pequena atração exercida entre os núcleos desses átomos e seus respectivos elétrons da camada de valência.

Ainda no livro C, em um tópico intitulado “Eletronegatividade e as Ligações Químicas”, os autores fazem um compilado dos três tipos de ligação: iônica, metálica e covalente. Os autores usam a escala de eletronegatividade de Pauling para justificar a tendência de apresentar caráter iônico x caráter covalente das ligações. O livro apresenta, além das classificações “iônico” e “covalente”, a possibilidade de um composto apresentar caráter mais iônico que outro de acordo com a diferença de eletronegatividade das espécies formadoras. Essa parte apresenta, inclusive, o modelo de uma tabela periódica com os valores de eletronegatividade de acordo com a escala de Pauling, como podemos verificar na figura 6, dessa forma direciona o estudante a usar tais valores como ferramenta norteadora na definição dos tipos de ligação que cada composto deverá assumir.

**Figura 6:** Escala de Pauling para os valores de eletronegatividade

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
H 2,1																	He -
Li 1,0	Be 1,6											B 2,0	C 2,5	N 3,0	O 3,5	F 4,0	Ne -
Na 0,9	Mg 1,2											Al 1,5	Si 1,8	P 2,1	S 2,5	Cl 3,0	Ar -
K 0,8	Ca 1,0	Sc 1,3	Ti 1,5	V 1,6	Cr 1,6	Mn 1,5	Fe 1,8	Co 1,9	Ni 1,9	Cu 1,9	Zn 1,6	Ga 1,6	Ge 1,8	As 2,0	Se 2,4	Br 2,8	Kr -
Rb 0,8	Sr 1,0	Y 1,2	Zr 1,4	Nb 1,6	Mo 1,8	Tc 1,9	Ru 2,2	Rh 2,2	Pd 2,2	Ag 1,9	Cd 1,7	In 1,7	Sn 1,8	Sb 1,9	Te 2,1	I 2,5	Xe -
Cs 0,7	Ba 0,9	La-Lu 1,0-1,2	Hf 1,3	Ta 1,5	W 1,7	Re 1,9	Os 2,2	Ir 2,2	Pt 2,2	Au 2,4	Hg 1,9	Tl 1,8	Pb 1,9	Bi 1,9	Po 2,0	At 2,2	Rn -
Fr 0,7	Ra 0,9	Ac-Ir	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Fl	Uup	Lv	Uus	Uuo

Fonte: livro C, p.134

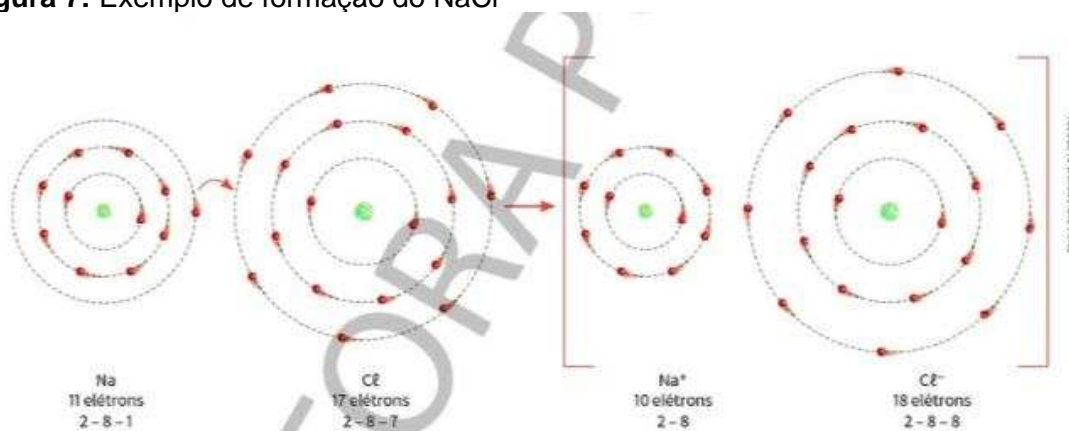
O livro D começa a tratar das propriedades periódicas na página 110, apresentando um quadro com a representação em escala dos raios atômicos de alguns elementos. Após a resolução de 2 exercícios, um gráfico é apresentado com valores sucessivos de energia de ionização. Com a observação do quadro e do gráfico, é possível visualizar que tais propriedades apresentam certa regularidade em sua frequência. Dando continuidade, e sem apontar uma definição para “Propriedades Periódicas”, os autores dissertam a respeito do raio atômico e explicam como os estudiosos determinaram os valores teóricos para tal propriedade. Eles usam a definição da medida da distância entre o núcleo e o elétron mais externo como sendo uma “medida impossível de ser realizada” e explicam que, na verdade, o raio atômico dos elementos é calculado de acordo com a distância entre dois núcleos vizinhos, especificando o quanto tal propriedade depende do nível de interação entre os átomos. Como exemplo de força entre os átomos, os autores usam a molécula de HCl e utilizam o termo “interpenetração” para justificar o alto nível de interação entre esses átomos. Eles finalizam usando a ideia de o raio ser medido, quando se trata de dois átomos iguais formadores de uma substância simples, como a medida da metade da distância entre dois núcleos. Um modelo analógico é então aplicado e os autores, para facilitar o entendimento do conceito de propriedades periódicas, usam o exemplo das publicações de revistas ou jornais com certa frequência e conceituam:

[...] episódios que se repetem com certa regularidade são chamados periódicos, (Livro D, p.111).

Tal definição, no tocante às “Propriedades Periódicas”, pode levar o aluno a conceber uma ideia totalmente errônea em relação a esse conteúdo. Ao contrário de jornais ou revistas que são publicados com certa frequência e com um número de tiragem definido, as propriedades periódicas se repetem no comportamento, podendo esse ser crescente ou decrescente, em cada período, dos átomos da mesma família, sendo seus valores teóricos diferentes entre si.

Ao discutir as ligações iônicas, o contexto histórico é abordado, de acordo com Kossel, que propôs um modelo, para explicar as ligações existentes entre o sódio e o cloro na formação do NaCl (Figura 7). Tal modelo é apresentado, de acordo com os autores, como sendo “coerente com a condutibilidade elétrica dessa substância em estado líquido (p.121)”, e como forma de adquirir a estabilidade é discutida a necessidade do sódio e do cloro, perder e receber, respectivamente, um elétron, adquirindo dessa forma a configuração eletrônica de um gás nobre.

**Figura 7:** Exemplo de formação do NaCl



Fonte: livro D, p.121

A energia de ionização (EI) é usada para explicar a estabilidade do cloreto de sódio. Os autores trazem questionamentos envolvendo a estabilidade do Na<sup>+</sup>, mesmo sabendo que para se tornar cátion, deverá ser fornecida certa quantidade de energia, de acordo com o conceito de EI. Nesse caso, os autores justificam ser mais importante a resultante das energias fornecidas (para o Na) e liberadas (pelo Cl) durante a interação NaCl, do que a energia fornecida no processo de ionização.

Em um tópico intitulado “Eletronegatividade, Ligações Polares e Apolares”, os autores abordam as relações das forças existentes dentro do átomo e a forma como tais forças definem as suas propriedades. A eletronegatividade é definida então, como capacidade dos átomos em atrair elétrons. Como modelo explicativo, a escala de eletronegatividade segundo Pauling é mais uma vez apresentada, os autores explicam como a escala foi determinada com uma linguagem simples e bem acessível:

[...] Linus Pauling (1901-1994), foi o primeiro cientista a propor uma escala relativa de eletronegatividade (1939), fixando, arbitrariamente, o valor 4,0 para o flúor, que segundo seus estudos, seria o elemento mais eletronegativo da tabela periódica, determinando os valores para os demais elementos por comparação. ( livro E, p.133)

Por fim, na página 135, em uma atividade denominada “Resgatando o que foi visto”, os autores apresentam uma sequência de perguntas relacionando o contexto histórico com todo o conteúdo abordado anteriormente. Entre os questionamentos podemos destacar a preocupação dos em propor, no uso do material, artifícios que permitam o entendimento aos estudantes sobre as mudanças da concepção a respeito da constituição da matéria (final do séc.XVIII e início do séc.XIX). A proposta é que os estudantes respondam a perguntas como: “Que importância há em conhecer esses aspectos históricos? Por que se dá tanta importância ao trabalho de Dalton, Thomson e Mendeleev? ”

Ao analisar o livro E, a partir da página 199, o autor destaca a importância da lei periódica proposta por Mendeleev-Meyer. Para facilitar o entendimento dos estudos que levaram a tal lei, os responsáveis pela obra destacam a necessidade de o estudante reconhecer o significado de uma palavra, que segundo eles, é fundamental:

[...] Periódico: tudo aquilo que ocorre em intervalos regulares. (livro E, p.199).

Os autores exploram o contexto histórico e destacam que os cientistas realizaram estudos na mesma época de forma distintas, estudos esses que estabeleciam a relação entre as propriedades das substâncias simples e suas massas. Com uma leitura clara e acessível eles frisam que as pesquisas apresentavam algumas divergências, mas que os dois cientistas se respeitavam

muito e inclusive reconheciam o trabalho um do outro. Apesar de Mendeleev ter tido um maior prestígio no meio acadêmico, a comunidade científica reconhece ambos o trabalho, daí a compilação desses estudos, fica reconhecida como “Lei Periódica Mendeleev-Meyer”. Pode-se observar na íntegra, conforme mostrado a seguir, como os autores sugerem uma explicação para a regularidade das propriedades periódicas de acordo com a lei periódica de Mendeleev-Meyer:

[...]..tal regularidade é explicada pela lei periódica de Mendeleev-Meyer. Essa lei, após os estudos de Moseley, nos indica que as propriedades das substâncias dos elementos químicos se repetem quando esses estão em ordem crescente de número atômico. Assim, temos 18 grupos que se repetem após uma determinada sequência de elementos químicos, apresentando as mesmas propriedades de suas substâncias em uma sequência que chamamos de **períodos**. Estes apresentam algumas diferenças. O primeiro período só possui dois elementos; o segundo e o terceiro, oito elementos; o quarto e o quinto, 18. Além das propriedades químicas das substâncias, temos também propriedades dos átomos dos elementos que variam periodicamente ao longo da tabela chamadas **propriedades periódicas**. Vejam então, que a organização moderna da tabela periódica dos elementos químicos leva em conta tanto as propriedades macroscópicas de suas substâncias como as propriedades microscópicas dos átomos, (livro D, p.209).

Ainda em um contexto histórico e durante a construção do conceito, os estudos de Moseley são apresentados como oriundos do Sec.XX, logo após o surgimento de novos modelos que explicavam a estrutura atômica, onde ao contrário da mecânica quântica, tal regularidade é associada ao número atômico dos elementos (dada a sua configuração eletrônica), constatando-se que as propriedades dos elementos se relacionam com o número atômico e não com a massa atômica. A partir disso apresenta-se que, dessa forma, foi proposta uma nova organização para a tabela periódica (dessa vez em ordem crescente de número atômico e permanecendo até os dias atuais). Em seguida, são usados como modelos explicativos, gráficos com valores sucessivos de raio atômico x número atômico e energia de ionização x número atômico. Conceituando eletronegatividade, os autores destacam:

[...] observou-se que os átomos dos elementos químicos apresentam diferentes intensidades de atração sobre os elétrons, denomina-se essa diferença de intensidade como eletronegatividade, (livro E, p.215).

A partir da página 218, as ligações químicas são discutidas, sendo o contexto histórico de construção de tais conhecimentos o ponto principal das discussões. Para as ligações iônicas, a eletronegatividade é usada como modelo explicativo para a atração eletrostática entre as espécies químicas formadoras (p.231). A escala de eletronegatividade de Pauling é usada, inclusive, para justificar a polaridade das ligações/moléculas formadas nas ligações covalentes. Por fim, para apresentar as ligações metálicas, a energia de ionização (EI) é o ponto principal. Os autores dão ênfase aos valores teóricos aplicados aos metais e ametais, conforme podemos observar na figura 8. Tais valores são apresentados como justificativa para a “facilidade” de os metais perderem elétrons. Os estudos realizados para determinação desses valores teóricos não foram apresentados ao longo do texto. A fraca atração do núcleo dos metais aos elétrons da camada de valência, culminando em uma baixa EI, é usada como modelo explicativo frente aos valores de EI de não metais.

**Figura 8:** Valores de energia de ionização

ENERGIA DE IONIZAÇÃO DE ÁTOMOS DE ALGUNS ELEMENTOS QUÍMICOS			
Não metais	Energia de ionização	Metais	Energia de ionização
F	1 680 kJ·mol <sup>-1</sup>	Cu	785 kJ·mol <sup>-1</sup>
Ar	1 520 kJ·mol <sup>-1</sup>	Fe	759 kJ·mol <sup>-1</sup>
Cl	1 255 kJ·mol <sup>-1</sup>	Al	577 kJ·mol <sup>-1</sup>
S	1 000 kJ·mol <sup>-1</sup>	Na	494 kJ·mol <sup>-1</sup>

Fonte: livro E, p. 235

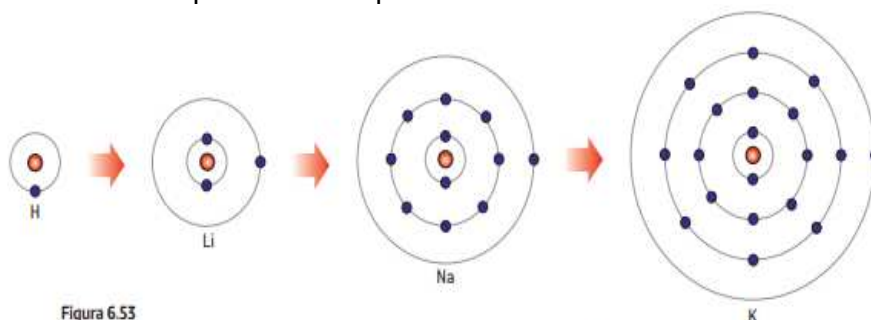
Para o livro F, observou-se que, assim como no livro E, são oferecidos textos e questões aos estudantes para interpretação antes do conteúdo ser discutido. O livro aborda a história da química bem como discussões aprofundadas sobre os cientistas e suas descobertas/previsões ao longo dos anos. Os conceitos vão sendo construídos ao longo das atividades propostas e os conteúdos apresentados não são sequenciais como na maioria dos livros destinados ao ensino médio. Na página 187, as discussões a respeito das propriedades são iniciadas, sendo a energia de ionização a primeira apresentada. Os autores apresentam uma tabela com valores sucessivos de energia de ionização para os 12 elétrons do átomo de magnésio, as discussões são pautadas no aumento de energia fornecida ao átomo quando os elétrons se

encontram em nível mais próximo do núcleo. Como atividade proposta, os autores pedem aos alunos que construam gráficos com valores de EI e RA (raio atômico) dos 20 primeiros elementos da tabela periódica. Uma das perguntas apresentadas conduz à análise das variações observadas nos gráficos construídos anteriormente, de acordo com o modelo de Bohr.

Dos livros analisados, o único a utilizar um modelo atômico para explicar as propriedades periódicas é o F, a partir da página 191, em um tópico intitulado “O modelo de Bohr e a explicação das propriedades periódicas”. Mendeleev é mais uma vez destacado no contexto histórico. De acordo com o texto, a proposta de um quadro com os elementos químicos que evidenciassem suas propriedades (tabela periódica) teve grande contribuição para a sistematização dos conhecimentos da época sobre propriedades físicas e químicas dos elementos químicos. O trabalho, segundo os autores, é considerado preciso, todavia, por ter sido embasado somente nos conhecimentos empíricos disponíveis na época, não havia a possibilidade de o mesmo justificar a periodicidade das propriedades físicas e químicas dos elementos químicos. Os autores destacam ainda que os modelos de Thompson e Rutherford não foram o bastante para preencher tais lacunas.

O autor retoma as considerações das atividades anteriores e esclarece que, de acordo com a proposta da existência de discretos níveis de energia para os elétrons e que os elementos de um mesmo período possuem os elétrons mais energéticos ocupando o mesmo nível eletrônico, o modelo de Bohr explica a periodicidade de várias propriedades atômicas. Para os principais grupos da tabela, são apresentadas tabelas, gráficos e representações de diferentes raios que permitem a visualização da variação das propriedades de acordo com a variação do número de camadas existente em cada espécie, (Figuras 9 e 10).

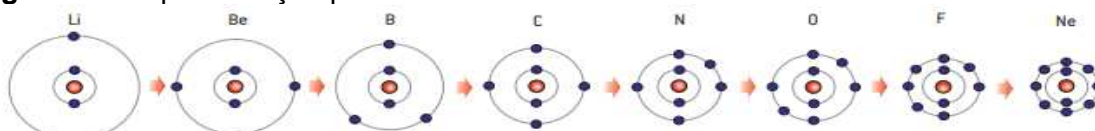
**Figura 9:** Modelos representativos para o átomo



**Figura 6.53**  
Representação para os raios crescentes dos átomos da 1ª coluna da tabela periódica.

Fonte: Livro F, pag. 193

**Figura 10:** Representação para diferentes raios atômicos



**Figura 6.54**  
Representações para os raios decrescentes dos átomos da segunda linha da tabela periódica.



**Figura 6.55**  
Raio atômico (em pm) para os principais grupos de elementos da tabela periódica.

Fonte: livro F, p. 194

A partir da página 286, as ligações covalentes são discutidas usando como modelo explicativo diagramas de energia x distância internuclear na formação de uma molécula de gás hidrogênio. Para apresentar a polaridade das ligações covalentes, a eletronegatividade é conceituada como:

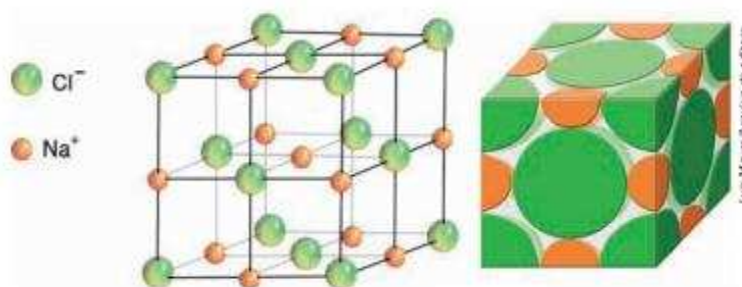
[...] intensidade com que um átomo ligado a outro atrai os elétrons da ligação química, (Livro F, p.288).

Em seguida, para discutir as ligações iônicas, segundo os autores, baseada em atração eletrostática, eles utilizam como modelo explicativo, figuras que simbolizam o retículo cristalino (Figura 11), formado pelos compostos iônicos e concluem:

[...] a diferença de eletronegatividade entre dois átomos é tão grande que podemos imaginar que os elétrons da ligação se

aproximem tanto do átomo mais eletronegativo que passem a fazer, praticamente, parte dele. (p.295)

**Figura 11:** Modelo de retículo cristalino



Fonte: livro F, pág. 294

### 5.1.2. Abordagem da história da ciência nos livros

Após realizada a análise descritiva de todas as obras acima mencionadas, pôde-se observar alguns pontos cruciais para o fechamento das questões que visam nortear o presente trabalho. Vale lembrar, para uma melhor compreensão, que o foco dessa pesquisa são as “Propriedades Periódicas”, dessa forma, a explicação desse conceito, seu contexto histórico, as formas com que seus valores teóricos foram determinados e as relações de força dentro dos átomos e entre os átomos, são assuntos primordiais para a nossa sequência de discussões. De acordo com Oki e Moradillo (2008), que citam o Projeto 2061, American Association for the Advancement of Science (AAAS), que originou o livro “Ciência para todos” (Rutherford e Ahlgren, 1995), a história da ciência é considerada peça fundamental para a humanização da ciência sendo o único elo capaz de realizar uma conexão real entre a ciência e a sociedade. Dessa forma, a relevância de se apresentar o contexto histórico junto aos conteúdos faz do “momento de ensinar a melhor forma de aprender”, capacitando o estudante a realizar conexões favoráveis a um aprendizado, sem abrir mão das mais diferentes formas de fazer ciência e encontrar no processo de ensino/aprendizagem uma menor abstração e maior aplicabilidade.

Ao analisar as obras no aspecto “Contexto Histórico” podemos observar que o livro “A” traz pontos positivos, se preocupando em utilizar a história como âncora conceitual, quando usa, por exemplo, representações de como se deu o raciocínio de Mendeleev para fazer as previsões sobre as propriedades dos elementos até então desconhecidos. Ao comparar com o livro B, no qual os

autores abrem mão do contexto histórico (apresenta apenas alguns fatos históricos de forma compartimentada, acabando por fragmentar acontecimentos), apresentando a organização da tabela e as propriedades periódicas sem se preocupar com seus idealizadores e a sequência dos fatos, é notável uma falha com a apresentação dos conteúdos para estudo. A relação entre o conceito e a forma a que ele fora determinado, faz com que o livro A se sobressaia e seja um material mais completo historicamente falando. O livro C, assim como o B, trata as “Propriedades Periódicas” diretamente no conceito sem se preocupar com o embasamento histórico. Quando os autores apresentam um compilado dos 3 tipos de ligações (covalente, iônica e metálica) usando como modelo explicativo a escala de eletronegatividade de Pauling, eles não consideram outros estudos sobre tal propriedade, dessa forma, os estudantes podem ser levados a acreditar que só existe um estudo sobre eletronegatividade, levando-os, assim, a toma-lo como absoluto. Na obra D, a escala de Pauling é apresentada dissertando sobre a forma que sua previsão ocorreu e nota-se uma preocupação dos autores em resgatar a importância da história para um bom entendimento do conceito, seja ele qual for. O livro E, assim como o D e o A, é bem rico historicamente, cita os trabalhos e as formas que os mesmos foram realizados para a proposta das “Leis Periódicas” e sua consequente importância para o crescimento da comunidade científica. Uma abordagem inadequada, ainda sobre a obra E, foi a apresentação dos valores teóricos de energia de ionização como modelo explicativo sem as discussões necessárias de como esses valores foram previstos. O ensino pautado em números ou leis sem uma adaptação histórica, que remonte aos acontecimentos através dos tempos, se torna inviável, pois faz o estudante se tornar uma máquina de decorar.

### **5.1.3. Os modelos de ensino e a construção dos conceitos**

Miguel de Araújo Medeiros (2013) destaca que o ato de aprender e de ensinar periodicidade química requer processos de teorização, construção e reconstrução de modelos que possibilitem a interpretação e explicação dos resultados pelos estudantes, é fato que a sistematização do processo de ensino deve ir além da simples memorização de conceitos.

A obra F, trabalha textos e questões antes de todos os conteúdos apresentados, tal processo é um ponto positivo, pois esses questionamentos prévios tornam possível uma demarcação de possíveis lacunas existentes entre um conceito e outro. Um diferencial observado entre essa obra e todas as outras analisadas, é a utilização do modelo de Bohr como modelo explicativo para as propriedades. Nesse ponto, fica claro que conceitos inerentes à história da química e atomicidade não devem ser trabalhados separadamente.

Segundo Santos, Silva e Wartha (2011), a eletronegatividade, como conceito estruturador no ensino aprendizagem de Química, apresenta várias relações com outros conceitos químicos. Quando os conceitos são apresentados separadamente e sem uma ancoragem histórica, tais questões podem ser desconstruídas e imprecisas em seu foco final: aprendizagem dos estudantes. Os autores ainda reiteram as condições de formação inadequada às quais os profissionais de ensino estão alocados, a falta de formação continuada que acaba levando os professores a improvisações durante as aulas, e em muitos casos, o único material de apoio que eles têm acesso é o livro didático, que passa a ser o alicerce de suas aulas.

Nesse contexto, é muito importante que os autores de obras destinadas ao ensino estejam atentos não somente à importância que o contexto histórico exerce no processo de aprendizagem, mas, inclusive, às mudanças que os termos sofrem ao longo da história da ciência. Ao citar “Regra do Octeto” (livros B e D), como justificativa para a estabilidade dos elementos, corre-se o risco de os estudantes não desenvolverem um raciocínio que os leve, por exemplo, a compreender que a atração eletrostática é a responsável pela estabilidade de cátions/ânions. Mortimer, Mol e Duarte (1994), criticam tal prática e exemplificam:

[...] os livros didáticos, normalmente apresentam a configuração eletrônica de 8 elétrons na camada de valência como sinônimo de estabilidade atômica, ignorando que a formação de um cátion gasoso; como  $\text{Na}^+$ , por exemplo, a partir do átomo gasoso, implica em um dispêndio de energia. Dessa forma, o cátion gasoso por possuir uma maior energia, é menos estável que o átomo gasoso, apesar de esse apresentar o octeto completo, (MORTIMER, MOL E DUARTE, 1994, p.243).

Ao apontar a regra do octeto como justificativa para a estabilidade, as forças existentes entre os átomos e dentro dos átomos são desprezadas, o que é uma falha gravíssima, visto a importância de tais fatores no estudo e na compreensão dos diferentes comportamentos das espécies químicas. Portanto, é primordial que, ao realizar o processo de aproximação dos saberes científicos em saberes escolares, processo esse segundo Santos, Silva e Wartha (2011), também conhecido como transposição didática ou recontextualização, os autores de livros didáticos devem ter uma maior atenção à precisão e a significação dos conceitos utilizados, mesmo porque, a ciência se encontra em constante movimento e os seus conceitos sofrem mudanças a partir de cada nova descoberta.

#### 5.1.4. Visão geral da abordagem das propriedades periódicas dos livros

Pensando em um panorama geral das questões abordadas durante a análise realizada, a autora registrou em um gráfico, o percentual de atendimento às expectativas das respectivas obras. Os valores atribuídos a cada obra foram obtidos realizando uma regra de 3 simples, onde as 6 questões iniciais (ver item 4.1) contabilizam 100% de atendimento às expectativas iniciais.

**Gráfico 1:** Porcentual de atendimento às questões iniciais



Fonte. O autor.

Após realizada a análise descritiva das obras, sugere-se ao professor regente de aulas que, independente do livro escolhido, faça seu uso como material de apoio e não como única ferramenta de ensino, pois, todos eles

possuem falhas em alguns aspectos que a literatura nos aponta como primordiais no processo de ensino aprendizagem.

## **5.2. Sequência didática “Propriedades Periódicas: compreendendo significados e sua construção”**

Visando diminuir a linearidade existente entre o ensino de Química, os fatos históricos e o aprendizado dos estudantes, elaborou-se, o material que segue. Podendo ser usado como ferramenta de ensino, o material desenvolvido conta com leituras complementares, que se tornam essenciais quando somadas ao conhecimento prévio do professor responsável pela articulação das aulas, para nortear discussões relacionadas à história da Química. O professor poderá contar com uma sequência didática que possibilita a utilização de um modelo, capaz de aguçar e aprimorar o uso do raciocínio analógico.

De posse de um caderno, o professor deve realizar anotações dos resultados, detalhadamente, enquanto estiver aplicando as atividades. Um diário de bordo é uma boa ferramenta quando desejamos refletir a nossa prática. Fazer o uso de tal mecanismo nos possibilita uma melhor compreensão das relações entre a escrita desse diário e a reflexão sobre e para prática. É uma boa oportunidade de nos tornar profissionais críticos e reflexivos, além de colaborar na validação das abordagens realizadas.

Ao utilizar o diário para elucidar suas práticas e concepções e também como um instrumento de construção de novas concepções sobre o trabalho docente, os professores chegam a um ponto em que os diários são utilizados como instrumentos de construção de uma nova prática. Nessa perspectiva, os diários deixam de ser instrumentos de reflexão da própria prática para se tornarem os organizadores de uma legítima investigação profissional, (CAÑETE, 2010, p.65).

### **5.2.1. Primeiro momento: problematização da proposta**

Em uma abordagem inicial, pensando em significar aos estudantes a importância de estar inserido no contexto histórico e na forma em que a ciência foi produzida, é necessário deixar exposto que as propriedades periódicas, conceitualmente falando, foram previstas de acordo com a descoberta de novos elementos. É importante que os estudantes saibam que os estudos que

relacionam a repetição periódica de algumas propriedades foram realizados em tempos onde os cientistas não tinham conhecimento dos números atômicos. Sugere-se que o professor faça a leitura do trecho que segue junto aos estudantes:

[ ]... a medida que o número de elementos aumenta, os cientistas sentiam uma necessidade de classificá-los de maneira útil. Em 1869 Dimitri Mendeleev, na Rússia, e Lothar Meyer, na Alemanha, publicaram esquemas de classificação praticamente idênticos. Os dois cientistas observaram que a similaridade das propriedades físicas e químicas tornam a se repetir periodicamente quando os elementos são distribuídos em ordem crescente de massa atômica. As massas atômicas, entretanto, geralmente cresciam com o aumento do número atômico, logo tanto Mendeleev quanto Meyer casualmente distribuíram os elementos em ordem apropriada. As tabelas dos elementos produzidas por Mendeleev e Meyer foram as precursoras da tabela periódica moderna, (BROWN et al, 2004, p.219).

Sugere-se que, ao concluir a leitura, seja feita uma breve discussão, que permita aos alunos uma visão da amplitude relacionada aos conceitos químicos, apresentados durante as aulas. Por exemplo, pensar que dois cientistas, Mendeleev e Meyer, realizando estudos totalmente independentes, chegaram a conclusões quase idênticas. É importante que seja destacado que as teorias e previsões propostas pelos estudiosos são frutos de anos de trabalho e contam ainda com a relação direta de trabalhos realizados anteriormente. É preciso evidenciar, na sala de aula, que a ciência é uma construção humana e, por isso, passível de erros, sendo necessário sempre estar abertos a novas descobertas e nunca acreditar em determinados postulados como verdade absoluta.

Seguido da leitura e discussões anteriores, já pensando em objetivar as abordagens focadas no entendimento das propriedades periódicas, mais precisamente, da eletronegatividade, o professor mediador deverá apresentar a seguinte tabela aos envolvidos:

**Tabela 1:** valores de eletronegatividade

	$\chi^M$ (eV)	$\chi^P$ (escala de Pauling <sup>2</sup> )
H(s)	7.17	2.2
C(p)	5.80	2.55

Fonte: GUADAGNINI, 1994, p. 16.

Para caracterizar seus objetivos, deverá ser feita uma “leitura”, da simbologia subscrita, de forma a apresentar símbolos que, possivelmente, ainda lhes são desconhecidos. Deverá esclarecer, inclusive, que onde está  $X^M$ , deverá ser lido, ‘escala de eletronegatividade de Mulliken’, e onde está  $X^P$ , deverá ser lido, ‘escala de eletronegatividade de Pauling’, e que o objetivo é escalonar os diferentes valores de forma a compará-los. O professor mediador deverá esclarecer ainda, que, as siglas que se encontram entre parênteses, à frente dos símbolos dos elementos (s) para o hidrogênio e (p) para o carbono, se referem aos blocos dos quais tais elementos estão organizados e são coerentes com a distribuição eletrônica (camada de valência de cada um). Seguido da interpretação da tabela, os alunos deverão ser questionados quanto aos valores apresentados: Por que mesmo se tratando de valores relacionados à eletronegatividade, encontramos valores divergentes se tratando do mesmo elemento? Quais os critérios utilizados pelos cientistas ao propôr cada uma dessas escalas?

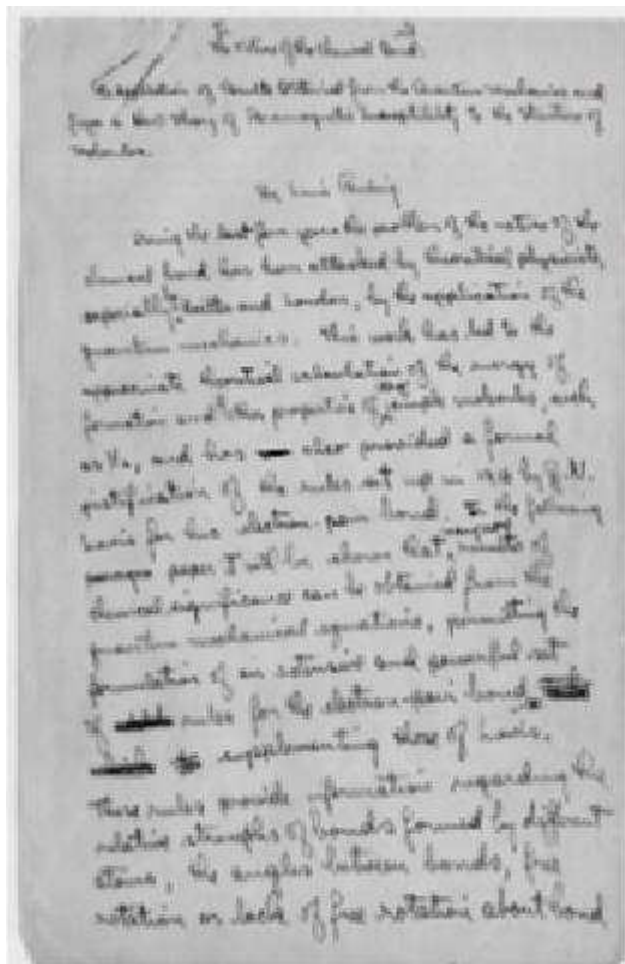
Para ajudar na discussão dessas perguntas, a leitura do trecho a seguir pode ajudar na problematização:

[ ]...O conceito de eletronegatividade foi introduzido por J. J. Berzelius, em 1811, que o definiu como sendo a capacidade que um átomo tem de atrair para si os elétrons. Linus Pauling aprofundou os estudos de Berzelius e, em 1931, propôs a primeira escala de eletronegatividade, (WARTHA e colaboradores, 2011).

Ao apresentar os cientistas e os conceitos oriundos de seus estudos em sala de aula, é necessário que os alunos consigam fazer conexões com o cotidiano desses pesquisadores para que seja assim, desmistificada a ideia de que a ciência é construída por seres que vivem exclusivamente em laboratórios. Para uma discussão pautada em fatos históricos, o professor deverá fazer a leitura do texto que segue:

[ ]...A natureza da Ligação Química: Em 1931, nasce Peter Jeffress, segundo filho do casal, Linus Pauling e Ava Helen Miller. Em abril, um artigo de Pauling é publicado no Journal of The American Chemical Society: “THE NATURE OF THE CHEMICAL BOND. APPLICATION OF RESULTS OBTAINED FROM THE QUANTUM MECHANICS AND FROM A THEORY OF PARAMAGNETIC SUSCEPTIBILITY TO THE ESTRUTURE

OF MOLECULES". Esse foi o primeiro de uma série de trabalhos envolvendo o tema e foi considerado por Pauling como o trabalho mais importante que ele realizou. Nesse mesmo período, Pauling é efetivado como professor em tempo integral da Universidade da Califórnia (Caltech). Em setembro desse ano, ele recebe pela primeira vez o prêmio Langmuir, durante um encontro da American Chemical Society.



Em 1932, Pauling publica um importante artigo sobre a escala de eletronegatividade, no Journal of the American Society. Em maio, nasce Linda, a primeira filha de Linus e Ava. Einstein assiste a palestras de Pauling na Caltech, mais não consegue acompanhar seu raciocínio, fato que ele revelaria em entrevista à imprensa. (Trecho extraído do livro "Histórias da Química, por José Euzébio Simões Neto, 2017, pp. 125-126)

Com a leitura, o professor deverá demonstrar aos alunos que a vida de um cientista, embora os livros didáticos façam parecer que sim, não se resume em ficar em um laboratório realizando pesquisas, totalmente inerte aos acontecimentos rotineiros. Enquanto Pauling realizava sua pesquisas, ele também pleiteava uma vaga como professor efetivo, ele também construía uma

família ao lado de sua esposa. E como qualquer pessoa “normal”, com o crescimento da família, ele idealizava a construção de uma nova residência:

No mês de junho de 1937, nasce o último filho do casal Pauling, que recebeu o nome de Edward Crellin. No outono de 1938, os Pauling começam a construir uma nova residência. No projeto, Linus propõe que os cantos do telhado da casa assumam ângulos de  $109,47^\circ$  (similar ao arranjo tetraédrico dos orbitais em um átomo de carbono), mas devido à dificuldade esses ângulos são alterados para  $120^\circ$  (o ângulo entre as ligações do benzeno). Linus não se contentava apenas com os modelos que ele construía para estudar as substâncias químicas, mas gostaria de transformar sua própria casa em um modelo em grande escala – um capricho de um grande cientista.

(Trecho extraído do livro “Histórias da Química”, de José Euzébio Simões Neto, 2017, p. 127)

Seguindo as discussões, o professor deverá esclarecer o conceito de eletronegatividade, que segundo Guadagnini (1994), foi definido por Pauling como a capacidade de um átomo, em uma molécula, atrair elétrons para si mesmo, enquanto, para o mesmo autor, Mulliken, define a eletronegatividade como a atração de um átomo por seus elétrons, relacionada à média aritmética entre os valores de afinidade eletrônica (AE) e de potencial de ionização (EI) desse átomo. É de suma importância que todos os conceitos que serão apresentados venham acompanhados de uma explicação, mesmo que inicialmente superficial, para que seja garantido aos envolvidos uma maior compreensão ao concluir todas as atividades previstas.

Desta forma, ao apresentar o conceito de eletronegatividade segundo Mulliken, deverá ser destacado que a AE está relacionada com a energia liberada quando um átomo recebe um elétron, enquanto a EI está relacionada com a energia necessária para retirar um elétron de um átomo, isolado, no estado gasoso. O professor poderá, então, em acordo com os estudantes, definir que independente da teoria que estarão discutindo, a eletronegatividade estará sempre relacionada à capacidade de atração por elétrons, e se a espécie química tem forte capacidade de atrair, deverá retê-lo com igual força. Porém, ainda com os mesmos critérios, é interessante deixar claro que, apesar de o átomo que atrai com maior força o elétron também retê-lo com maior força (quando comparado a um átomo que tenha menor capacidade de atração por elétrons), devemos destacar os gases nobres, que retêm seus elétrons

fortemente, e nem por isso são espécies prontas a receber elétrons e, mesmo assim, possuem valores teóricos de eletronegatividade.

A tabela a seguir traz valores teóricos de eletronegatividade dos gases nobres, de acordo com as escalas propostas anteriormente. Ela também deverá ser apresentada aos alunos:

**Tabela 2:** Eletronegatividade dos gases nobres em unidades de Pauling

Elemento	A.B.Neiding <sup>a</sup>	R.E.Rundle <sup>b</sup>	R.T.Sanderson <sup>c</sup>	B.Fung <sup>d</sup>	este trabalho
H					
He	3,83-3,99	4,5	–	2,5-3,0	2,75
He	3,32-3,49	4,0	4,37	4,4	4, 4,77
Ar	2,31-2,48	2,9	3,92	3,5	3,34
Kr	1,98-2,15	2,6	3,17	3,0	3,13
Xe	1,81	2,25	2,62	2,6	2,42
Rn	1,47-1,64	2,00	–	2,3-2,5	2,09

**Tabela 2 –** Eletronegatividades dos Gases Nobres em Unidades de Pauling

a – ref. 10 – valores obtidos pelo método de Mulliken, não levando em conta a necessidade de se usar  $I_{ev}$  e  $A_{ev}$  em lugar de  $I$  e  $A$ ;

b – ref. 11 – valores obtidos pelo método de Mulliken, desprezando as eletroafinidades e usando-se  $I$  em lugar de  $I_{ev}$ ;

c – ref. 12 – valores obtidos a partir das compacidades eletrônicas relativas dos átomos;

d – ref. 9 – valores obtidos pelo método de Iczkowski e Margr:  $\chi$  (Eq. 1), o qual é menos preciso para átomos maiores.

Fonte. FILGUEIRAS, 1980, p.106

É importante explicar aos alunos que os valores teóricos de eletronegatividade, atribuídos aos gases nobres na tabela acima, foram calculados de diferentes formas, levando em consideração a metodologia de Mulliken. O valor da última coluna, atribuído aos autores do trabalho, foi convertido em unidades Pauling. O mais importante é deixar claro que a ideia de mostrar esses valores não é aplicar cálculos matemáticos ou conversões de valores teóricos, mas mostrar que tal propriedade, ao contrário do que mostram os livros didáticos destinados ao ensino médio, já é estudada e prevista para os gases nobres.

Espera-se, dessa forma, que ao relatar os diferentes valores de eletronegatividade, propostos para as espécies químicas na literatura, seja possível esclarecer aos estudantes a ideia de que a ciência, enquanto construção humana, se encontra em constante mudança e evolução, porém, todo o conhecimento que está por vir partirá, de alguma forma, de discussões realizadas anteriormente. São caminhos interdependentes, e a capacidade de entendimento dessas conquistas, que é parte do letramento científico, só será

realizada se, como mediador na construção do conhecimento, o professor expôr a história que está por traz de tantas descobertas e teorias propostas.

Em seguida, o professor deverá propor aos alunos que, mais uma vez, conceituem a eletronegatividade, agora de acordo com aquilo que eles conseguem interpretar desse conceito. É esperado que eles concluam, após conhecer a escala proposta para os gases nobres, que a eletronegatividade não pode estar relacionada, única e exclusivamente com a capacidade de atração por elétrons, mas, inclusive, com a capacidade de uma espécie em reter os elétrons que são de sua estrutura e, em alguns casos, atrair para si aqueles que façam essa espécie mais estável. Sugere-se que o mediador anote, em um diário de bordo, todos os resultados obtidos, a fim de comparar as respostas e as mudanças conceituais entre os participantes ao longo das abordagens propostas. Como já discutido anteriormente, as anotações podem vir a ser instrumento de auto reflexão e servirem de auto crítica no momento de elaborar aulas e/ou escolher abordagens.

### **5.2.2. Segundo momento: Elaboração do pensamento crítico fomentado pela inserção no contexto histórico**

O professor deverá realizar discussões que envolvam a história, assim como a ordem cronológica em que as teorias relacionadas à eletronegatividade foram propostas. É sabido que muitos cientistas relacionaram seus estudos à elaboração de escalas de eletronegatividade. Contudo, pensando em um direcionamento menos abrangente e que culmine em resultados mais específicos, sabendo que se trata de uma sequência didática direcionada ao primeiro ano do ensino médio, sugerimos ao professor mediador que pautue suas discussões nas teorias aplicadas às escalas de eletronegatividade dos elementos, sem detalhamento das discussões direcionadas aos gases nobres, e norteie o contexto histórico nos estudos realizados por Paulling e Mulliken.

Aos alunos, o contexto histórico será apresentado durante as fases da abordagem. No primeiro momento (parte 5.1), os textos que foram apresentados servirão de âncora para as discussões que forem sugeridas adiante. O professor deverá fazer com que a abordagem não pareça fragmentada e, para isso, pensando em retomar as discussões já realizadas na primeira parte dessa sequência didática, deverá fazer a leitura dos trechos que seguem:

Relembrando que o termo eletronegatividade foi introduzido, inicialmente, por Jacob Berzelius em 1911:

[ ]...esta era definida em função da polaridade predominante da carga elétrica associada aos diferentes elementos, polaridade está determinada por meio de eletrólise (em função do eletrodo, positivo ou negativo, no qual o elemento era liberado). Nesse sentido, estaria mais próxima de nossos atuais conceitos de carga e dipolo. Assim, Berzelius, ao afirmar que o oxigênio era o elemento mais eletronegativo ou que o potássio era o elemento mais eletropositivo, visualizava seus átomos como carregados com as maiores polaridades negativa ou positiva, respectivamente. O sentido hoje conferido ao termo eletronegatividade é totalmente diverso: representa a tendência que um átomo tem de atrair elétrons para si numa ligação química covalente numa molécula isolada, (LOPES, 1996, p.23).

Em seguida, retomando a ideia já introduzida sobre as escalas de eletronegatividade, segue a leitura:

Para construir sua escala de eletronegatividade, Linus Pauling, Nobel em Química em 1954, se baseou na energia de ligação das moléculas. Isto é, a energia liberada quando ligações são formadas, ou então, a energia necessária para romper essas ligações químicas, (BRAATHEN, 2009, p.261).

### **5.2.3. Terceiro momento: análise de conhecimentos prévios**

O professor deverá aplicar um questionário visando avaliar o conhecimento prévio dos alunos envolvidos. Se preferir, as perguntas poderão ser respondidas oralmente e os resultados anotados no diário de bordo:

a) Como é feita a organização da tabela periódica?

Espera-se que, com essa questão, possa ser qualificado o quanto os estudantes assimilaram da introdução à tabela periódica (esse assunto deverá vir antes das abordagens propostas nessa sequência didática).

b) Qual o critério usado para o agrupamento dos elementos?

Espera-se, que os alunos consigam relacionar a eletronegatividade, assim como outras propriedades que são inerentes a essa, como um desses critérios, devido à familiaridade apresentada aos elementos mais próximos.

c) Como os elementos químicos podem ser classificados?

Espera-se que os alunos, juntamente com o professor, possam relacionar a classificação dos elementos com a facilidade ou a dificuldade em atrair ou reter os elétrons para si.

d) Você consegue citar uma diferença entre um metal e um ametal?

Com essa indagação, espera-se que, mais uma vez, sejam feitas colocações que permitam o uso do conceito de eletronegatividade às características que permitem essa diferenciação.

e) Qual a influência da “diferença” citada na formação de novas substâncias?

Espera-se que os alunos possam prever que a tendência em reter/doar elétrons é crucial na formação de novas substâncias.

f) Você conhece e sabe falar de outras propriedades periódicas?

Espera-se que os alunos arrisquem conceituar outras propriedades que não sejam a eletronegatividade (já discutida e definida anteriormente), a partir das discussões dos momentos anteriores.

#### **5.2.4. Quarto momento: potencializando o raciocínio analógico**

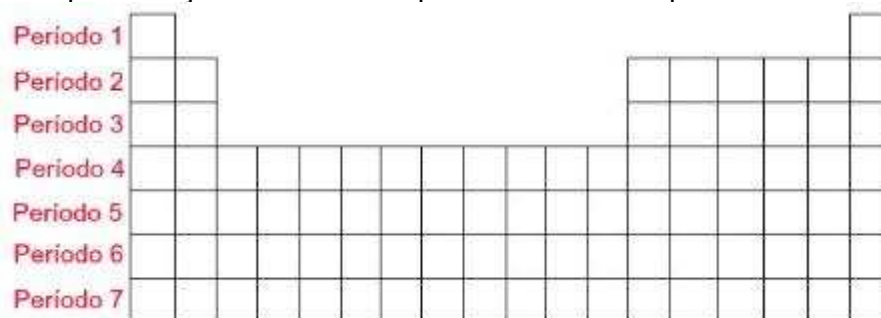
O material que segue deverá ser disponibilizado aos alunos para que eles possam realizar as leituras e as anotações necessárias. O professor deverá recorrer, a todo instante, às anotações no diário de bordo, para que em um momento oportuno os resultados obtidos possam ser quantificados e qualificados, associando a pesquisa ao desenvolvimento de sua prática docente.

### **PROPRIEDADES PERIÓDICAS E A DEFINIÇÃO DE TUDO QUE EXISTE NA TERRA**

É sabido que os elementos realizam ligações químicas com a finalidade de se estabilizar. Cada ligação que ocorre dentro de uma molécula depende, entre outros fatores, das características dos elementos que a compõe. Tais características podem ser reconhecidas de acordo com a organização da tabela periódica, que agrupa os elementos dentro de um sistema de particularidades que os fazem ser conhecidos, em alguns casos, como membros da mesma família.

A divisão da tabela em períodos (Figura 12) e a repetição de algumas características são conceitos primordiais para o entendimento da formação de substâncias.

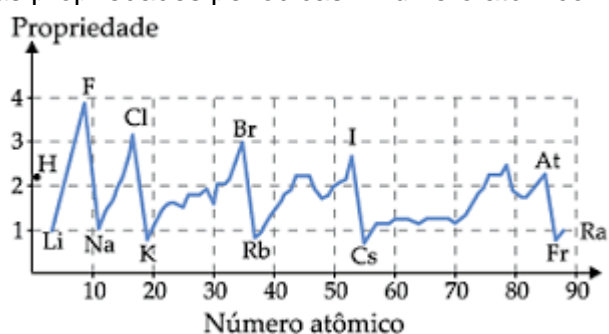
**Figura 12:** Representação da divisão de períodos na tabela periódica



Fonte: o autor

Graças às propriedades relacionadas a cada elemento químico existente e suas variações/ repetições periódicas (Figura 13), é possível que as ligações ocorram e, dessa forma, as substâncias responsáveis por toda existência sejam abundantes e passíveis de estudos.

**Figura 13:** Esquema das propriedades periódicas x número atômico

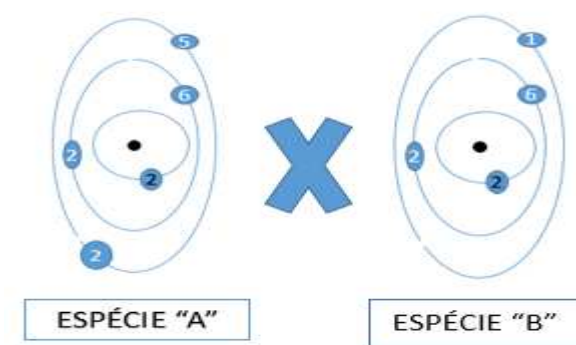


Fonte: vestibulandoweb<sup>3</sup>

As propriedades periódicas são cruciais na decodificação das moléculas e toda sua engrenagem. Não é possível abstrair a existência de partículas tão minúsculas sem um modelo que nos permita propor um raciocínio analógico coerente. Imagine dois elementos genéricos, A e B, que tenham um mesmo número de níveis eletrônicos e diferentes números atômicos:

<sup>3</sup> Disponível em <https://www.vestibulandoweb.com.br/quimica/teoria/propriedades-periodicas.asp> acesso em 14/02/19 22hs17min.

**Figura 14:** Representação de duas espécies químicas que possuem o mesmo número de níveis energéticos e diferentes números atômicos



Fonte: o autor

Se imaginarmos tais elementos tentando fazer uma ligação química, fica fácil conferir a cada um deles a tendência de doador/receptor de elétrons. Será que é mesmo assim tão fácil? É possível responder tal questionamento a partir de um simples experimento:

1. Pegue uma corda.
2. Escolha 2 pessoas para segurar uma ponta e mais uma para segurar a outra. Peça que puxem em sentidos contrários, estilo a brincadeira de cabo de guerra (Figura 15).

Observe o que irá acontecer.

**Figura 15:** Representação do experimento que deverá ser aplicado em sala



Fonte: o autor

Sabemos que o lado que obtiver maior força será aquele que terá maior chance de “atrair” o oponente e, conseqüentemente, ficar com a maior parte da corda. Porém, qual força define, por exemplo, a tendência de um elemento se tornar cátion ou ânion? Ou ainda, porque é necessária uma energia maior para retirar um elétron de um átomo isolado no estado gasoso de flúor do que para retirar um elétron nas mesmas condições de oxigênio, por exemplo?

Ao descrever as observações, espera-se que os alunos consigam fazer conexões entre o conceito de eletronegatividade e número atômico. O objetivo é que nesse momento eles já sejam capazes de raciocinar as propriedades em conjunto e não separadamente. A visão que o núcleo atrai as cargas negativas com menor intensidade para átomos com um maior número atômico, quando comparamos espécies distribuídas em um mesmo nível, deverá ser aprimorada ao discutir tais abordagens e cabe ao professor ser mediador desse processo. Nesse momento, espera-se inclusive, que os estudantes estejam capacitados a observar a tendência metálica ou ametalica dessas espécies.

### **VAMOS LER PARA ENTENDER....**

Observação: é importante que todas as leituras propostas sejam disponibilizadas aos alunos para que esses possam participar ativamente de todos os processos envolvidos durante a abordagem.

### **PERIODICIDADE DAS PROPRIEDADES DOS ELEMENTOS**

É importante compreender o que provoca os fenômenos químicos no nível dos átomos, pois estas unidades são as determinantes de tais fenômenos. É analisando as características específicas de cada átomo que se pode compreender as propriedades dos elementos e das substâncias por eles formadas. Uma análise dessa natureza mostra que as propriedades químicas têm uma dependência direta da configuração eletrônica no nível de valência dos átomos, embora os níveis eletrônicos mais internos também influenciem em tais propriedades (Oliveira e Fernandes, 2006). Partindo desse entendimento, passaremos a discutir aspectos relacionados a algumas das propriedades periódicas mais utilizadas no estudo dos elementos.

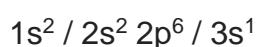
Dessa forma, ao vincularmos as propriedades de cada elemento a seu nível de valência, podemos pensar também na proximidade de tal nível com o núcleo atômico. Com as cargas opostas se atraindo, podemos concluir que quão

mais próximos (núcleo x eletrosfera), menor a possibilidade de doação de elétrons e maior a atração de cargas negativas do meio para o núcleo. Pensando em forças opostas que se atraem, façamos um segundo experimento:

1. Dividir a turma em dois grupos distintos.
2. Pedir que de cada grupo seja escolhido um líder que ficará encarregado de anotar as observações do grupo.

Apresentar a seguinte questão:

Observe o sódio  $Z=11$  e o cloro  $Z=17$  e suas respectivas distribuições eletrônicas:



Pedir que analisem e anotem:

A) Qual a camada de valência de cada uma das espécies?

É esperado que os estudantes observem e caracterizem os elétrons de valência para que, mais a frente, possam prever, a partir do uso de analogias, as possíveis ligações químicas entre as espécies.

B) Qual a previsão de formação de cátion/ânion?

É esperado que os alunos consigam relacionar a eletronegatividade das espécies apresentadas com tendência das espécies em se tornar cátion ou ânion.

C) Se pensarmos na eletronegatividade, qual dos dois tem tendência em apresentar maior raio?

Até que ponto isso interfere em suas características? Mais uma vez, é esperado que os alunos foquem suas respostas, justificados pela maior ou menor eletronegatividade das espécies. Durante a abordagem, o professor poderá usar materiais como o plástico e o metal, e indagar aos alunos o quanto essa tendência em doar elétrons poderá estar relacionada com a maior ou menor condução térmica desses materiais.

## Potencializando o Raciocínio analógico: Parte II

- 1) Pegue uma corda e indique aos alunos um local onde as observações experimentais possam ser feitas com maior clareza, como na quadra, por exemplo.
- 2) Como se fossem realizar um “cabo de guerra”, peça que em uma ponta fique um grupo de 11, na outra um grupo de 10.
- 3) Em fila indiana, todos devem segurar a corda que deverá ser puxada em lados opostos.

Peça que o líder encarregado faça as anotações observadas.

Descrição das observações experimentais
É esperado que o líder possa observar que a ponta com um número menor de alunos esteja em prejuízo quanto à força aplicada.

Faça rodízio de líderes por pelo menos 3 vezes e peça que cada um faça uma anotação daquilo que observar.

Descrição das observações experimentais
As observações relatadas durante o evento deverão ser disponibilizadas ao grupo, posteriormente, para que sejam adicionadas qualquer outra descrição que possa surgir entre o grupo.

Em seguida e já de volta à sala de aula, peça aos alunos que façam dois desenhos. O primeiro, justificando os diferentes valores de eletronegatividade

atribuídos às espécies químicas, e o segundo pensando na eletronegatividade, justificando o que se pode esperar dos raios atômicos. Esses desenhos deverão ser feitos comparando tal propriedade periódica, com a dificuldade e/ou facilidade, que eles sentiram ao realizar a brincadeira de cabo de guerra junto a sua equipe.

Descrição das observações experimentais	
Desenhos/justificativas	Desenhos/justificativas

É de extrema importância que, ao aplicar a metodologia proposta, o professor responsável deixe bem claro as limitações da relação corda/aluno e o núcleo/eletrosfera. As forças de atração existentes entre essas últimas espécies, apesar de também poderem sofrer influências do meio, jamais sofrerão as mesmas restrições que os alunos ao brincar de cabo de guerra. Embora os dois casos possuam forças atuantes, o primeiro pode ser parado à medida que os pares assim o fizerem, o segundo, envolve forças eletrostáticas que, em sua grande parte, só serão reduzidas ao adquirirem estabilidade.

### **5.2.5 Quinto Momento: Fechamento da proposta**

Finalizando a sequência didática, o professor deverá propor um debate aos alunos, onde o uso da analogia, para explicar propriedades periódicas, seja o foco da problematização. Os pontos positivos e negativos, levantados pelos estudantes, deverão ser anotados com o objetivo de comparação das observações entre os grupos, a fim de discussões embasadas em suas próprias conclusões. Espera-se que eles relacionem o maior número de alunos com a maior facilidade em puxar a corda e que façam, dessa forma, uma analogia à atração eletrostática entre o núcleo e a eletrosfera. Espera-se também que o maior número de alunos, conferindo maior força, possa ser comparado ao maior número de camadas, conferindo menor atração eletrostática às espécies. Nesse momento, é esperado que os alunos já consigam relacionar prontamente outras propriedades à eletronegatividade (como o raio, por exemplo). Durante as

discussões, as inconsistências entre o alvo (eletronegatividade) e o análogo (corda), também deverão ser questionadas.

É esperado que o diálogo seja conduzido de forma a contribuir para as conclusões finais. Caso os alunos não consigam dar o destaque necessário às limitações dentro dessa proposta, o professor deverá realizar observações, tais como: a força atuante na corda estar exclusivamente dependente da força dos alunos que a estão puxando, dessa maneira, fica fácil visualizar, por exemplo, que dependendo do porte físico do estudante, muitas vezes, 6 alunos podem ser mais fortes que 10 alunos. Logo, é necessário deixar clara a limitação do uso da corda quando se trata do conteúdo energético presente nas partículas eletrônicas doadas ou recebidas. Partículas essas que, ao participar de ligações químicas, passarão por uma rede de atração núcleo/eletrosfera e repulsão núcleo/núcleo, eletrosfera/eletrosfera, o que não necessariamente vai lhes conferir uma força maior que outras partículas envolvidas, todavia, culmina em uma compensação de energia potencial das espécies envolvidas.

## 6. CONCLUSÕES

Ao realizar as pesquisas necessárias para a elaboração desse trabalho, tive a oportunidade de aprofundar meu conhecimento sobre questões que venho enfrentando a todo o momento na sala de aula. Reconhecer o quanto lecionar pode ser ao mesmo tempo, fantástico e amedrontador, e o quanto “a minha postura” pode ser crucial para definir qual adjetivo será melhor qualificado para minhas abordagens é, de fato, significativo e faz com que a necessidade de uma autorreflexão esteja cada vez mais ativa durante meus planejamentos.

De fato, com a revisão de literatura já concluída e com a minha prática em sala de aula, ficou claro que as necessidades dos alunos mudam a todo instante e já não são diferentes somente entre uma modalidade de ensino e outra, mas, se fazem diferentes no mesmo nível de ensino. Não existe mais lugar na sala de aula para um regente único, é preciso se reinventar e usar de uma multiplicidade de técnicas que permitam alcançar as múltiplas inteligências presentes naquele recinto. Hoje é imprescindível que o aluno se sinta parte daquilo que lhe é ofertado, caso contrário, o mesmo não se sentirá integrado e todo o esforço do docente para concretizar o processo de ensino/aprendizagem terá sido em vão.

Geralmente, o material oferecido aos professores para nortear suas aulas e planejamentos, é o livro didático e nem sempre o que chega as nossas mãos foi o selecionado durante o processo de escolha. Daí senti a necessidade de, logo após a revisão de literatura, realizar a análise descritiva das obras disponíveis nas escolas da rede estadual. Se, a literatura fez apontamentos que seriam cruciais durante o processo de ensino, nada melhor que, analisar o que me é disponível para confirmar a necessidade da elaboração de uma sequência didática que abordasse diversos métodos e ferramentas de ensino (analogias, leitura e interpretação de textos que permitam a imersão no contexto histórico, questionários e debates) para a potencialização e melhor aproveitamento dos conceitos apresentados durante as aulas de Química.

Espera-se, com a realização dessa sequência didática, que os alunos consigam alcançar um patamar de conhecimento que cumpra os desígnios esperados e norteados pelos documentos oficiais que regem a educação em Ciências/Química. Aliando o contexto histórico, os conceitos teóricos e o uso de raciocínio analógico, será possível fazer com que os estudantes

compreendam a ciência como construção humana e cultural. Dessa forma, estaremos possibilitando, por meio do letramento científico, um olhar diferenciado para o mundo, acreditando que a possibilidade de aguçar o raciocínio analógico os capacite a ser melhores para interpretar contextos. Além disso, motivados a buscar um análogo para compreender o alvo, espera-se desenvolver aptidões que consolidem pré-requisitos essenciais à compreensão de uma gama de conteúdos cruciais e um amadurecimento de aprendizagem que servirá como recurso em ocasiões propícias.

Concluindo, ao finalizar as abordagens propostas, espera-se que os alunos envolvidos tenham apreendido os conceitos trabalhados de forma a utiliza-los quando necessário para a compreensão de conceitos vindouros. Espera-se, inclusive, que o entendimento da ciência como construção humana, faça desses estudantes, curiosos e críticos frente a abordagens que demonstram a ciência como algo mecânico e acabado.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAATHEN, P. C. **Química geral**, p.261, Viçosa: 2009.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2018.

BROWN, Theodore; LEMAY, H. Eugene; BURSTEN, Bruce E. **Química: a ciência central**. 9 ed. Prentice-Hall, p. 219, 2005.

CACHAPUZ, Antônio, DANIEL Gil-Perez, ANNA MARIA Pessoa de Carvalho, JOÃO Praia, AMPARO Vilchese, **A NECESSÁRIA RENOVAÇÃO DO ENSINO DAS CIÊNCIAS**, São Paulo: Cortez, pp. 15-71, 2005.

CAÑETE, Lilian Sipoli Carneiro. **O DIÁRIO DE BORDO COMO INSTRUMENTO DE REFLEXÃO CRÍTICA DA PRÁTICA DO PROFESSOR**, Belo Horizonte, p.65, 2010.

CASTRO, Nelimar Ribeiro, **AFETIVIDADE E DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM: UMA ABORDAGEM PSICOEDUCACIONAL**, Psicologia: Revista da Vetor editora, Psic vol.8 , nº 1, São Paulo, Junho de 2007.

CEIA, Carlos, **SOBRE O CONCEITO DE ALEGORIA**, Matraga: Revista de Pós-Graduação em Letras da UERJ nº10, agosto de 1998.

CISCATO, Carlos Alberto Mattoso, et al. **QUÍMICA: ENSINO MÉDIO**, pp.107-123, vol. 1, 1ª edição, São Paulo, Moderna, 2016.

CONCEIÇÃO, J. S., SANTOS, J. F., SOBRINHA, M.C.A.M., OLIVEIRA, M.A.R., **A IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMENTO NO CONTEXTO ESCOLAR** disponível em: <https://portal.fslf.edu.br/wp-content/uploads/2016/12/A-IMPORTANCIA-DO-PLANEJAMENTO.pdf> acesso em 03/05/19 15hs59min.

DUARTE, Maria da Conceição, **ANALOGIAS NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS CONTRIBUTOS E DESAFIOS**, II Encontro Ibero-americano sobre Investigação Básica em Ensino de Ciências, Burgos, Espanha, 21-24 de setembro de 2004.

FILGUEIRAS, C. A. L., **AS ELETRONEGATIVIDADES DOS GASES NOBRES**, Química Nova, p.106, Abril de 1980.

FONSECA, Martha Reis Marques da, **QUÍMICA: ENSINO MÉDIO, MANUAL DO PROFESSOR**, pp.177-274, vol. 1, 2ª edição, São Paulo, Ática, 2016.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello, **A NATUREZA DA CIÊNCIA COMO SABER ESCOLAR: UM ESTUDO DE CASO A PARTIR DA HISTÓRIA DA LUZ**, 2009.

FREIRE, P. **PEDAGOGIA DA AUTONOMIA: SABERES NECESSÁRIOS À PRÁTICA EDUCATIVA**, p. 12, Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1996.

GODOY, Arilda Schmidt, **INTRODUÇÃO À PESQUISA QUALITATIVA E SUAS POSSIBILIDADES**, Revista de administração de empresas, V.35, nº2, pp. 57-63, São Paulo, 1995.

GONZÁLEZ, Benigno Martín, JIMENÉZ, Teodoro Moreno, **LAS ANALOGIAS EM LA ENSEÑANZA DE LAS CIÊNCIAS**, Actas II Simpósio sobre la docência de las ciências experimentales em la enseñanza secundaria, pp. 204-206, Madrid, 1998.

GUADAGNINI, Paulo Henrique, **ESTUDOS TEORICOS DE MODELOS DE ELETRONEGATIVIDADE PARA INTENSIDADES VIBRACIONAIS**, UNICAMP, p.16, 1994.

JÚNIOR, Hilário Franco, **MODELO E IMAGEM: O PENSAMENTO ANALÓGICO MEDIEVAL**, Bulletin du centre d'études médiévales d'Auxerre | BUCEMA Hors-série nº2 | 2008

JÚNIOR, Wilmo Ernesto Francisco, **ANALOGIAS EM LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA: UM ESTUDO DAS OBRAS APROVADAS PELO PLANO NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO PARA O ENSINO MÉDIO 2007**, p.123, Ciências & Cognição 2009; Vol 14 (1), 03/2009.

KLEIMAN, Ângela Bustos, **ASPECTOS COGNITIVOS DA LEITURA**. 11ª edição, pp. 21-80, Campinas, São Paulo: Editora Pontes, 2008.

LEITE, Helena S.A., PORTO, Paulo A., **ANÁLISE DA ABORDAGEM HISTÓRICA PARA A TABELA PERIÓDICA EM LIVROS DE QUÍMICA GERAL PARA O ENSINO SUPERIOR NO BRASIL DO SÉC.XX**, Química Nova, vol.38, n4, pp.580-587, 2015.

LISBOA, Júlio César Foschini, et al. **SER PROTAGONISTA**, pp. 110-134, vol. 1, 3ª edição, São Paulo, SM, 2016.

LOPES, Alice Ribeiro Casimiro, **POTENCIAL DE REDUÇÃO E ELETRONEGATIVIDADE**, Química Nova na Escola, nº4, p.23, novembro de 1996.

MACHADO, Andréia Horta, MORTMER, Eduardo Fleury, **QUÍMICA**, pp. 187-295, vol. 1, 3ª edição, São Paulo, Scipione, 2016.

MINAS GERAIS, **SEE-CURRÍCULO REFERÊNCIA DE MINAS GERAIS**. Disponível em:<http://www2.educacao.mg.gov.br/images/documentos/20181012%20-%20Curr%C3%ADculo%20Refer%C3%Aancia%20de%20Minas%20Gerais%20vFinal.pdf> acesso em 12/02/2019 14hs43min.

MEDEIROS, Miguel de Araújo, **AVALIAÇÃO DO CONHECIMENTO SOBRE PERIODICIDADE QUÍMICA EM UMA TURMA DE QUÍMICA GERAL DO ENSINO A DISTÂNCIA**, Química Nova, vol. 36, n3, pp. 474-479, 2013.

MELO, Marlene Rios. **Estrutura atômica e ligações químicas: uma abordagem para o ensino médio.** 2002.

MONTEIRO, Ana Maria F.C., **ENTRE O ESTRANHO E O FAMILIAR: O USO DE ANALOGIAS NO ENSINO DE HISTÓRIA**, Cad. Cedes, Campinas, vol.25. n 67,pp. 333-347, set/dez 2005.

MORTMER, Eduardo Fleury, MOL, Gérson, DUARTE, Lucienir Pains, **REGRA DO OCTETO E TEORIA DA LIGAÇÃO QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO: DOGMA OU CIÊNCIA?** Química Nova na Escola, vol. 17, n3, pp. 243-252, 1994.

MOZZER, Nilmara Braga, JUSTI, Rosária, **MODELAGEM ANALÓGICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS**, IENCI, Investigações no Ensino de Ciências vol. 23 (1), pp.155-182, abril de 2018.

NOVAIS, Vera Lúcia Duarte de, ANTUNES, Murilo Tissoni, **VIVÁ: QUÍMICA**, pp. 110-135, vol. 1, 1 edição, Curitiba, Positivo, 2016.

OLIVA, J. M.; ARAGÓN, M. M.; MATEO, J.; BONAT, M. **UNA PROPUESTA DIDÁCTICA BASADA EN LA INVESTIGACIÓN PARA EL USO DE ANALOGÍAS EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS**. Enseñanza de las ciencias, v. 19, n. 3, p. 453-470, 2001.

OLIVEIRA, Ótom Anselmo de, FERNANDES, Joana D'arc Gomes, **ARQUITETURA ATÔMICA E MOLECULAR**, – Natal (RN): EDUFRN – Editora da UFRN, 2006.

OKI, M.C.M, MORADILLO, E.F., **O ENSINO DE HISTÓRIA DA QUÍMICA CONTRIBUINDO PARA A COMPREENSÃO DA NATUREZA DA CIÊNCIA**, Ciência e Educação, vol. 14, n1, pp.67-88, 2008.

POPPER, Karl Raimund. **A LÓGICA DA PESQUISA CIENTÍFICA**, pp. 24-27, 2. ed. São Paulo: Cultrix, 2013.

SANTOS, Camila Maria Andrade dos, SILVA, Ricardo Alexandre Galdino da, WARTHA, Edson José, **O CONCEITO DA ELETRONEGATIVIDADE NA EDUCAÇÃO BÁSICA E NO ENSINO SUPERIOR**, Química Nova, vol. 34, n10, pp. 1846-1851, 2011.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos, MÓL, Gerson de Souza, **QUÍMICA CIDADÃ**, pp. 208-253, 3ª edição, São Paulo, AJS, 2016.

SASSERON, Lúcia Helena, CARVALHO, Ana Maria Pessoa, **ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**, Investigação em Ensino de Ciências- vol. 16 (1) pp. 59-71, 2011.

SASSERON, Lúcia Helena, **ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA: ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E ARGUMENTAÇÃO: RELAÇÕES ENTRE CIÊNCIAS DA NATUREZA E ESCOLA**, Revista Ensaio, Belo Horizonte, vol. 17, nº especial, pp.49-67, novembro de 2015.

SIMÕES NETO, José Euzébio, **HISTÓRIAS DA QUÍMICA**, 1ªed.-Curitiba-Appris, p.p 125-127, 2017.

USBERCO, João; Salvador, Edgard. **Química Geral**, pp. 28-55, 12ª.ed. São Paulo: Saraiva.

VEREZA, Solange C., **O LÓCUS DA METÁFORA: LINGUAGEM, PENSAMENTO E DISCURSO**, Cadernos de letras da UFF-Dossiê: Letras e cognição, nº41, p.199-212, 2010.

ZYLBERSZTAJN, Arden, FERRARI, Nadir, ANDRADE, Beatrice L., **AS ANALOGIAS E METÁFORAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS À LUZ DA EPISTEMOLOGIA DE GASTON BACHELARD**, Ensaio, Pesquisa em Educação em Ciências, vol. 02, nº 2-Dezembro de 2002.