

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA  
INSTITUTO DE QUÍMICA

**FERNANDA DOS SANTOS CASTRO**

ESCALANDO OS ELÉTRONS: ASSESTANDO ÓCULOS PARA A  
INCLUSÃO NO ENSINO DE QUÍMICA

Rio de Janeiro

2022

FERNANDA DOS SANTOS CASTRO

**ESCALANDO OS ELÉTRONS: ASSESTANDO ÓCULOS PARA  
A INCLUSÃO NO ENSINO DE QUÍMICA**

Trabalho de conclusão do curso de licenciatura em Química apresentado ao Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do grau de Licenciada em Química.

Orientador: Ricardo Cunha Michel

Rio de Janeiro

2022

**FERNANDA DOS SANTOS CASTRO**

**ESCALANDO OS ELÉTRONS: ASSESTANDO ÓCULOS PARA A  
INCLUSÃO NO ENSINO DE QUÍMICA**

Trabalho de conclusão do curso de licenciatura em Química apresentado ao Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do grau de Licenciada em Química.

Rio de Janeiro, 21 de fevereiro de 2022

---

Prof. Dr. Ricardo Cunha Michel

IQ/UFRJ

Orientador

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Priscila Tamiasso Martinhon

IQ/UFRJ

---

Prof. Dr. Jucinato de Sequeira Marques

FE/UFRJ

Rio de Janeiro

2022

*Dedico este trabalho a todos os sujeitos que ousam mudar  
o mundo por meio da educação.*

## **AGRADECIMENTOS**

À minha mãe, Ana Lúcia, por ser um exemplo de mulher e professora. Por toda a sua força, dedicação, integridade e comprometimento com a educação do mundo e da sua filha.

Ao meu pai, Flávio, por sempre aportar com sensibilidade e carinho o extremo orgulho que sente do caminho que sigo a trilhar.

À toda a minha família, pelo apoio e pela partilha dos aprendizados advindos desta minha jornada acadêmica. Obrigada por olharem por mim.

Às minhas amigas, Isabelly Sette e Keicy Barcelos, por representarem meus pilares de sustentação. Por estarem sempre ao meu lado e acreditarem em mim, mesmo quando eu não acredito.

Aos amigos, os mais próximos e os mais distantes, novos e de sempre, pela paciência e pelo carinho. Obrigada por sempre buscarem estar presentes e tornarem o caminho mais leve e feliz.

A todos os professores que contribuíram para a minha formação, especialmente a Denise, Diego, Jucinato e Isabella, por serem verdadeiras inspirações como educadoras e educadores. A professora que me torno, a cada dia, leva consigo um pedaço de cada um de vocês.

A todos os integrantes do Pedra de Afiar, por me proporcionarem profundas reflexões e por me auxiliarem a assestar óculos para olhar o mundo.

À banca examinadora, por aceitar o convite, por suas críticas e contribuições.

*“O essencial é invisível para os olhos”*

*- Antoine de Saint Exupéry*

## RESUMO

O presente trabalho propõe uma análise crítica acerca do processo de ensino-aprendizagem do conteúdo de distribuição eletrônica de alunos com baixa ou nenhuma visão através da proposição de um material didático inclusivo sob uma perspectiva sociointeracionista. A fim de fortalecer esse estudo, inicialmente, buscou-se reconhecer a Química como uma ciência que apresenta uma linguagem única, constituída em um sistema de representações formais pautado em signos próprios. Sob esse óculo, debruça-se em entender o processo de significação segundo o campo da Semiótica elucidada pela Teoria dos Signos de Charles Sanders Peirce, buscando se aprofundar na origem, desenvolvimento e compreensão dos signos que constituem a ciência química. Isto posto, se reconhece a importância da mediação como a principal característica do signo. Desta forma, à luz da semiótica, os processos de mediação se fazem indispensáveis e ganham importância no âmbito das estratégias pedagógicas que valorizam o papel da interação, dos multimodos e potencializam a construção do conhecimento. Neste ponto, é imprescindível destacar que a efetiva relação entre determinados signos e o conhecimento requer conceitos prévios, que são aperfeiçoados e relacionados a novos contextos. À vista de que conceitos prévios são considerados inerentes à cultura, revela-se importante reconhecer os aspectos culturais dentro dos quais o signo emerge ou é destinado. Mediante o exposto, a fim de promover um Educação Inclusiva, torna-se imprescindível conhecer a denominada Cultura Cega, um modo singular, autêntico de ser e estar no mundo, bem como a escrita Braille no seu processo de comunicação e autoafirmação. A metodologia utilizada para a sistematização dos dados foi a análise de materiais didáticos segundo Vygotsky, Wertsch (1991; 1999) e (LEONTIEV, 1978). Os resultados apontam que há uma crescente preocupação com a produção de materiais didáticos que abordem de forma tátil e lúdica conceitos da ciência química tendo por objetivo promover uma maior compreensão acerca de seus conceitos basilares, levando em consideração as demandas dos grupos, a fim de promover uma educação inclusiva. Todavia, é necessário enfatizar que ainda há uma carência significativa de materiais que atendam diversas áreas, não apenas desta Ciência como das demais. Outrossim, se reconhece a importância do aprofundamento nos estudos dos signos químicos por parte dos educadores, a fim de promover melhores estratégias de construção do conhecimento, bem como a necessidade de assestar óculos para olhar o mundo<sup>1</sup> sob uma perspectiva humana em que a

---

<sup>1</sup> Referência a metáfora utilizada pelo químico e escritor Attico Chassot no seu livro *Das Disciplinas à Indisciplina* (2016).

cegueira não se constitui de um viés patológico e limitador, mas um lugar único de ser/estar e construir o todo. Apenas assim, será possível desenvolver uma Educação Inclusiva e Libertadora.

**Palavras-chave:** Educação Inclusiva, Mediação, Material Didático de Química, Semiótica.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Esquema ilustrativo simplificado da tríade signo-objeto-interpretante, utilizando o objeto proveta como exemplo	19
<b>Figura 2</b> – Esquema ilustrativo da tríade de comunicação do conhecimento químico nos ambientes de ensino aprendizagem	23
<b>Figura 3</b> – A representação de alguns símbolos fazendo uso do sistema Braille	28
<b>Figura 4</b> – Fotografia da Tabela Periódica Texturizada	32
<b>Figura 5</b> – Fotografia do Modelo Bolas-Varetas representando, da esquerda para a direita, a molécula do HF e o composto KF	32
<b>Figura 6</b> – Caracteres em Braille representando os símbolos de exclamação/soma e, aspas/multiplicação	34
<b>Figura 7</b> – Caracteres em Braille representando diferentes signos químicos	34
<b>Figura 8</b> – Reação de Decomposição do Carbonato de Cálcio	35
<b>Figura 9</b> – Reação do Carbonato de cálcio com o Ácido Sulfúrico	35
<b>Figura 10</b> – Diagrama de Distribuição	43
<b>Figura 11</b> – Encarte dos Grupos I e II (visão da capa)	43
<b>Figura 12</b> – Encarte dos Grupos I e II (visão completa)	44
<b>Figura 13</b> – Receptáculo de Elétrons	44
<b>Figura 14</b> – Esquema para a adaptação de materiais	45
<b>Figura 15</b> – Esquema para ilustrar o papel do professor como mediador no processo de ensino aprendizagem	47

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CC BY	Creative Commons Attribution
CC BY-AS	Creative Commons Attribution-ShareAlike
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCNEM	Parâmetro Curriculares Nacionais – Ensino Médio
PCN+	Complementos aos Parâmetros Curriculares Nacionais
PET	Polietileno Tereftalato

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>16</b>
2.1	OBJETIVO GERAL	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>17</b>
3.1	SEMIÓTICA E A TEORIA DOS SIGNOS DE PEIRCE	17
3.2	MEDIAÇÃO SEMIÓTICA (MEDIAÇÃO DIDÁTICA) E AS MULTIMODALIDADES	22
3.3	A CULTURA CEGA E O SISTEMA BRAILLE	26
<b>4</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO EXPERIMENTAL</b>	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>38</b>
5.1	CONFECÇÃO DO PROJETO	38
5.1.1	Diagrama de Distribuição	38
5.1.2	Encarte dos Grupos I e II	38
5.1.3	Receptáculo de Elétrons	39
5.2	ABORDAGEM PEDAGÓGICA	39
5.3	PÚBLICO-ALVO	39
5.4	CONTEÚDOS TEÓRICOS	40
<b>6</b>	<b>RESULTADO E DISCUSSÃO</b>	<b>42</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>48</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>50</b>

<b>APÊNDICES</b>	<b>56</b>
<b>APÊNDICE A – ROTEIRO DO PROFESSOR</b>	<b>56</b>
<b>APÊNDICE B – ROTEIRO DO ALUNO</b>	<b>62</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A linguagem constitui-se, desde há muito tempo, em temática de interesse sendo objeto de investigações em várias áreas de estudo. Diante da pluralidade de referências teóricas que abarcam a discussão assumindo sua complexidade, acredita-se ser relevante destacar que as considerações apresentadas a seguir são decorrentes de uma abordagem sociocultural que evidencia a essência da linguagem como elemento da constituição humana.

Tomasello (2003) ressalta que a linguagem é uma herança cultural cumulativa, que se aperfeiçoa no transcorrer das gerações, incorporando valores simbólicos construídos coletivamente. Isto posto, evidencia-se a linguagem como um produto concebido a partir do consentimento humano e que, eventualmente, ilustra-se como uma ferramenta que vem sendo desenvolvida e aprimorada ao longo dos tempos. Para Vygotsky<sup>2</sup>, a principal função da linguagem é a comunicação. Segundo o autor, associado a este aspecto encontra-se o pensamento generalizante que incide na fusão da linguagem com o pensamento (apud DAVIS, 2005; DUARTE, 2005), como pode-se observar no trecho a seguir: “...ao longo da evolução do pensamento e da fala, tem início uma conexão entre ambos, que depois se modifica e se desenvolve.” (Vigotski, 1998, p. 103). Diante do exposto, infere-se que em um determinado momento do desenvolvimento humano, o pensamento e a linguagem se fundem, e seria por meio das *palavras*<sup>3</sup> que o pensamento se corporifica. Portanto, a linguagem pode ser considerada a via de acesso ao pensamento e, conseqüentemente, a perspectivas de mundo. Dessa forma, ao assumir sua indissociabilidade ao pensamento, pode-se dizer que, mediante a sua incompreensão em qualquer instância (oral, gráfica ou corpórea), há a interrupção no processo de comunicação, afetando a interação entre os sujeitos (PAULETTI et al., 2013). À vista de que a linguagem é entendida como um dos aspectos basilares mais significativos do comportamento cultural do ser humano, por ser repleta de signos mediadores entre os indivíduos, constituindo-se parte da produção histórico-social da humanidade, então é inegável a sua importância para a Educação.

A Química, por sua vez, constitui-se de uma ciência que apresenta uma linguagem própria. Através de uma análise histórica acerca da estruturação desta ciência, é possível identificar que a elaboração do conhecimento químico se dá através de aspectos relacionados

---

<sup>2</sup> O nome Vygotsky, por ser de origem russa, apresenta grafias diferentes, dependendo da língua/autor que o traduziu. Em nosso texto, será adotada essa grafia, mas, em citações, a grafia segue como no texto original.

<sup>3</sup> No decorrer da monografia, *palavra* será associada a representação de um exemplo de signo de forma a se tornar mais adequada sua aplicação diante dos objetivos deste texto.

a construção e remodelações, além da interpretação, de um sistema de representações formais pautado em signos próprios. De acordo com Neto, Raupp e Moreira (2009), é próprio do ensino de Química, fazer uso de diferentes possibilidades de representação mediante a apropriação de fórmulas, modelos, e reações, dentre outros. No entanto, mediante o exposto, um questionamento torna-se latente: A linguagem utilizada para a representação dos fenômenos e processos químicos nos níveis macroscópico, microscópico e simbólico são de domínio do professor e dos estudantes? É notório que a resposta para o questionamento suscitado não é simples. Todavia, o objetivo da autora é provocar uma reflexão acerca da aplicação desta ciência que permeia a todos e, buscar, através deste texto, o aprimoramento do processo de ensino-aprendizagem.

Ao consultar a literatura, é possível verificar que um dos entraves frequentemente citados em se tratar da construção dos conhecimentos que permeiam esta área é a sua natureza abstrata. Pozo e Crespo (2009) evidenciam que existe uma dificuldade dos estudantes compreenderem os ensinamentos correspondentes à área da Química devido à quantidade de leis e conceitos (novos), além do caráter de abstração próprios dessa área. Além da referência supracitada, é possível encontrar uma diversidade de estudos que demonstram que os estudantes de todos os níveis têm dificuldades em interpretar e utilizar adequadamente representações de conceitos químicos (HEITZMAN; KRAJCIK, 2005; WU et al., 2001; KOZMA; RUSSELL, 1997; GABEL, 1999). Esses trabalhos aportam que as dificuldades estão além da compreensão de conceitos e representações, mas sobretudo na capacidade de transladar entre diferentes formas de *signos*<sup>4</sup> para um mesmo ente químico. Diante deste contexto, evidencia-se uma redução da compreensão no que tange a ciência Química pois, “além dos estudantes se depararem com fenômenos que não são familiares, ainda, precisam compreendê-los e realizar análises em comunhão com uma linguagem altamente simbólica e formalizada que não lhes foi apresentada previamente” (PAULETTI et al., 2013, p.11). A exemplo disso, ressalta-se o conteúdo de distribuição eletrônica presentes em apostilas e livros didáticos voltados para o segmento do 9º ano do Ensino Fundamental Anos Finais. É neste nível do ensino que os alunos vão ter seu primeiro contato com a existência de subníveis energéticos e sua ordenação de forma crescente de energia, de acordo com um diagrama cuja representação se fundamenta em uma ilustração em 2D. Ao mesmo tempo em que se depara com uma introdução a teoria, é esperado que este estudante entenda o funcionamento do

---

<sup>4</sup> Levando em consideração o conceito de Pierce.

diagrama ilustrado e seja capaz de aplicá-lo. Isto associado a baixa visão ou ausência dela coloca em questão o conhecimento científico que espera-se que esteja sendo adquirido através da forma de representação deste conceito químico. A experiência da autora em sala de aula demonstra que a maioria dos alunos apresenta dificuldade diante deste conteúdo e de sua eventual utilização, o que a motivou a desenvolver um estudo e, posteriormente, um material concreto como uma proposta lúdica, a fim de promover uma nova perspectiva perante o aprendizado através da acessibilidade por meio do uso do Braille e da familiarização do conteúdo, mediante a sua associação ao futebol.

À vista do exposto, cabe ressaltar que, em um primeiro momento, uma proposta para que a linguagem assuma a completude de sua função sendo um instrumento essencial no processo de compartilhar significados em busca de uma congruência de sentidos e conhecimentos químicos, é a familiarização dos estudantes quanto aos significados impressos nos signos específicos da Química por meio de uma linguagem acessível utilizada pelos professores. Neste ponto é importante destacar que a busca por formas de facilitar a compreensão do alunado está intrinsecamente relacionada as necessidades que o permeiam e ao contexto no qual se encontram inseridos. Isto posto, o “Escalando os Elétrons” consiste em uma proposta de material didático inclusivo voltado para a aprendizagem do conteúdo de distribuição eletrônica de acordo com os subníveis de energia. Esse projeto começou a ser desenvolvido durante a disciplina de Laboratório de Desenvolvimento e Avaliação de Material Didático – IQW101 e tem por objetivo promover uma melhor compreensão de todo o corpo estudantil, através de uma perspectiva sociointeracionista, de modo em que são levadas em consideração as especificidades daqueles que apresentam uma baixa visão ou ausência da mesma. De modo que, estar-se-á nas próximas páginas assestando óculos para olhar o mundo<sup>5</sup> sob uma perspectiva humana em que a cegueira não se constituirá de um viés patológico e limitador, mas um lugar único de ser/estar e construir o todo.

---

<sup>5</sup> Referência a metáfora utilizada pelo químico e escritor Attico Chassot no seu livro *Das Disciplinas à Indisciplina* (2016).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho consiste no estudo acerca do aprimoramento do processo de ensino-aprendizagem de Química, mais especificamente, do conteúdo de distribuição eletrônica de alunos com baixa ou nenhuma visão através da proposição do material didático inclusivo intitulado “Escalando os Elétrons”, segundo uma perspectiva Sociointeracionista.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a existência de um conjunto de signos próprios da ciência Química segundo a Semiótica e a Teoria dos Signos de Peirce;
- Explorar a Mediação Semiótica e as Multimodalidades como uma forma de aprimorar o Processo de Ensino-Aprendizagem;
- Destacar a importância de se conhecer a Cultura Cega e do Sistema Braille de escrita para a promoção de uma Educação Inclusiva;

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 SEMIÓTICA E A TEORIA DOS SIGNOS DE PEIRCE

A semiótica pode ser considerada, de forma geral, como a ciência que estuda as diferentes formas de linguagem e agrega contribuições, extremamente importantes para o entendimento das relações entre linguagem e aprendizagem (SILVA; SILVA, 2012). Um dos principais conceitos que fundamentam essa ciência é o signo. Ainda conforme Silva e Silva (2012), o signo pode ser entendido como uma coisa que representa outra, o seu objeto. O objeto, por sua vez, é considerado, de certo modo, a causa determinante do signo. Assim, o signo exerce sua função ao carregar o poder de representar algo. No entanto, vale ressaltar que embora o signo esteja no lugar do objeto, ele não é o objeto. Nesse sentido, o signo só pode representar um objeto de certa forma e numa certa capacidade.

Este trecho discutirá o processo de significação apontado por Charles Sanders Peirce (1839-1914) buscando-se aprofundar na compreensão dos signos como representações químicas e no desenvolvimento de um material didático inclusivo sendo a aprendizagem do aluno foco principal de interesse, a fim de facilitar seu acesso ao conhecimento científico. Isto posto, para melhor fundamentar ao serem introduzidas as ideias que constituem a semiótica Peirciana, acredita-se ser interessante perpassar por uma alusão histórica a duas concepções primeiras<sup>6</sup>: a de Aurélio Agostinho e a dos Estóicos.

Em sua senda, a semiótica apresenta um longo histórico envolvendo inúmeros pensadores que deram origem a diversas ideias em várias áreas do conhecimento. Desde o período greco-romano, são atribuídos os primeiros registros aos filósofos gregos sobre o desenvolvimento de sua história. No que tange o estudo em questão, a atenção será desdobrada, inicialmente, ao que é considerado o maior semioticista da antiguidade Aurélio Agostinho (354-430), conhecido como Santo Agostinho. Os estudos sobre o semioticista apontam que suas ideias sobre os signos assumiram por base as teorias dos estóicos<sup>7</sup>. Para eles, o conhecimento é produto tanto da razão quanto da experiência, considerando triadicamente o significante e objeto como entidades materiais, enquanto o significado seria

---

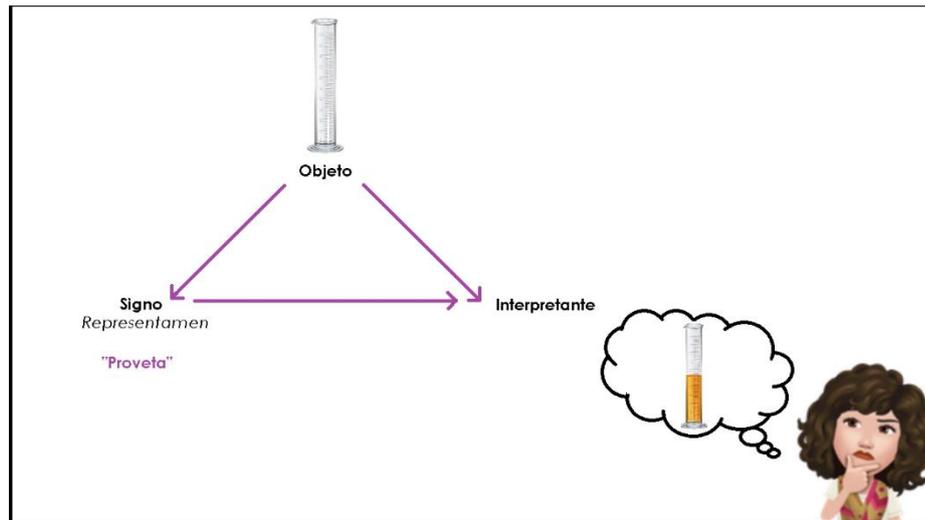
<sup>6</sup> As concepções dos Estóicos e de Aurélio Agostinho não foram as primeiras datadas ao realizar-se um levantamento histórico. Todavia, a autora acredita, com base na literatura sobre o tema, que sejam as primeiras a suscitarem as concepções basilares da Semiótica Peirciana.

<sup>7</sup> Aqueles que pertenciam ao Estoicismo (compreendido aproximadamente entre 300 a.C. – 200 d. C.), uma doutrina que surgiu dos movimentos filosóficos na Grécia Antiga e se perpetuou até o Império Romano.

uma entidade ideal, não corporal (BARBOSA; DESCARDECI, 2012). Conforme apontam os autores supracitados e se baseando também em Nöth (2008), Agostinho expandiu a concepção de signo à esfera não verbal e o delineou como algo que, além da impressão que transmite, faz com que outras coisas venham à mente. Esse fato promoveu o conhecimento a um processo dinâmico, no sentido de que não produz o mesmo significado sempre. Neste contexto, o signo emerge como um instrumento por meio do qual se produzem e se manifestam sentidos, entendendo-se, em seguida, que a ocorrência do processo de conhecimento (significação) pressupõe o intermédio de signos (FERNANDES, 2019).

No final do século XIX e início do século XX, surgem as contribuições de Charles Sanders Peirce (1839-1914) para o sistema de significação, sendo considerado um dos fundadores da semiótica moderna. A semiótica Peirciana consiste no estudo de tríades acerca do signo e do conhecimento apresentando por objetivo “configurar conceitos sígnicos tão gerais que pudessem servir de alicerce a qualquer ciência aplicada” (SANTAELLA, 2002, p.55). Marques (2006) aponta que a concepção de signo desenvolvida por Peirce envolve três elementos articulados: signo ou *representamen*, interpretante e objeto. O signo ou *representamen* é aquilo que está no lugar do objeto representando-o. Em relação ao interpretante, considera-se que é o efeito que o signo produz numa mente interpretativa. Quanto ao que se intitula objeto, este não se restringe apenas à noção de um objeto existente materialmente, ou seja, uma ideia, um conjunto de coisas, um evento ou ocorrência pode ser o objeto de uma dada relação sígnica (RANSDELL, 1983, p. 24 apud SANTAELLA, 2000, p. 15). Pode-se estabelecer como exemplo de signo a palavra “proveta” que apresenta um objeto com existência concreta. Quando essa palavra (signo) é lida, o leitor é levado a imaginar (interpretante) o receptáculo vítreo, que na teoria semiótica é considerado o objeto (Figura 1). Ademais, se faz importante destacar que, o signo não se limita a representar entidades cuja existência esteja na materialidade: entidades ficcionais, imaginárias, e até mesmo as sonhadas são capazes de serem signos (SANTAELLA, 2000). Gois e Giordan (2007) exemplificam que a palavra “saudade” pode ser utilizada como um signo que apresenta um objeto abstrato e leva a mente do leitor a um interpretante relacionado à ausência de algo ou alguém.

Figura 1 – Esquema ilustrativo simplificado da tríade signo-objeto-interpretante, utilizando o objeto proveta como exemplo.



Fonte: Elaborado pela autora.

Ainda a respeito dos estudos dos autores supracitados, acredita-se ser relevante para este texto destacar a importância da mediação como a principal característica dos signos. Por estar localizado em uma posição de intermédio entre o sujeito e o mundo, assumem o papel de mediar tanto para a organização do aspecto material e simbólico quanto para a estruturação do pensamento, como pode ser observado na Figura 1, em que a palavra se encontra como intermediária do objeto e do interpretante. Nas palavras de SANTAELLA (1996, p. 226): “o signo determina o interpretante e, ao determiná-lo, transfere ao interpretante a tarefa de representar o objeto pela mediação do signo”. Isto posto, ao retomar a definição estabelecida por Peirce, verifica-se que o semiótico acreditava que o signo não é o objeto. Sua função é de apenas representá-lo, produzindo algo na mente de quem interpreta e esse algo seria outro signo, que também se relaciona com o objeto, mas com a diferença de ser mediada pelo signo.

Diante do exposto, evidencia-se que o signo também pode ser correspondente à representação. À vista disso, considera-se que as representações são coisas que estão no lugar de outras coisas representando, até certo limite, a coisa representada. Conforme explanam Wharta e Rezende (2017), na perspectiva da Semiótica Peirceana representação é mediação e, dessa forma, pode-se entender que a realidade é mediada pelas interações entre signos (signo, objeto e interpretante), onde o signo representa o objeto; por sua vez o objeto determina o signo e o interpretante é determinado, imediatamente, pelo signo e, mediadamente, pelo objeto (porque, necessariamente, passa pela mediação do signo). Sendo assim, verifica-se que o signo determina o interpretante, mas ele mesmo (o signo) é determinado pelo objeto. Ao realizar um paralelo com a perspectiva supracitada pelas autoras e a sala de aula, é possível pensar neste local como um espaço de percepção (signos) sobre entes químicos (objetos) na

elaboração conceitual (interpretante). Ademais, se faz importante destacar que as representações elucidadas ao longo deste excerto são consideradas produtos semióticos que dependem da sua forma de uso, pois são processos intencionais e racionais legitimados por um grupo dentro de um contexto social.

De acordo com Peirce (2005), o processo entre os elementos dessa tríade é complexo, dialógico e dinâmico, uma vez que cada signo cria um interpretante que, por sua vez, é *representamen* de um novo signo, de forma que a semiose resulta numa série de interpretantes sucessivos, não havendo um primeiro e nem um último signo nesse processo de semiose ilimitado. Destarte, nota-se o quão inúmeras são as possibilidades de aplicação desta perspectiva, de forma a ilustrar um potencial teórico muito rico para que se possa discutir qualquer ciência. Todavia, o enfoque será dado ao nosso campo de interesse, com relação as representações do conhecimento químico e sua elaboração conceitual.

Dando prosseguimento a ótica Perciana, o autor propõe que tudo o que aparece a consciência humana ocorre numa relação de três propriedades ou categorias, sendo intituladas categorias universais. A primeira se apresenta em nível de Qualidade, a segunda, de Relação (ou Reação) e a terceira, de Representação (ou Mediação). Para fins científicos, Peirce preferiu se referir a elas por Primeiridade, Secundidade e Terceiridade. A fim de fazer uma síntese das três categorias, de modo a se utilizar de expressões menos complexas, mas ainda baseando-se nas obras de Peirce, buscar-se-á incitar a definição segundo Michel e Andacht (2016). Os autores definem Primeiridade como sendo a consciência imediata de um sentimento (*feeling*), como um produto da consciência no momento imediato ao seu contato com o signo, em seu aspecto qualitativo mais simples e absoluto, sem ser atribuído a nada em particular. Mediante o exposto, pode-se dizer que seria a percepção não reflexiva, sem qualquer estabelecimento de relações ou associações. A qualidade que vem primeiro quando em contato com o signo. Esta qualidade, porém, é quase instantaneamente associada ao seu objeto e, ao ser contextualizada ao meio a qual pertence, neste momento o signo deixa de estar em nível de Primeiridade para tornar-se Secundidade. Assim, pode-se inferir que a Secundidade corresponde à consciência de algo externo diretamente presente por meio das sensações de reação. Neste ponto, acredita-se ser relevante destacar a última categoria, a Terceiridade, sob a perspectiva de Nöth (2008). Segundo o autor, este fenômeno terceiro corresponde à consciência que é resultado da mediação que caracteriza o entendimento da relação por meio do pensamento, da cognição. Sendo assim, toda a elaboração cognitiva, a mediação, a representação, a própria consciência da existência, pertencem à Terceiridade. Por

fim, se faz essencial salientar que ao homem não é possível à percepção destas categorias em separado, uma vez que elas ocorrem quase que simultaneamente. A autora apenas optou por ressaltá-las de forma individual, a fim de melhor explicitá-las.

Com relação ao ensino de Química, a existência de inúmeros signos que estão associados a um objeto ou fenômeno químico - e seus conceitos - nos remete a especial importância do campo de estudos semióticos nos processos de ensino e aprendizagem dessa ciência. Nesse âmbito, conforme será abordado na próxima seção, verifica-se que a visualização ocupa um papel de destaque na aprendizagem, uma vez que os estudantes apresentam dificuldades para interpretar fenômenos e transformações químicas em termos de signos representacionais (GARNET; HACKING, 1995). Ademais, a respeito do processo de construção do conhecimento, evidencia-se que esse pressupõe o envolvimento em atividades organizadas, nas quais signos (fala, gestos, imagens modelos etc.) desempenham papéis fundamentais.

Concorda-se com o pensamento de Piccinini e Martins (2004), no que tange a produção e circulação de signos no universo escolar que são negociadas a partir de interações sociais, mediadas por interesses pessoais e coletivos; pelos recursos semióticos disponíveis e orquestradas retoricamente. Assim, no processo de aprendizagem, os alunos são levados a construir sentidos sobre determinados conceitos científicos tendo que, para isso, lançar mão de diversos artefatos semióticos (imagens, modelos de ensino, diagramas de distribuição, textos, gráficos etc.) em um processo que ocorre por meio de sucessivas mediações pedagógicas e semióticas. Isto pode ser ratificado através dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e seus complementos (PCN+) que estabelecem que o aprendizado de Química no ensino médio deve possibilitar ao aluno a compreensão das transformações químicas que ocorrem no mundo físico de forma abrangente e integrada. Para isso, é imprescindível o entendimento acerca da estruturação deste mundo material, bem como ser capaz de interpretá-lo fazendo uso de diferentes linguagens e formas de representação.

De acordo com Costa (2006), em uma perspectiva vygotskyana, o termo mediação é concebido como elo entre indivíduo e meio. Pode ser entendida como mediação pedagógica quando realizada pelo “outro” (professores, colegas mais adiantados, amigos, dentre outros) e como mediação semiótica quando se trata dos signos. Essas duas dimensões são interdependentes e acontecem ao mesmo tempo. Desta forma, à luz da semiótica, os processos de mediação se fazem indispensáveis e ganham importância no âmbito das estratégias

pedagógicas que valorizam o papel da interação, dos multimodos e potencializam a construção do conhecimento.

Na próxima seção, será explorado mais detalhadamente o papel da mediação semiótica na construção de sentidos do saber químico e como alguns tipos de representação, nas quais a Química se ancora, pode muitas vezes, se apresentar como uma barreira no processo de aprendizagem dessa ciência mediante a cultura cega.

### 3.2 MEDIAÇÃO SEMIÓTICA (MEDIAÇÃO DIDÁTICA) E AS MULTIMODALIDADES

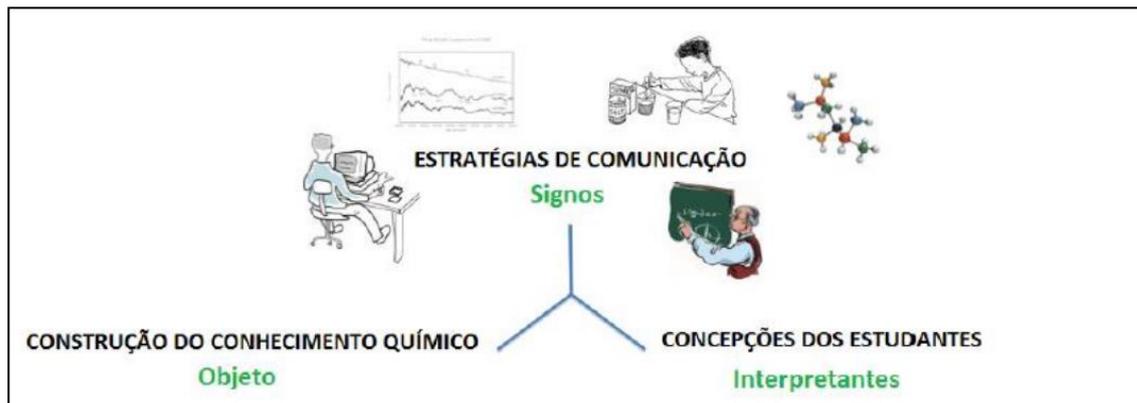
Por essência, a Química é uma Ciência de caráter representacional. Esta área de conhecimento que apresenta um campo teórico muito abstrato, recorre aos signos para representar o mundo pelo qual não se tem acesso a olho nu (PELEGRINI, 1995). Diante do exposto, verifica-se que os químicos utilizam diferentes representações, fórmulas moleculares, gráficos, curvas de temperaturas, diagramas, espectros, dentre tantos outros recursos semióticos, no sentido de “expressar estruturas reais”, nas palavras de Bachelard (1990, p. 187). Tais representações revelam as muitas e distintas interpretações teóricas tendo, cada uma, suas próprias regras e propósitos preditivos e explicativos. À vista dos processos de ensino e aprendizagem desta área, ilustra-se, como supracitado no tópico anterior, a recorrente necessidade de manipulação dos mais variados modos na elaboração do conhecimento, fazendo com que a habilidade de compreensão e manipulação de signos seja crucial.

Destarte, todo o processo de construção do conhecimento científico químico, bem como a construção do conhecimento junto ao aluno em sala de aula, é demarcado por estratégias de comunicação de signos que resulta nas diferentes concepções de interpretantes. Os objetos de estudo da Química dependem das diferentes estratégias de comunicação do signo, uma vez que - por vezes, ser submicroscópico - esse não pode ser acessado diretamente em sua totalidade (FERNANDES, 2019). Um sujeito que se dispõe a conhecer e compreender as manifestações dos fenômenos dessa Ciência precisa recorrer aos modelos de representação do conhecimento. Por isso, pesquisas apontam que muitos estudantes apresentam dificuldades em compreender as representações em Química por demandarem compreensões submicroscópicas e simbólicas que correspondem a entidades invisíveis e abstratas e o pensamento dos alunos é, sobretudo, construído sobre informações sensoriais (BEM-ZVI et al., 1987).

No que tange a comunicação do conhecimento químico, especialmente em se tratar de uma sala de aula, evidencia-se uma semiose. Segundo Souza (2012), os construtos científicos

adquirem o papel de objetos e são acessados por meio da fala, dos gestos do professor, dos textos, das imagens, dos modelos moleculares, diagramas etc. A autora explicita que essas estratégias de comunicação tomam o lugar de signos que vão gerar interpretantes na mente dos estudantes. A Figura 2 ilustra a tríade que estabelece a semiose de comunicação do conhecimento químico.

Figura 2 – Esquema ilustrativo da tríade de comunicação do conhecimento químico nos ambientes de ensino aprendizagem.



Fonte: Extraído de Souza (2012, p. 83).

Assim, a fim de compreender os saberes químicos, se faz necessário a familiarização dos estudantes com as multiplicidades de modos de informação, com os significados dos modelos científicos, o que envolve aprender, além de conceitos, as diferentes representações e suas convenções. Quanto ao que define uma representação, nas palavras de Araújo-Neto (2009):

Representação constitui um processo medial caracterizado pela ação de um representante agindo em um meio com o objetivo de permitir uma relação entre duas instâncias: um objeto imediato desse representante, aquilo que ele representa, e o interpretante do representante que então passa a estar em relação medial com o objeto imediato por meio do processo de representação (ARAÚJO-NETO, 2009, p. 51).

Mediante o exposto, a maneira com que as representações promovem seus significados e o entendimento das ações próprias de atividades de ensino são questões relevantes no âmbito da educação em Química. À vista disso, acredita-se que o aprofundamento no estudo dos ícones e suas categorias pode suscitar uma maior compreensão sobre as estratégias de construção e comunicação do conhecimento e, conseqüentemente, a proposição de um processo de ensino aprendizagem na área mais efetivo. Ademais, corrobora-se o argumento de Wartha e Rezende (2015) ao considerar o emprego de representações em Química uma linguagem complexa e estruturada que precisa ser apreendida pelos estudantes para que possam, ao estabelecer

relações conceituais entre as mediações sógnicas nos diferentes níveis, expressar esses conhecimentos na mesma linguagem. Alguns trabalhos apontam, inclusive, que as dificuldades de aprendizagem não permeiam apenas a compreensão dos conceitos e das representações envolvidas, mas, sobretudo, na capacidade de transpor o conhecimento entre diferentes formas de representação para um mesmo ente químico (HEITZMAN; KRAJCIK, 2005; WU et al., 2001; KOZMA; RUSSELL, 1997; GABEL, 1999).

Desse modo, salienta-se que o desenvolvimento de estratégias didáticas que combinem múltiplas formas de representação tanto em modos visuais como nos verbais, gestuais, ou seja, de forma integrada, que faça com que os estudantes possam extrair diferentes informações nos distintos modos representacionais, mostra-se desiderato. É diante desta constatação que se incide a proposta do “Escalando os Elétrons”, que por meio de sua estruturação tátil e ilustrativa, busca oferecer aos alunos uma nova forma de estudar o conteúdo de distribuição eletrônica, de modo a serem estimuladas novas percepções mediante ao contato direto com o material através da utilização dos sentidos. Neste ponto, buscou-se pautar a proposta deste material em dois conceitos: Ação Mediada e Teoria da Atividade.

Um conceito central proposto por Wertsch (1991; 1999) é o de ação mediada. A ação mediada é definida por ele como a imbricada relação entre agentes ativos e os recursos mediacionais culturais, não sendo possível compreender a ação humana sem a presença e a influência dos recursos nessa ação. Ainda para o autor, os instrumentos de mediação e os indivíduos estão inerentemente implicados de tal maneira que o agir é definido como “indivíduos-atuando-com-ferramentas-culturais” (PEREIRA; OSTERMANN, 2012, p.26) e então, é possível utilizar a ação mediada como um método produtivo de explicação das complexas relações entre a ação humana e seus múltiplos contextos cultural, institucional e histórico e no processo do desenvolvimento do conhecimento. Partindo de uma perspectiva sinérgica, pode-se fazer um paralelo com a Teoria da Atividade, em que Leontiev defende o desenvolvimento do homem por meio da inerente interação com o meio em que está inserido o levando a satisfazer algumas necessidades pessoais, sendo o desenvolvimento das funções psíquicas decorrente de um processo de apropriação de algum saber, que transforma a atividade externa em interna. Segundo essa teoria, a aprendizagem é uma atividade humana movida por um objetivo, a qual concebe três pontos de relevância: acontece em um meio social, através de uma atividade mediada nas relações entre os sujeitos e é uma atividade entre o sujeito e o objeto de aprendizagem (GRYMUZA; REGO, 2014). Dessa forma:

[...] o processo de apropriação do conhecimento acontece no convívio social, de uma geração para outra, tomando a forma de consciência social. Portanto, o homem se apropria não só de mecanismos materiais, mas também de todo um sistema de significações que foram formados historicamente (LEONTIEV, 1978).

As relações de ensino, nessa perspectiva, são marcadas pela ênfase no funcionamento da linguagem constitutiva de toda atividade humana, nos processos de significação como momentos e condições de desenvolvimento e nos diferentes modos de participação das pessoas na produção do conhecimento. Segundo Vygotsky (2004), a “experiência determina a consciência”. Portanto, a experiência vivida e partilhada no meio social vai constituindo nossa consciência de si, do outro e do mundo. Assim, a atividade interna é a atividade externa transformada, e quando isso ocorre, a consciência social passa a ser consciência pessoal, e as significações começam a ter sentido pessoal, ligado diretamente aos motivos e às necessidades do homem. Apesar de a consciência pessoal ser formada pela consciência social, ela mantém valores particulares, pois nem todo sentido (pessoal) tem uma significação (social). Aos valores particulares supracitados, pode-se citar a experiência emocional, decorrente da experiência da atividade que influenciará na relação do sujeito com o conhecimento e para com os outros seres e o mundo devido a sua memória episódica<sup>8</sup>.

Ao tratar sobre mediação e os aspectos representacionais e linguísticos no ensino de Química, Wharta e Rezende (2017) explicam que o uso de elementos representacionais (tais como modelos concretos, palpáveis ou virtuais de representações estruturais, como o desenvolvido pela autora em questão) em sala de aula resulta em uma ampliação da percepção sobre o ente químico: íon, átomo, molécula, substância, mecanismo de reação, por exemplo. À vista disso, ao dispor essas múltiplas representações para um mesmo fenômeno em estudo, permite-se ao aprendiz um maior número de relações entre o signo e o objeto, proporcionando uma diversidade de interpretantes dinâmicos, ou pode-se dizer, de constructos científicos, equivalente a um aumento de vocabulário. Todavia, como também apontam Wharta e Rezende (2015), para que o signo seja capaz de mediar o processo de produção de significados convencionados por determinada comunidade científica, é necessário levar em consideração a realidade e as concepções prévias do interpretante (estudante). Ou seja, sondar se o interpretante possui certos alicerces mediante o conhecimento dos conteúdos, porque somente assim este terá a habilidade para estabelecer relações entre signo-referente e signo-interpretante, relacionando-os e atribuindo significados (conceituação).

---

<sup>8</sup> Estudo realizados por Endel Tulving, em 1972, definem como a retenção a longo prazo de eventos específicos situados no tempo e espaço. Assim, pode-se dizer que são as memórias individuais e intransponíveis (RODRIGUES, 2017).

A falta da visão ou baixa visão coloca em questão a importância dos sentidos no ato de conhecer e suscita o debate sobre os fundamentos epistemológicos do conhecimento científico, trazendo temas como a linguagem, as interações sociais e as abstrações como enfoques de pesquisa. Assim, a representação gráfica para os subníveis, a fim de facilitar a compreensão da eletrosfera atômica e por fim, a constituição da matéria, tão claramente explicitadas pelo diagrama de distribuição nos livros didáticos, perdem sentido quando não se pode ver.

Na próxima seção, será discutida que a efetiva relação entre determinados signos e o conhecimento requer conceitos prévios, que são aperfeiçoados e relacionados a novos contextos. Contudo, os conceitos prévios são considerados inerentes à cultura, o que revela a importância de reconhecer os aspectos culturais dentro dos quais o signo emerge ou é destinado. Um determinado signo produz sentido dentro de uma determinada cultura. Ou, não produz, dependendo da forma como seja inserido.

### 3.3 A CULTURA CEGA E O SISTEMA BRAILLE

As diversidades linguísticas, culturais, sociais e históricas configuram-se como a riqueza do homem. Todo o tipo de linguagem capaz de ser produzida e gerar efeito conferem à comunidade humana a sua memória social, identidade cultural e sua permanência no tempo e são justamente essas características que conferem ao homem a sua condição humana. Todavia, no âmbito social, geralmente, as diferenças não assumem uma perspectiva de convergência ao aprimoramento de ser humano, mas a divergência e, conseqüente, hierarquização promovendo a desigualdade social.

Ao longo da história, e mais especificamente na modernidade, a cegueira tem sido considerada como uma deficiência, como uma falta, uma impossibilidade que vai gerar uma desvantagem em relação aos demais. Essa percepção da cegueira como deficiência tem como resultado uma relação focada no defeito, na não-possibilidade, o que acarreta preconceito e discriminação para com o cego e limita suas possibilidades reais de inclusão social (LIRA; SCHLINDWEIN, 2008). Na atualidade, ainda se evidencia a propagação desta visão de mundo patológica e desvantajosa, ao suscitar a ausência ou baixa visão como um problema que deve ser solucionado, cabendo ao indivíduo adaptar-se ao mundo daqueles que enxergam. É diante do exposto em que se veem suscitadas formas de “compensação”, principalmente no que tange o desenvolvimento sensorial, auditivo ou tátil. Essa prerrogativa compensatória é deveras limitante e danosa ao desenvolvimento pleno de uma sociedade inclusiva e

humanizada, de forma a ser reconhecida como diametralmente oposta a que se defende neste texto.

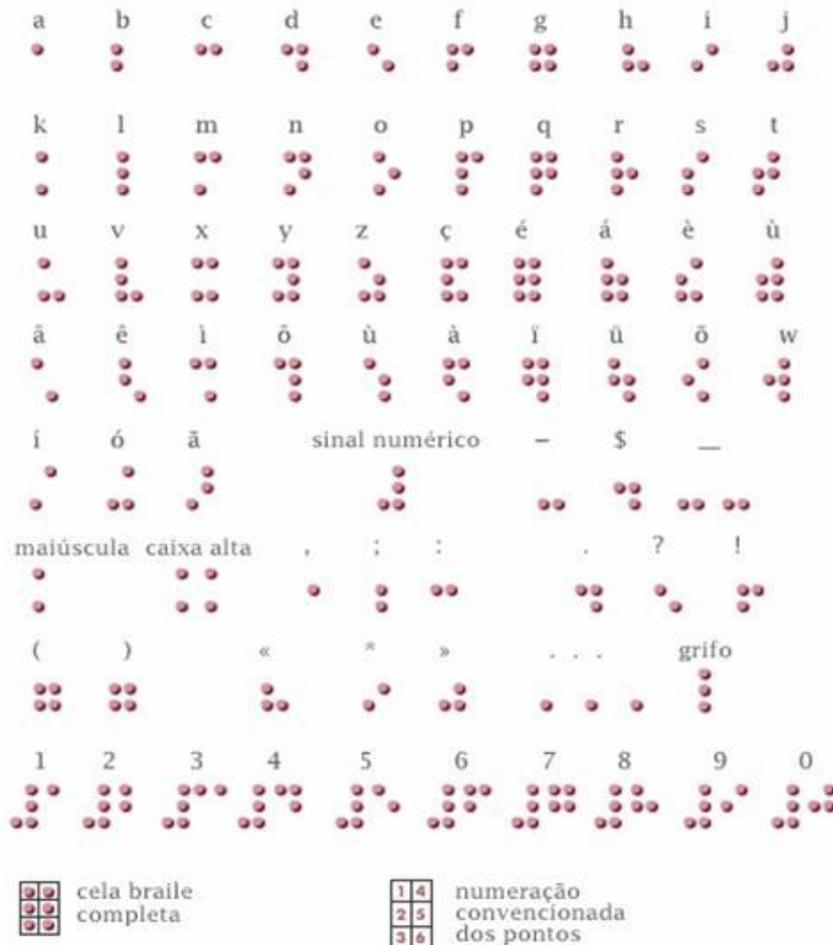
À vista do exposto, é fundamental reconhecer a cegueira, levando-se em consideração os seus mais variados níveis, como um lugar de onde se parte para olhar o mundo. Parafraseando Joana Belarmino de Souza (2018, p. 568), deve-se “Pensar a cegueira como uma forma de visão”. Assim, é essencial que se reconheça, na ciência, na sociedade e na cultura como um modo singular, autêntico de ser e estar no mundo. Portanto, capaz de produzir conhecimento e colaborar na produção do conhecimento global constituído. Dessa forma, a fim de se propor mecanismos, materiais inclusivos ou de se falar de inclusão social, se faz necessário, a priori, conhecer as características dessa cultura, de forma a compreender os signos que fundamentam seus processos comunicativos e, conseqüentemente, a sua forma de produzir informação e conhecimento. Pois, uma vez alcançada a compreensão diante das relações entre os sistemas e subsistemas de signos estabelecidos dentro deste referencial diante do mundo, há de se ter entendido o significado de cada elemento dentro do contexto social, e assim, promover a utilização e aplicação de artefatos mediacionais culturais de forma mais competente, visando o desenvolvimento de novas habilidades entre os sujeitos para os quais esses se destinam. Neste ponto, é fundamental reconhecer a importância do Sistema Braille no processo de comunicação e autoafirmação da cultura cega.

O Sistema Braille foi inventado na França levando consigo o sobrenome de seu autor, Louis Braille, um jovem cego, reconhecendo-se o ano 1825 como o marco dessa importante conquista para a educação dos jovens cegos. Griffin e Gerber (1999, p.5) descrevem o Braille como “um sistema de pontos perceptíveis pelo tato, que representam os elementos da linguagem”. Franco e Dias complementam tal definição ao explicar que o Braille:

[...] se constitui de uma combinação formada por seis pontos, dispostos em duas filas de três pontos cada uma e que pode resultar, de acordo com o número de cada ponto e sua posição, um total de 63 símbolos incluindo o alfabeto, símbolos matemáticos, químicos, notas musicais (FRANCO; DIAS, 2003 apud OMENA 2019, p. 130).

A combinação desses seis pontos, ou seja, o espaço ocupado por cada símbolo através de uma configuração de pontos constitui uma cela Braille ou célula Braille. Ademais, além das 63 combinações já existentes, alguns especialistas agregam mais um sinal que é representado pela célula vazia para indicar a separação entre as palavras (Figura 3).

Figura 3 – A representação de alguns símbolos fazendo uso do sistema Braille.



Fonte: <https://brailletaubate.wordpress.com/2011/06/23/como-entender-os-simbolos-em-braille-taubate-sp-brasil/>

Com o contínuo surgimento de novas demandas mediante a vivência humana, com o passar dos tempos, novos signos foram surgindo e, com eles, novas combinações de pontos para representá-los e dar prosseguimento a partilha daqueles saberes. Já dizia Andrade (2015, p. 148):

o trabalho com signos e símbolos (que trazem toda a história e a cultura incorporada nas suas significações) constitui momentos de produção de conhecimento. Configura modos de atuação no mundo simbólico, trabalho de aprendizagem da língua, de produção de sentidos, de conhecimento dos elementos da realidade, de exercício de criação.

Mediante o exposto, ressalta-se a importância desse histórico invento, de forma a representar o mecanismo mais completo e o mais eficiente meio de acesso à instrução, à cultura e à educação de que se valem as pessoas cegas para sua integração na sociedade (LEMOS, CERQUEIRA, 1999 apud CERQUEIRA, 2003, p. 9). À vista de que o acesso à comunicação, no mais amplo sentido, é o acesso ao conhecimento (Louis Braille – 1809-1852), o desenvolvimento de um sistema próprio de escrita e leitura permitiu as pessoas cegas

ou com baixa visão partilharem de uma linguagem própria, além de aportarem ao mundo uma nova ótica de compartilhamento de saberes.

Com base nos princípios que constituem o título II, art. 3º da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional de 1996; dentre os quais destaca-se os incisos:

I. igualdade de condições para o acesso e permanência na escola; II. liberdade de aprender, ensinar, pesquisar e divulgar a cultura, o pensamento, a arte e o saber; III. pluralismo de ideias e de concepções pedagógicas; IV. respeito à liberdade e apreço à tolerância; V. vinculação entre a educação escolar, o trabalho e as práticas sociais (BRASIL, 1996).

Salienta-se o direito e a necessidade de acesso ao conhecimento como prática pertinente a todos. De forma que reconhecer e respeitar a diversidade humana é essencial no que tange uma educação inclusiva e para todos. Sendo assim, no que se refere ao ensino de ciências, evidencia-se a necessidade de adaptações de materiais e estratégias metodológicas<sup>9</sup> para a promoção da educação dos indivíduos que apresentam baixa ou nenhuma visão. Essas exigências são compatíveis com as aquisições e o desenvolvimento de habilidades e competências pertinentes aos diversos componentes curriculares, com vistas à formação acadêmica, pessoal e profissional dos estudantes. A complexidade do currículo e o gradual aumento quantitativo e qualitativo das aprendizagens exigem linguagens e recursos específicos nas áreas de conhecimento contempladas. Na representação das linguagens específicas, como é o caso da Ciência Química, o estudante vale-se das grafias Braille correspondentes, acrescentando-se ainda, o uso de gráficos, tabelas, diagramas e outros, cuja transcrição para o sistema Braille e adaptação em relevo demandam recursos humanos e materiais adequados (RAPOSO; CARVALHO, 2005). Isto posto, o material didático desenvolvido se encontra alicerçado nos pontos supracitados, de forma a apresentar em sua constituição a grafia Braille para a Química, de modo a buscar-se transpor o conhecimento químico para uma linguagem acessível ao grupo que se destina, a fim de obter uma maior eficiência diante do processo de ensino-aprendizagem no que se refere o conteúdo de distribuição eletrônica. Ademais, é fundamental salientar que o material tem por finalidade ser de ampla aplicabilidade. Sendo assim, destaca-se que o “Escalando os Elétrons”, busca atender as demandas de mais de um grupo, devendo ser utilizado dentre os estudantes que apresentam baixa ou nenhuma visão até àqueles que enxergam. Inclusive, o fato de o material conter em si mais de uma linguagem, tanto a Química quanto a grafia Braille, tem por

<sup>9</sup> Segundo o que se encontra apresentado *pela Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva*, que acompanha os avanços do conhecimento e das lutas sociais, visando construir políticas públicas promotoras de uma educação de qualidade para todos os alunos (MEC/SEESP, 2007). Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/politica.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2022.

objetivo estimular o aprendizado de novas formas de compartilhar conhecimentos, enriquecendo a experiência proposta através da sua utilização. Sendo evidenciada, portanto, por meio do entrecimento entre linguagens, objeto e ação do sujeito, a possibilidade da constituição do novo, da criação, da significação como processo ativo de apropriação e produção de conhecimento do estudante e entre os estudantes.

Na próxima seção será apresentado um panorama acerca da existência de materiais que se utilizam da grafia Braille para a Química. Todavia, serão destacadas duas problemáticas existentes: a carência de materiais adaptados em diversas áreas de conhecimento, ou seja, que abordem os conteúdos programáticos definidos como basilares para a formação do indivíduo, bem como as distorções proveniente dessas adaptações e os conceitos teóricos equivocados que podem ser propagados.

#### 4 FUNDAMENTAÇÃO EXPERIMENTAL

Como fonte de pesquisa para o presente estudo utilizou-se, principalmente, o banco de dados disponibilizado pelo *Google Acadêmico*. A busca foi efetuada a partir de descritores relevantes à temática de investigação, que foram utilizados isoladamente e em associação: educação inclusiva, baixa visão, material tátil, material didático de química. Nesta pesquisa foram encontrados, aproximadamente, 16.800 resultados que abarcam materiais concretos desenvolvidos principalmente no que tange os conteúdos de Modelos Atômicos, Ligações Químicas, Tabela Periódica e a Fórmula Estrutural de Compostos Orgânicos.

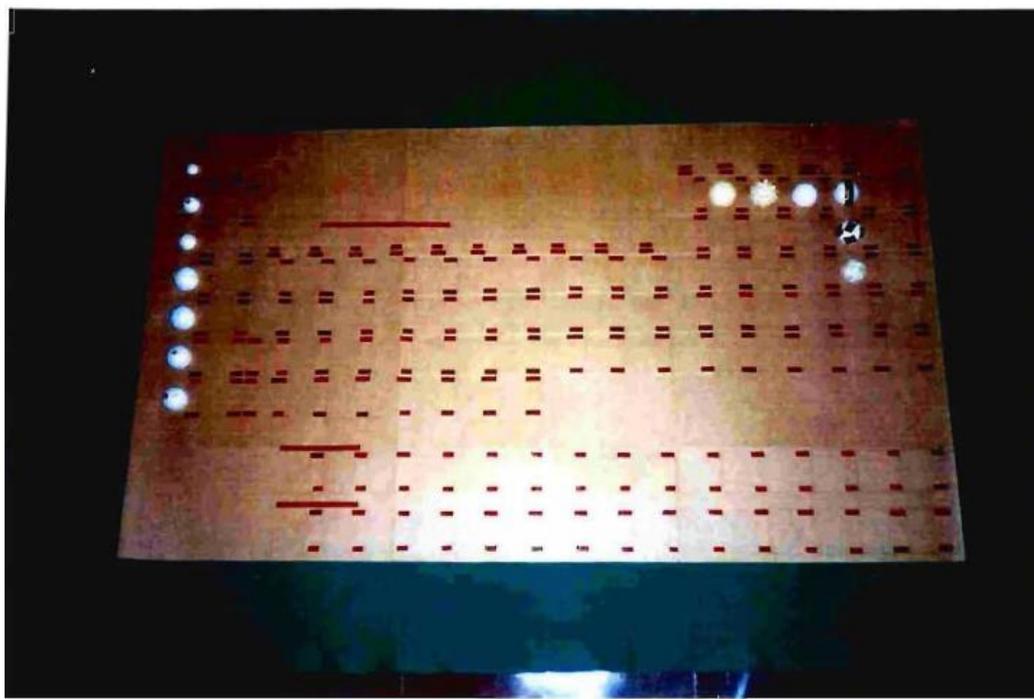
É possível observar que há uma crescente preocupação com a produção de materiais didáticos que abordem de forma tátil e lúdica conceitos da ciência química tendo por objetivo promover uma maior compreensão acerca de seus conceitos basilares, levando em consideração as demandas dos grupos, a fim de promover uma educação inclusiva. Ao longo da pesquisa, alguns trabalhos chamaram a atenção pelo olhar dos autores frente ao desenvolvimento minucioso do material que propunham e a magnitude de sua aplicação tendo como foco o aprendizado de mais de um conteúdo teórico por seus estudantes. Dentre eles, é essencial destacar o material tátil apresentado na dissertação de mestrado da Ilza Mara Barros Lourenço (Lourenço, 2003), intitulado “Ensino de Química: proposição e testagem de materiais para cegos”<sup>10</sup>. O material consiste no desenvolvimento de modelos químicos para a representação de compostos iônicos e moleculares através da utilização do Modelo de Bolas e Varetas. Foram utilizadas bolas de isopor de diferentes tamanhos e texturas, a fim de que os alunos identificassem os diferentes elementos. Ainda foi elaborada uma Tabela Periódica (Figura 4) com a dimensão de 150cm x 87cm, em que os quadrados reservados a cada elemento químico foram delimitados por tiras de papel de modo a formar um alto relevo. A notação do símbolo químico e o número atômico de cada elemento foram feitos em Braille. Em cada um dos quadrados, referentes a alguns dos elementos mais conhecidos, foi colada meia bola de isopor texturizada artesanalmente com material de fácil aquisição. Fazendo conjunto com a Tabela Periódica, havia duas caixas de bolas de isopor, com as mesmas texturas legendadas na tabela. Na primeira caixa, as bolas continham pinos de madeira, permitindo o estabelecimento de ligações covalentes por meio de tubos de plástico. Na segunda caixas, havia bolas com ímãs, permitindo, convencionalmente, o estabelecimento de

---

<sup>10</sup> Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação interunidades de Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre na Modalidade Ensino de Química em 2003. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-25072018-142523/en.php>>. Acesso em: 12 jan. 2022.

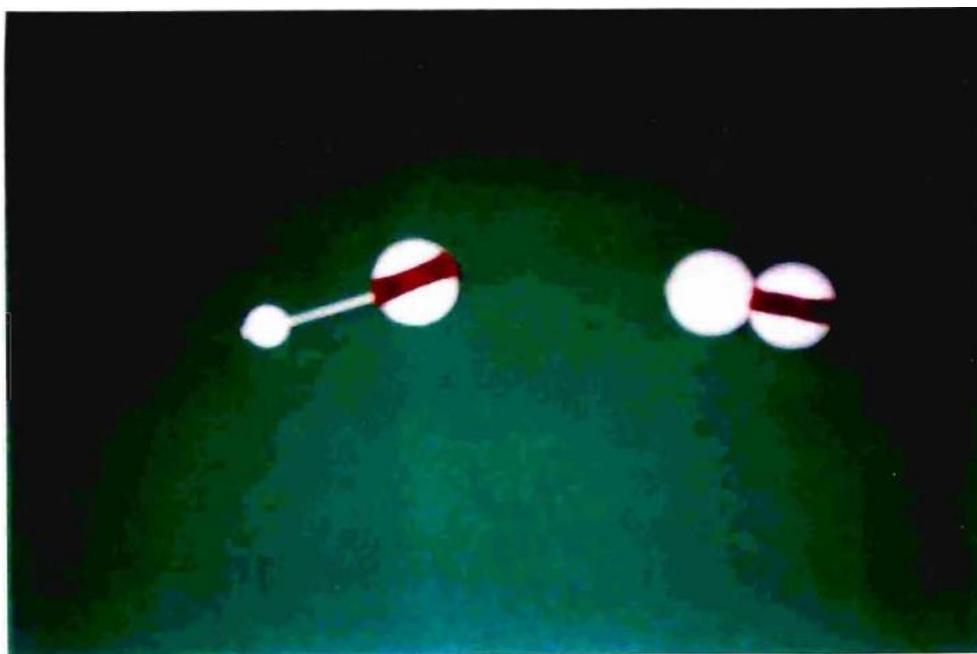
ligações iônicas por meio da atração eletromagnética, simulando uma atração eletrostática (Figura 5).

Figura 4 - Fotografia da Tabela Periódica Texturizada



Fonte: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-25072018-142523/en.php>>

Figura 5 - Fotografia do Modelo Bolas-Varetas representando, da esquerda para a direita, a molécula do HF e o composto KF



Fonte: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-25072018-142523/en.php>>

A estruturação das ligações também permeou a Química Orgânica com o material sendo utilizado para a montagem de cadeias carbônicas. De forma que, foram representadas as ligações realizadas pelos carbonos levando-se em consideração a sua geometria. Segundo a autora, foi necessária uma conversa a respeito do conceito de ângulos, a fim de verificar se este era um saber prévio apresentado pelos alunos, mostrando uma preocupação com a interdisciplinaridade. Ademais, a autora demonstrou interesse em abordar, nas aulas posteriores a primeira testagem do material, a questão da estrutura conformacional. Além disso, a dissertação desenvolvida demonstrou que o material tátil elaborado apresentava ampla aplicação devido a sua capacidade de abarcar e aprimorar os seguintes conteúdos: Ligações Químicas, Geometria Molecular, Classificação de Cadeias Carbônicas, Funções Orgânicas, Isomeria, Propriedades Físicas e Químicas dos Compostos Orgânicos, bem como Reações de Substituição. Por fim, após a ampla testagem do material, ainda foi desenvolvida uma atividade, transcrita em Braille, acerca do conteúdo de Equilíbrio Químico, envolvendo a conversão do  $\text{NO}_2$  em  $\text{N}_2\text{O}_4$ .

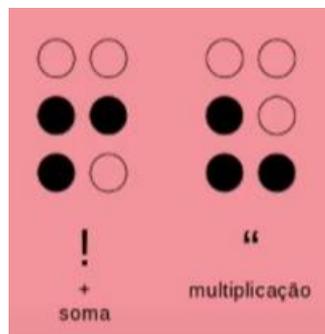
Uma das maiores dificuldades salientadas por Ilza ao longo de sua pesquisa foi a impossibilidade, no ano de 2003, dos alunos escreverem ou lerem fórmulas estruturais em Braille. Atualmente, os educadores e estudantes contam com a existência de um Guia para a Escrita em Braille para Química, desenvolvido pelo Ministério da Educação, em parceria com a Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão e a Diretoria de Políticas de Educação Especial. O guia intitulado “Grafia Química Braille para uso no Brasil”<sup>11</sup> encontra-se na sua terceira edição desde 2017. Neste material, encontra-se uma introdução que ressalta a importância da sua existência destacando as leis e diretrizes na qual encontra-se fundamentado, bem como orientações acerca da sua utilização para a eventual transcrição do conhecimento químico, que abarca diversas áreas dentre as supracitadas e que abrangem desde a representação dos símbolos dos elementos químicos a estruturas tridimensionais de fórmulas químicas, para a grafia Braille. A formulação deste guia retoma o segundo parágrafo deste tópico ao demonstrar a importância da existência de materiais que auxiliem na transcrição dos diversos saberes, assim como a sua tamanha necessidade, como fora elucidado pela dissertação apresentada. Todavia, embora este represente uma imensurável conquista para a Educação Inclusiva, ainda há muito o que se deve aprimorar. Isto posto, é válido ressaltar alguns percalços que podem ser evidenciados na tradução dos caracteres em Braille

---

<sup>11</sup> Disponível em <<https://www.gov.br/mec/pt-br/media/publicacoes/semesp/GRAFIAQUIMICABRAILLEPARAUSONOBASIL.pdf>>

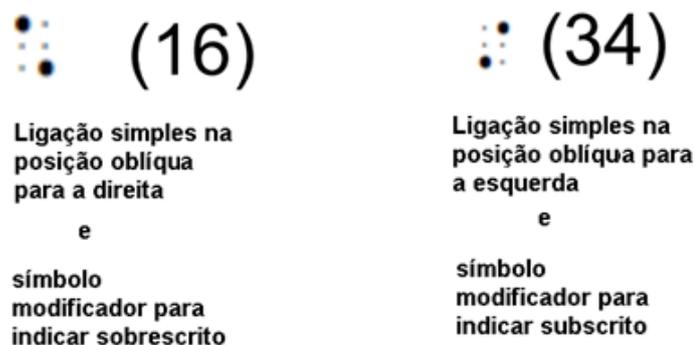
para a Química. A exemplo disso, pode-se citar o fato de o mesmo caractere representar diferentes símbolos, como é o caso do sinal de exclamação e o sinal de soma. Na configuração em Braille, estes símbolos possuem os pontos nas posições 2, 3 e 5 ativados (235), de modo a estarem em relevo. Para o leitor, esta representação pode gerar dúvidas na hora da interpretação, sendo necessário observar atentamente o contexto no qual a leitura está sendo realizada. Esta dificuldade para a interpretação pode ser também evidenciada no caso do símbolo de aspas (“ “) e o sinal de multiplicação (Figura 6). Nos casos supracitados, é notório que a atenção ao contexto se apresenta suficiente para a correta tradução dos símbolos. Contudo, há casos em que a dificuldade se intensifica devido aos símbolos representados pelo mesmo caractere serem de cunho químico. Dessa forma, um estudante que esteja sendo introduzido aos conhecimentos desta ciência poderá apresentar uma maior dificuldade perante a leitura e compreensão desses signos (Figura 7).

Figura 6 - Caracteres em Braille representando os símbolos de exclamação/soma e, aspas/multiplicação.



Fonte: Slides da aula 05 – Introdução aos caracteres em Braille. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=xgm2HWc28Ec>.

Figura 7 - Caracteres em Braille representando diferentes signos químicos.



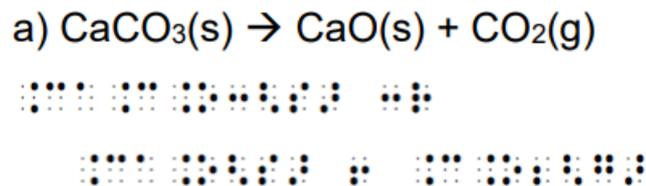
Fonte: Extraído do Guia de Grafia Braille Química (p. 41)

Neste ponto, é importante destacar que na grafia Braille de química utiliza-se o Braille “tipo 1”, ou “grau 1”, em que cada letra do alfabeto deve ser substituída pelo caractere em Braille

correspondente, de forma que são levados em consideração os devidos modificadores, seja de números ou letras, para a correta transcrição. Além disso, se faz importante ressaltar a existência da grafia do “tipo 2”, que envolve a utilização de símbolos individuais, não mais para a representação de cada letra, mas para a representação de palavras ou até expressões completas.

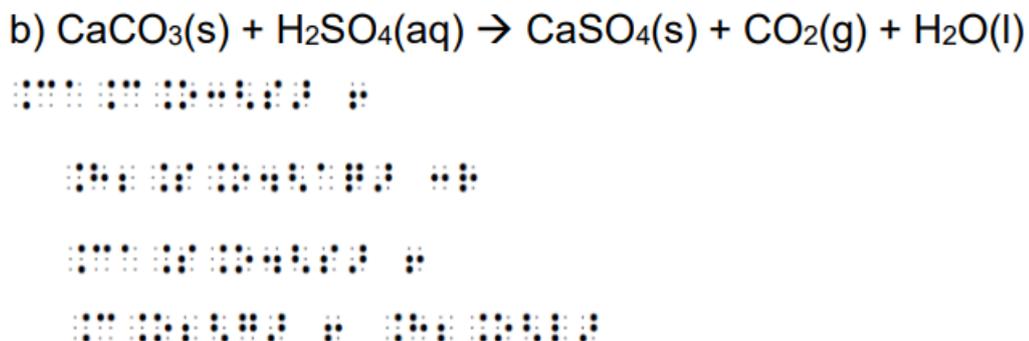
Ademais, a complexidade soma-se em se tratar da representação em Braille das reações químicas. Devido a quantidade de caracteres necessários para traduzir todos os signos químicos, a transcrição dos reagentes costuma ser realizada em uma linha diferente das dos produtos, de forma a não ser produzida uma transcrição linear deveras extensa (Figura 8). Em alguns casos, ainda se faz necessário, devido ao tamanho dos caracteres em Braille e dependendo da quantidade de entes químicos que devem ser representados, a transcrição da reação em mais de 2 linhas (Figura 9).

Figura 8 - Reação de Decomposição do Carbonato de cálcio.



Fonte: Extraído do Guia de Grafia Braille Química (p. 26)

Figura 9 - Reação do Carbonato de cálcio com o Ácido Sulfúrico.



Fonte: Extraído do Guia de Grafia Braille Química (p. 26)

Do mesmo modo, ilustra-se a seguir, a complexidade presente na representação bidimensional em Braille das ligações químicas. A Figura 10 ilustra a molécula de água, de forma a estarem representados todos os signos químicos envolvidos no processo de sua constituição (elementos, elétrons e ligações). Nota-se que esta representação, diferente das anteriores, se

dá na forma de uma imagem, ou seja, não se constitui em uma leitura linear de caracteres. À vista disso, para que o estudante não se perca na transcrição, é fundamental que seja instruído e guiado acerca do caminho que sua mão deve percorrer para que haja a compreensão de todas as regiões da representação e dos respectivos saberes químicos presentes.

Mediante os possíveis percalços supracitados no processo de ensino-aprendizagem de Química, surge a demanda por materiais didáticos, a fim de facilitar na transposição destes saberes, e conseqüentemente, engendrar o conhecimento. Entretanto, assim como a transcrição da Química para o Braille apresenta desafios, a tradução dos conhecimentos dessa ciência para materiais concretos tampouco é fácil. Neste ponto, é importante fazer uma ressalva acerca do olhar didático-pedagógico necessário para o não estabelecimento e, eventual propagação, de erros conceituais mediante a estruturação de projetos táteis. Ao realizar um paralelo entre a forma como as ligações químicas encontram-se apresentadas no guia de notação em Braille para química e no material desenvolvido na dissertação supracitada, acredita-se que a ludicidade presente no modelo de bolas e varetas torne o processo de aprendizagem mais fácil e dinâmico. Contudo, ao comparar a forma como são estabelecidas as ligações na Figura 5, a divergência do tamanho da ligação simples formada em uma ligação covalente e em uma ligação iônica, pode incorrer na construção de um conhecimento químico incorreto. Outras inconstâncias também foram evidenciadas nos demais materiais didáticos analisados e, por serem mais comuns, serão destacadas a seguir: a distorção da estruturação da Tabela Periódica (PATROCÍNIO et al., 2017); a distorção do tamanho dos elétrons de acordo com o elemento a qual pertencem (ALEXANDRE, et al., 2021) ou a sua representação com um formato maior do que o do próton (TOYAMA, et al., 2021). É notório que a maior parte das incorreções listadas se encontram relacionadas a conteúdos pertencentes a frente de Química Geral, fator que pode estar relacionado ao fato dos materiais didáticos desenvolvidos, em sua maioria, estarem relacionados a este segmento do saber químico. Sendo assim, é imprescindível enfatizar que ainda há uma carência significativa de materiais inclusivos que atendam diversas áreas, não apenas desta Ciência como das demais.

Ademais, como uma forma de tornar os materiais mais acessíveis e para que sejam amplamente disponibilizados, é imprescindível que apresentem licenças abertas como a do “Escalando os Elétrons”. A Licença CC-BY-AS prevê que os materiais desenvolvidos podem ser disponibilizados para uso livre, tanto no sentido de “*uso gratuito*”, sem custo, quanto no sentido de “*poder ser executado, copiado, modificado, aperfeiçoado e redistribuído*”

*livremente*”, desde que citada sempre a fonte original: *os autores e o link original e redistribuído sob a mesma licença estabelecida no original*. Além disso, assume-se como preferência a citação deste trabalho segundo as normais da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), e assumindo como licença CC-BY.

No próximo trecho, será apresentado um detalhamento do projeto intitulado “Escalando os Elétrons”, levando em consideração os materiais necessários, o olhar didático-pedagógico no seu planejamento e a execução e algumas formas de uso.

## 5 METODOLOGIA:

Para auxiliar da compreensão e aplicação do conteúdo de distribuição eletrônica, foi desenvolvido um material que consiste em três partes: um diagrama de distribuição invertido, dois encartes representando os grupos I e II da Tabela Periódica e uma caixa para o armazenamento dos elétrons, representados pelas tampas de garrafas PET. Os materiais que foram utilizados para a elaboração de cada parte serão descritos a seguir, bem como será detalhado o desenvolvimento e construção do “Escalando os Elétrons”.

### 5.1 CONFECÇÃO DO PROJETO

#### 5.1.1 Diagrama de Distribuição

Para a sua estruturação foram utilizadas duas folhas de papel-cartão retangulares em diferentes tonalidades de verde, associados no seu lado de maior comprimento fazendo o uso de uma cola bastão. Em seguida, realizou-se o detalhamento do diagrama, os contornos, como se fosse um campo de futebol – grande área, pequena área, meia-lua, círculo do centro, através do uso de cartolina branca. A partir de então, para representar os orbitais dos subníveis utilizou-se um total de 20 rolos de papel higiênico que foram seccionados em 3 partes, sendo cada subnível pintado com diferentes tonalidades de tinta guache: o subnível s: bolas de futebol (tinta branca e preta), o subnível p: a camisa de um time (tinta grená e verde), o subnível d: o cartão amarelo (tinta amarela) e o subnível f: o cartão vermelho (tinta vermelha). Através da utilização de cola-quente, posicionou-se os ‘subníveis’ no campo, realizando uma inversão das suas tradicionais marcações – a exemplo, o subnível menos energético (1s) foi posicionado no canto direito inferior. Em seguida, realizou-se as marcações dos pontos a lápis e, por conseguinte, a escrita em Braille, fazendo uso de esmalte preto para a criação do relevo, a fim de identificar os subníveis. É importante destacar que toda a escrita Braille utilizada no material seguiu a norma ABNT – NBR – 9050:2020<sup>12</sup>. Ademais, realizou-se as conexões entre os subníveis, do menos energético ao mais energético, através da utilização de um barbante nº 6 – branco.

#### 5.1.2 Encarte dos Grupos I e II

Através da utilização de uma cartolina branca, cortou-se duas seções, cada uma com 8cm x 64cm, de modo a ser dobrada no formato sanfonado, de maneira a serem obtidos 8

---

<sup>12</sup> Norma que regulamenta o espaçamento entre duas colunas de pontos dentro do caractere Braille, a distância entre cada duas linhas do caractere, o diâmetro e altura de cada ponto, bem como a sua forma esférica. Além da distância que deve haver entre dois caracteres representados sequencialmente.

espaços quadrados (8cm x 8cm). O intuito desta divisão é, no primeiro espaço, identificar o grupo e, nos demais, representar os elementos nos seus devidos períodos. Para realizar a escrita nesta parte do material, utilizou-se canetas esferográficas nas cores azul, verde e roxo e o esmalte para os caracteres em Braille.

Ademais, é importante ressaltar que o aluno que estiver sob a posse dos encartes assumirá a tarefa de técnico daquela partida, de modo a selecionar o elemento que terá seus elétrons (jogadores) a serem distribuídos.

### **5.1.3 Receptáculo de Elétrons**

Para armazenar os elétrons, representados pelas tampas de garrafa PET, foi escolhida uma caixa de madeira (21cm x 11,5 cm x 4 cm). Nela, foram realizadas as inscrições em Braille com esmalte e a identificação para os elétrons e sua representação com spin para cima (tampinha com a concavidade para baixo) e para baixo (tampinha com a concavidade para cima).

À vista do exposto e com base na associação ao futebol, o aluno que estiver sob a posse do receptáculo de elétrons irá assumir a função de jogador e realizar a distribuição, que, posteriormente, será analisada por outro aluno que se encontrará na função de árbitro.

## **5.2 ABORDAGEM PEDAGÓGICA**

O material desenvolvido possui duas possíveis abordagens pedagógicas, igualmente interessantes. A primeira consiste, a priori, no ensino do conteúdo supracitado, sendo em seguida, apresentado o diagrama de distribuição como material de fixação para a teoria recém ilustrada. Já ao se tratar da segunda, pode-se partir da apresentação do material como forma de introduzir o conteúdo que vai se trabalhando, promovendo assim uma interfase entre a teoria e a prática. Por fim, se faz importante destacar que o contato do aluno com o “Escalando os Elétrons” só deve ocorrer após a apresentação do mesmo pelo professor, sendo que essa interação pode ser realizada de duas formas:

- Individual; ou

- Em grupo (trio) em que os alunos se distribuirão nas funções (técnico – responsável por escolher o elemento que será estudado; jogador – responsável por realizar a distribuição dessa espécie química; juiz – responsável por avaliar se a distribuição realizada está correta).

### **5.3 PÚBLICO-ALVO**

O projeto “Escalando os Elétrons” serve para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental Anos Finais e do 1º ano do Ensino Médio. Foi desenvolvido visando o trabalho coletivo entre os alunos da classe, de modo que os estudantes que apresentassem baixa visão, independentemente do grau, fossem auxiliados por seus colegas e/ou pelo professor como mediador do processo de ensino-aprendizagem.

#### 5.4 CONTEÚDOS TEÓRICOS

Os principais tópicos de enfoque do presente projeto se encontram a seguir:

- Caracterização dos subníveis energéticos quanto ao número máximo de elétrons que podem ser contidos em cada subnível, sua ordem de preenchimento com ênfase na energia;
- Apresentação do diagrama de distribuição eletrônica e sua utilização;
- A distribuição dos elétrons de átomos fundamentais em subníveis de energia; assim como a distribuição de íons;
- O conceito de elétron diferenciador, elétrons de valência e camada de valência;

É importante ressaltar que o material apresenta outras possibilidades de ensino de Química, de modo que podem ser abordados como tópicos secundários e consecutivos àqueles expostos:

- O conceito de elétron desemparelhado e sua localização em uma distribuição por subníveis;
- Identificação dos elementos que apresentam distribuição diferenciada;
- Classificação magnética da espécie com base na distribuição eletrônica e na observação dos elétrons desemparelhados.
- Introdução dos números quânticos, principalmente em se tratar do número quântico principal que pode ser diretamente associado aos níveis energéticos/camadas.

Por fim, destaca-se que dentre os conteúdos prévios necessários para a utilização do material didático proposto, constam:

- Os principais aspectos do modelo atômico de Bohr, apresentando aos alunos os níveis energéticos;

- Conhecimento das camadas eletrônicas (K, L, M, N...) e seu preenchimento em ordem crescente de energia, bem como a quantidade máxima de elétrons em cada nível (teórica – Rydberg – prática);
- Revisar as ideias de Sommerfeld e apresentar os subníveis energéticos.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados alcançados encontram-se ilustrados nas figuras a seguir, em que são apresentados o Diagrama de Distribuição (Figura 10), o Encarte dos Grupos I e II (Figuras 11 e 12), e o Receptáculo de Elétrons (Figura 13). Ademais, como parte de um manual para a utilização do material, foram desenvolvidos dois relatórios, um para o professor e outro para os estudantes, os quais se encontram disponibilizados como Apêndices deste trabalho. Nestes documentos, encontra-se o papel de cada um dos sujeitos presentes no processo de ensino-aprendizagem, bem como a apresentação de forma descritiva de cada um dos itens que constituem o material. No mais, o guia do aluno apresenta orientações quanto as ações que devem ser realizadas individual e/ou coletivamente pelos discentes em cada um dos três momentos descritos: antes da apresentação do material didático (estudo prévio dos conteúdos), durante (estímulo a atenção, indagações e exposição dos seus saberes prévios) e depois (exposição prática dos conhecimentos até então aprendidos). Já no guia do professor, encontram-se descritas a Proposta Pedagógica e as Possibilidades Educacionais do “Escalando os Elétrons”, assim como algumas dicas de como exercer o papel de mediador entre o material e os discentes.

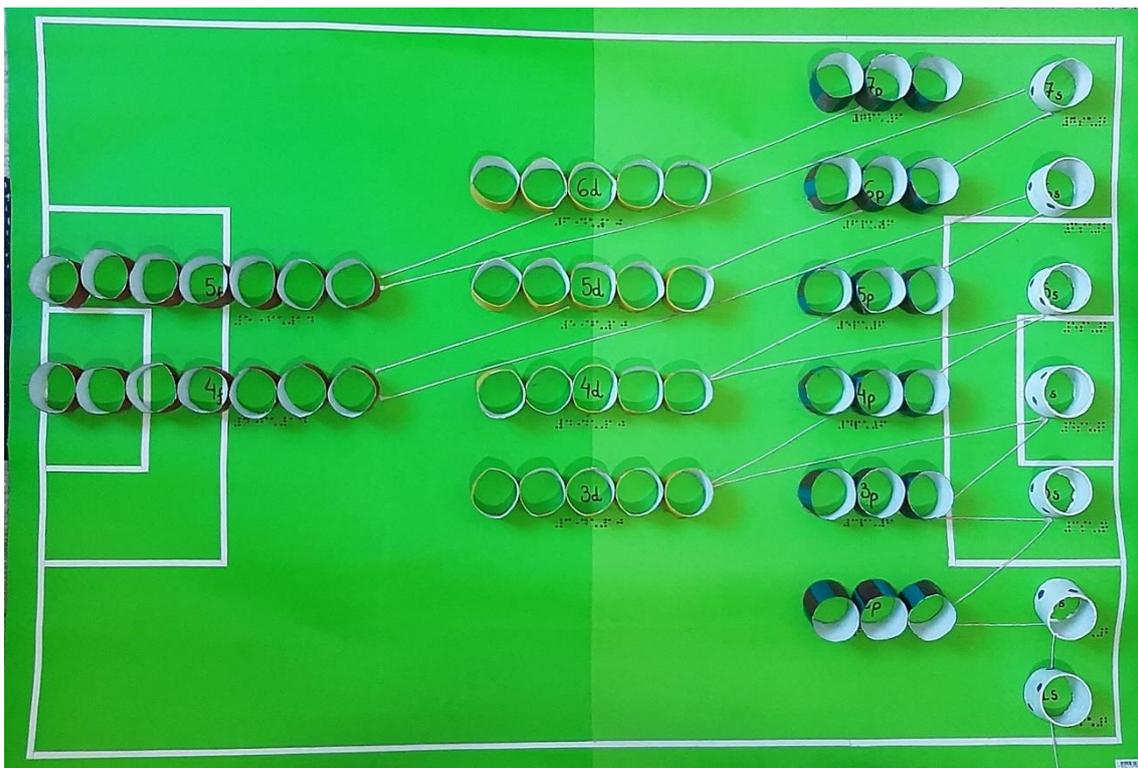
Além disso, a autora optou por gravar três vídeos como uma forma de demonstrar as etapas de conceituação do material, seu desenvolvimento e o resultado obtido, os quais se encontram disponíveis na plataforma do Youtube nos seguintes links:

Vídeo 1: [Escalando os Elétrons] - <https://youtu.be/Ff4vklvegUs>

Vídeo 2: [Atualização do Projeto] - <https://youtu.be/vEuzvx5UQQQ>

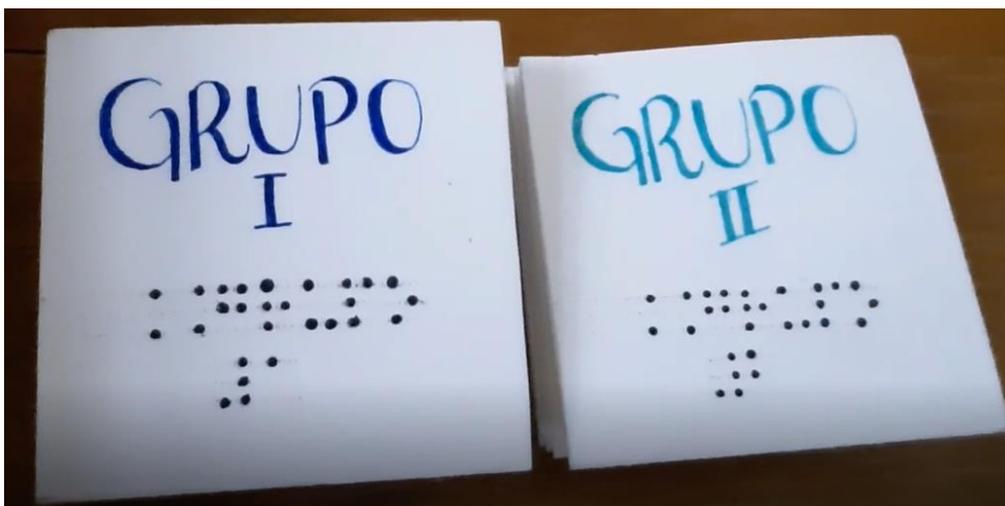
Vídeo 3: [Escalando os Elétrons Finalizado] - <https://youtu.be/Qktf-G87F-g>

Figura 10 – Diagrama de Distribuição



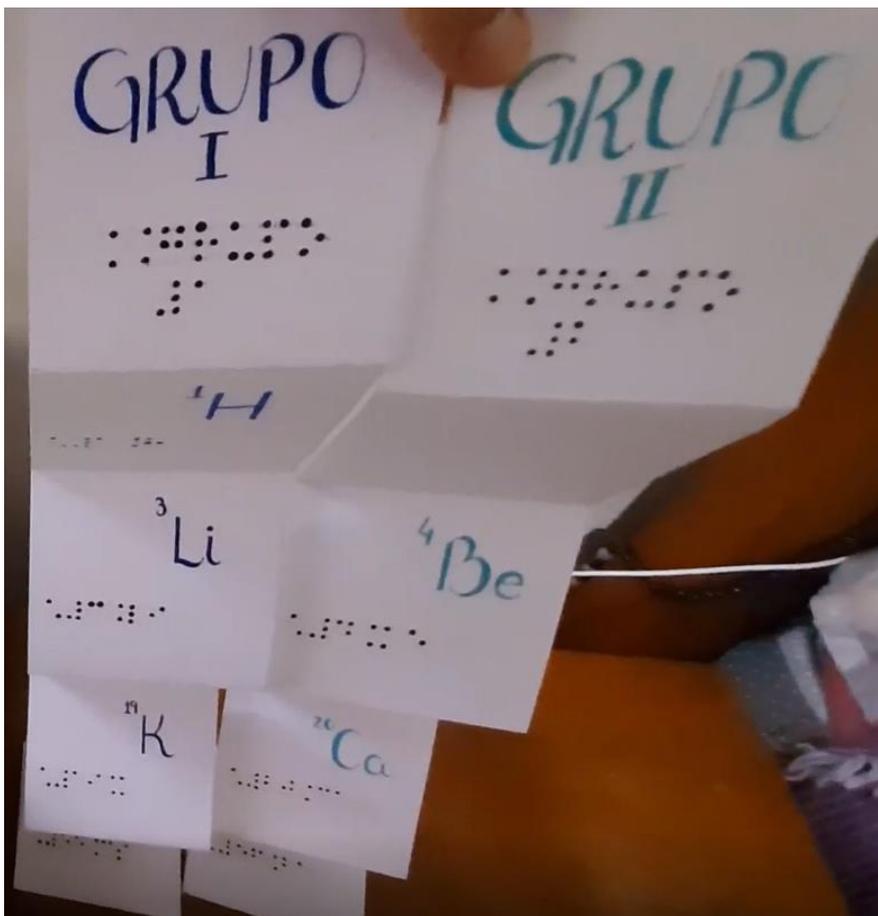
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 11 – Encarte dos Grupos I e II (visão da capa)



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 12 – Encarte dos Grupos I e II (visão completa)



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 13 – Receptáculo de Elétrons

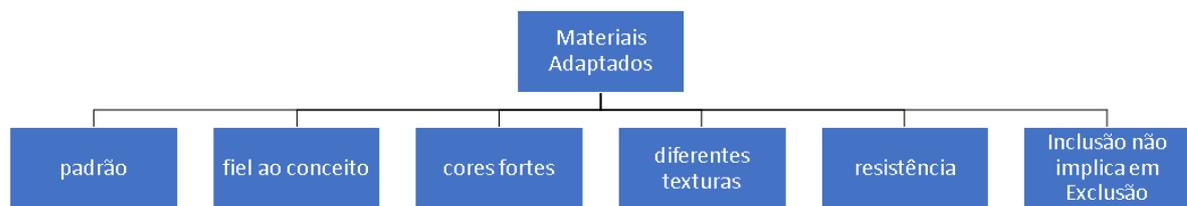


Fonte: Elaborado pela autora.

É importante ressaltar que ao se construir ou adaptar um material didático inclusivo, é imprescindível ter em mente que ele deve ter o mesmo padrão de qualidade e fidelidade aos

conceitos que se busca em qualquer material pedagógico. Preferivelmente, esses recursos devem apresentar as seguintes características: a) cores fortes – para atender os alunos normovisuais e com baixa-visão; b) diferentes texturas – que não causem sensação de desconforto ao ser tocado; c) resistência – para não serem danificados através da constante manipulação; d) facilidade de acesso – para estimular o uso; Ademais, também se faz necessário que a adaptação do material sirva para todos os estudantes, sem qualquer exceção, para que assim, a inclusão não represente a exclusão de qualquer grupo discente (PAULO, *et al.*, 2018)

Figura 14 – Esquema para a adaptação de materiais



Buscou-se fazer uso de todos os pilares supracitados para a realização do material aqui apresentado. Contudo, da sua idealização até a sua concretização, alguns percalços foram identificados, tornando-se essencial a elucidação destes para que, futuramente, se possa alcançar um resultado mais aprimorado. Dentre eles, uma das maiores dificuldades no que tange o desenvolvimento tridimensional do diagrama, foi adaptar o diagrama de modo a atender-se fiel ao conceito apresentado nas principais referências bibliográficas utilizadas a nível médio. Como é possível observar na Figura 10, as conexões realizadas com o barbante entre os subníveis f e os subníveis s, mais especificamente entre 4f – 6s e 5f – 7s, apresentaram-se muito próximas dos subníveis 5d e 6d, respectivamente. À vista disso, acredita-se que dúvidas quanto a correta sequência de distribuição, enquanto em contato com o material, podem surgir por parte dos alunos que apresentam baixa ou nenhuma visão. Para contornar este problema, a autora propõe que na construção do diagrama, o(a) educador(a) calcule previamente a disposição das conexões, mesmo que seja necessário aumentar o seu formato retangular, devido a necessidade de um maior espaçamento entre os orbitais, fazendo uso de uma maior quantidade de papel-cartão. Ainda em se tratar do diagrama, é essencial destacar dois aprimoramentos que se fazem necessários para sua maior eficiência e durabilidade, os quais estão associados a textura dos orbitais e a resistência dos materiais utilizados na sua confecção. No que tange os orbitais, a autora optou por fazer uso de cores vibrantes para

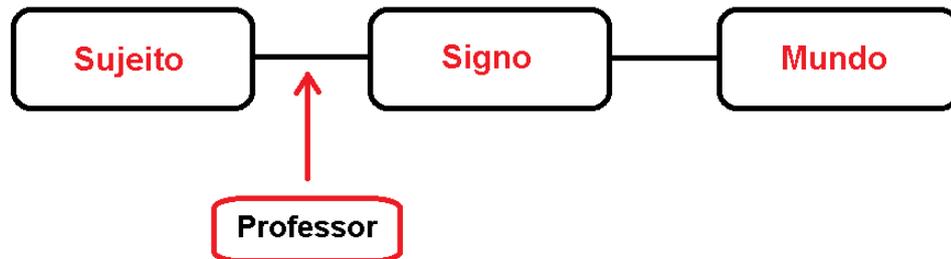
diferenciar os subníveis no qual se encontravam, além da sua identificação em Braille. Todavia, após uma análise detalhada do produto obtido, a autora reconheceu a ausência de diferentes texturas no tato dos orbitais, pois as tintas, por mais que apresentassem cores diferentes, proporcionaram uma absorção semelhante no papelão dos rolinhos de papel higiênico de modo que, se não fosse pela descrição em Braille, os alunos cegos não conseguiriam diferenciá-los. Ademais, é fundamental destacar que a escolha dos materiais para a confecção deste diagrama proporcionou uma fácil movimentação devido a sua leveza, sendo de fácil deslocamento. Entretanto, tão quanto a praticidade observada, encontra-se a fragilidade. Em pouco tempo de utilização, o papelão do campo de futebol começou a apresentar vincos e pequenos amassados. Assim, para fornecer uma maior resistência, acredita-se que um bom aprimoramento seja associar a base de papelão a uma folha de EVA. Isso reforçaria a estrutura e não impossibilitaria seu eventual deslocamento para a utilização em diferentes salas/turmas.

Outro fator em que o(a) educador(a) pode sentir dificuldade é na escrita em Braille. Embora este seja um dos pontos do material em que a autora tenha mais orgulho, devido a inovação na proposição da utilização do esmalte, será deveras trabalhoso. Pois, como supracitado, os pontos devem seguir o que se encontra regulamentado pela norma ABNT – NBR – 9050:2020. São muitos os detalhes, os quais o(a) professor(a) deve se ater, dentre eles, a altura de cada ponto, que deve ficar entre 0,6mm a 0,8mm. Para isso, uma boa dica de parâmetro é buscar se orientar com dois pedaços de grafite de lapiseira, de modo que o ponto deva estar mais alto do que o grafite 0,5mm e mais baixo do que o de 0,9mm. Como podem imaginar, essa padronização irá exigir bastante atenção e tempo. Contudo, alcançará um resultado muito satisfatório. Vale ressaltar que o material que é geralmente utilizado para a confecção dos pontos é a tinta Relevô3D, que também parece com tinta “dimensional”, da Acrilex ou outras similares, no valor de 5 reais o frasco de 35mL, as quais fornecem um bom resultado, embora, às vezes, os pontos apresentem-se exacerbadamente pontiagudos, o que pode gerar uma sensação de desconforto ao toque. Existem, ainda, outras formas de escrita em relevo. Dentre as mais fáceis e precisas encontra-se: a inserção de esferas de aço ou plástico em uma base perfurada e a moldagem dos pontos por compressão de uma ponteira (hemi)esférica. Outras formas menos simples envolvem impressão 3D e usinagem por fresadora CNC.

Além do exposto, é essencial elucidar que a dinâmica futebolística utilizada tem por objetivo auxiliar na fundamentação e utilização dos conhecimentos químicos acerca da

distribuição eletrônica, além de buscar minimizar o aspecto abstrato desta Ciência por meio da familiarização dos estudantes com a esfera esportiva. Para isso, é imprescindível que o(a) educador(a) se aproprie dos signos que a fundamentam para que, através de uma linguagem acessível e um olhar pedagógico realize o processo de mediação entre o sujeito e o signo, conforme pode ser visto na Figura 15.

Figura 15 – Esquema para ilustrar o papel do professor como mediador no processo de ensino aprendizagem.



Fonte: Elaborado pela autora.

Isto posto, enfatiza-se a importância da mediação como principal característica do signo, bem como a essencialidade do papel do professor como mediador entre o sujeito e o signo para o desenvolvimento de um processo de ensino-aprendizagem eficiente. Além disso, é relevante destacar que a familiarização do conteúdo pode permear diversos contextos, para além do futebolístico, e que a autora incentiva que o professor busque explorá-los de forma criativa e com base no que conhece de seus alunos.

Por fim, é fundamental ressaltar que o “Escalando os Elétrons” não foi implementado e testado em sala de aula devido ao contexto pandêmico. À vista disso, a autora reconhece que para uma análise mais profunda da adequação, bem como da funcionalidade do protótipo desenvolvido se faz necessário apresentá-lo em sala e colocá-lo em utilização por todos os grupos de alunos possíveis. Este é o próximo passo previsto pela autora.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para uma melhor compreensão da Ciência Química por parte dos estudantes se faz importante que o(a) educador(a) apresente, previamente, a Química como uma nova linguagem. Todavia, a priori, é fundamental que o(a) professor(a) se volte a estudar, dominar e continuamente reinterpretar os códigos de comunicação desta linguagem (CHASSOT, 1993). Acredita-se que o aprofundamento no estudo de signos químicos, bem como um óculo<sup>13</sup> pedagógico pelo educador para com a diversidade de mundos presentes em sala, suscitará melhores estratégias de construção do conhecimento e, conseqüentemente, a proposição de um processo de ensino aprendizagem mais dialógico, efetivo e humanista.

A pesquisa realizada no presente trabalho permitiu que a autora observasse que o desenvolvimento de estratégias didáticas que combinem múltiplas formas de representação, tanto em modos visuais como nos verbais, gestuais, de forma integrada como é o “Escalando os Elétrons”, é extremamente eficiente no que tange a fundamentação dos saberes por parte do alunado.

Além disso, é válido ressaltar a importância da experiência tátil ser vivenciada de forma compartilhada, de modo a auxiliar na consciência de si, do outro e do mundo. Contudo, é essencial destacar que apesar dessa consciência pessoal ser formada pela consciência social, ainda se mantém valores particulares, como a experiência emocional advinda do contato com o material didático. E, é essa particularização que permeia a educação e que torna a sua existência magnificamente complexa e rica.

Isto posto, as diversidades linguísticas, culturais, sociais, históricas configuram-se como a riqueza do homem por conferirem, a ele, uma memória social, identidade cultural e sua permanência no tempo. Assim, a autora defende que a perspectiva que deve ser assumida perante as diferenças é do diálogo para o aprimoramento do Seres Mais<sup>14</sup>. À vista disso, é imprescindível pensar a cegueira como uma forma de visão, reconhecê-la, nos seus mais variados níveis, como um lugar autêntico de ser e estar de onde se parte para olhar o mundo. Portanto, deve-se buscar conhecer as características dessa cultura, de forma a compreender os signos que fundamentam seus processos comunicativos, a grafia Braille, por exemplo, e, conseqüentemente, o seu olhar sobre o conhecimento. Apenas sob esse óculo será possível desenvolver uma Educação Inclusiva. É sobre esse viés que o material didático aqui descrito

---

<sup>13</sup> Referência ao Attico Chassot em seu livro “Das disciplinas à indisciplina”.

<sup>14</sup> Referência ao Ser Mais de Paulo Freire.

foi desenvolvido. É notório que ainda há muito o que pode e deve ser aprimorado. Este não representa um fim em si mesmo. É apenas o início da proposição de uma Educação Libertadora como um dia nos foi apresentada por Paulo Freire.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Joana de Jesus. Evidência para além do enxergar: vivências e significação do conceito de reação química entre alunos com baixa visão. **Revista Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 37, n.2, p. 143-152, maio. 2015.

ALEXANDRE, J. Y. N. Y. de *et al.* O uso do lúdico no ensino de química orgânica para cegos: uma proposta de material didático. *In: IV CINTEDI – Congresso Internacional de Educação Inclusiva*, 2021. Disponível em:<  
[https://editorarealize.com.br/editora/anais/cintedi/2020/TRABALHO\\_EV137\\_MD1\\_SA15\\_ID690\\_09062020133426.pdf](https://editorarealize.com.br/editora/anais/cintedi/2020/TRABALHO_EV137_MD1_SA15_ID690_09062020133426.pdf)> Acesso em: 13 dez. 2021.

ARAÚJO NETO, Waldmir Nascimento. **Formas de uso da noção de representação estrutural no ensino superior de Química**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

BACHELARD, Gaston. **A terra e os devaneios do repouso – ensaios sobre as imagens da intimidade**. Tradução por Paulo Neves da Silva. São Paulo, Martins Fontes, 1990.

BARBOSA, J. L.; DESCARDECI, M. A. A. S. Percurso para compreender a semiótica: a cooperação entre a epistemologia e o histórico da semiótica. **Revista Estudos Semióticos**, São Paulo, v. 8, n.1, p.124-137, jun. 2012.

BEN-ZVI, R.; EYLON, B.; SILBERSTEIN, J. **Student's visualization of a chemical reaction**. *Education in Chemistry*, 1987.

BNCC – Base Nacional Comum Curricular. Disponível em: <  
[http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=85121-bncc-ensino-medio&category\\_slug=abril-2018-pdf&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=85121-bncc-ensino-medio&category_slug=abril-2018-pdf&Itemid=30192)>. Acesso em 24 jan. 2022.

BRASIL. MEC. Lei de Diretrizes e Bases da Educação. Brasília: MEC, 1996.

CHASSOT, Attico Inacio. **Catalisando Transformações na Educação**. Ijuí, RS, Brasil. Editora UNIJUÍ, 1993.

CHASSOT, Attico Inacio. **Das disciplinas à indisciplina**. 1ª ed. Curitiba: Appris, 2016.

COSTA, Dóris Anita Freire. Superando limites: a contribuição de Vygotsky para a educação especial. **Revista Psicopedagogia**, São Paulo, v.23, n.72, p.232-240, jun./ago. 2006.

- DAVIS, Cláudia. Piaget ou Vygotsky, uma falsa questão. **Revista Viver Mente & Cérebro**. Coleção memória da pedagogia: Lev Semenovich Vygotsky. Rio de Janeiro: Ediouro, n.2, p.38-49, out. 2005.
- DUARTE, Newton. O significado e o sentido. **Revista Viver Mente & Cérebro**. Coleção memória da pedagogia: Lev Semenovich Vygotsky. Rio de Janeiro: Ediouro, 2005.
- FERNANDES, Jomara Mendes. **A semiótica no processo de ensino aprendizagem de Química para surdos: um estudo na perspectiva da multimodalidade**. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Química) – Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2019.
- FRANCO, M. de et al. **Domínio da Comunicação, Linguagem e Fala: perturbações específicas de linguagem em contexto escolar**. Coleção Apoios Educativos. Portugal: Ministério da Educação, 2003. (Digitalizado).
- GABEL, Dorothy. Improving teaching and learning through chemistry education research: a look to the future. **Journal of Chemical Education**, Bloomington, v.76, n.4, p. 548-554, abril. 1999.
- GARNET, P. J.; HACKING, M. W. Students' alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning. **Studies in Science Education**, v.11, n.21, p. 69-95, set. 1995.
- GOIS, J.; GIORDAN, M. Semiótica na Química: a teoria dos signos de Pierce para compreender a representação. **Química Nova na Escola**, n. 7, p. 34-42, 2007.
- GRIFIN, H. C.; GERBER, P. J. **Desenvolvimento tátil e suas implicações na educação de crianças cegas**. **Revista Brasileira para Cegos**. Rio de Janeiro: Instituto Benjamin Constant, 1999. (Digitalizado).
- GRYMUZA, A. M. G.; RÊGO, R. G. A TEORIA DA ATIVIDADE: UMA POSSIBILIDADE NO ENSINO DE MATEMÁTICA. **Revista Temas em Educação**, [S. l.], v. 23, n. 2, p. 117–138, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/rteo/article/view/20864> Acesso em: 21 ago. 2021.
- GUIA QUÍMICA BRAILLE PARA USO NO BRASIL**, 3ª ed. 2017. Disponível em:< <https://www.gov.br/mec/pt->

<br/media/publicacoes/semesp/GRAFIAQUIMICABRAILLEPARAUSONOBASIL.pdf>>.

Acesso em: 5 jan. 2021

HEITZMAN, M.; KRAJCIK, J. **Urban seventhgraders' translations of chemical equations: Which parts of the translation process do students' have trouble?** Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching (NARST), Dallas, TX, 2005.

KOZMA, R. B.; RUSSELL, J. Multimedia and understanding: Expert and novice responses to diferente representations of chemical phenomena. **Journal of Research in Science Teaching**, v.34, n.9, p. 949-968, nov. 1997.

LEMONS, E. R.; CERQUEIRA, J. **O sistema Braille no Brasil. Revista Brasileira para Cegos.** Rio de Janeiro: Benjamin Constant, 1999.

LEONTIEV, Alexei Nikolaevich. **Activity, consciousness and personality** – 1978.

Translated: HALL, M. J.: Prencice Hall, 2000. Disponível em: < [Psicologia Soviética: A.N. Leont'ev \(marxists.org\)](#)> . Acesso em: 21 ago. 2021.

LIRA, M. C.; F, SCHLINDWEIN, L. M. A pessoa cega e a inclusão: um olhar a partir da psicologia histórico-cultural. **Cad. Cedes**, Campinas, v.28, n.75, p. 171-190, maio/ago. 2008. Disponível em <[Início – CEDES \(unicamp.br\)](#)>. Acesso em: 28 ago. 2021.

LOURENÇO, Ilza Mara Barros. **Ensino de Química: Proposição e Testagem de Materiais para Cegos.** Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

MARQUES, Monica Bernardo Schettini. A semiótica do século XIX. **Cognitio-Estudos: Revista Eletrônica de Filosofia**, São Paulo, v.3, n.1, p.71-78, abr./jun. 2006.

MICHEL, M.; ANDACHT, F. Passos para uma convergência de duas teorias dialógicas do self. **Psicologia**, São Paulo, v.27, n.2, p.70-80, 2016.

NETO, A. S. de A.; RAUPP, D. T.; MOREIRA, M. A. A evolução histórica da linguagem representacional química: uma interpretação baseada na teoria dos campos conceituais. *In*: VII ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisadores em Educação em Ciências. Florianópolis, nov. 2009.

NÖTH, Winfried Jordan. **Panorama da semiótica: de Platão a Peirce.** 4. ed. São Paulo: Annablume, 2008.

OMENA, Fabrícia Barbosa. A deficiência visual e as tecnologias: estudo em um Centro de Apoio Pedagógico na cidade de Maceió/Alagoas. Pesquisa científica PSIC/CNPq 2007/2008. **Revista Semente de Iniciação Científica**, Maceió, v.3, n.3, p. 127-136, 2019.

PATROCÍNIO, S.; F, FERNANDES, J.; M, FREITAS-REIS, I. Um modelo tátil da tabela periódica: o ensino de química para alunos cegos num contexto inclusivo. *In*: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC – 3 a 6 de julho de 2017.

PAULETTI, F.; FENNER, R. S. F.; ROSA, M. P. A. A linguagem como recurso potencializador no ensino de química. **Revista PERSPECTIVA**, Erechim. v.37, n.139, set. 2013.

PAULO, P. R. N. F.; BORGES, M. N.; DELOU, C. M, C. Produção de Materiais Didáticos Acessíveis para o Ensino de Química Orgânica Inclusivo. **ARETÈ**, Manaus, v.11, n.23, jan./jun. 2018.

(PCN+) - Complementos aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Acesso em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 9 nov. 2020.

PEIRCE, Charles Sanders. **Semiótica**. 8. ed. São Paulo: Perspectiva, 2005.

PELEGRINI, Ronaldo Teixeira. **A mediação semiótica no desenvolvimento do conhecimento químico**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.

PEREIRA, A.; OSTERMANN, F. A aproximação sociocultural à mente, de James V. Wertsch, e implicações para a educação em ciências. **Ciência e Educação**, Bauru, v.18, n.1, p. 23-29, 2012.

PICCININI C.; MARTINS I. Comunicação multimodal na sala de aula de ciências: construindo sentidos com palavras e gestos. **Ensaio: pesquisa em ensino de ciências**, Belo Horizonte, v.6, n.1, p. 1-14, jan./jun. 2004.

POZO, J. I.; CRESPO, M. Á. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. Tradução Naila Freitas. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

RANSDELL, Joseph. **Peircean semiotics**. Manuscrito inédito, 1983.

RAPOSO, P. N.; CARVALHO, E. N. S. de. **Inclusão de alunos com deficiência visual. Ensaios Pedagógicos: construindo escolas inclusivas.** MEC. Brasília, 2005.

RODRIGUES, Gabriela Santos. **Contribuição ao estudo das memórias episódicas: revisão dos métodos de avaliação e estudo experimental em meditadores Gurdjieff.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas, 2017.

SANTAELLA, Lucia. **Cultura das mídias.** São Paulo: Experimento, 1996.

SANTAELLA, Lucia. **Teoria geral dos signos.** São Paulo: Pioneira, 2000.

SANTAELLA, Lucia. **O que é semiótica.** São Paulo: Brasiliense, 2002.

SILVA, J. C.; SILVA, A. C. T. Pressupostos da teoria semiótica de Peirce e sua aplicação na análise das representações em química. In: Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade, v.6, 2012.

SOUZA, Joana Belarmino. Cegueira, Acessibilidade e Inclusão: Apontamento de uma Trajetória. **Psicologia: Ciência e Profissão**, v. 38 n°3, p564-571, jul./ago. 2018. Disponível em <[SciELO - Brasil - Cegueira, Acessibilidade e Inclusão: Apontamentos de uma Trajetória Cegueira, Acessibilidade e Inclusão: Apontamentos de uma Trajetória](#)>. Acesso em: 28 de ago. 2021.

SOUZA, Karina Aparecida de Freitas Dias. **Estratégias de comunicação em química como índices epistemológicos: análise semiótica das ilustrações presentes em livros didáticos ao longo do século XX.** Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

TOMASELLO, Michael. **Origens culturais da aquisição do conhecimento humano.** Tradução Claudia Berliner. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

TOYAMA, K. S. F.; PRAIS, J. L.; FIGUEIREDO, M, C. Elaboração de materiais didáticos adaptados ao ensino de química para alunos cegos. **Inter-Ação**, Goiânia, v.46, n.1, p. 1-16, jan./mar. 2021. Disponível em <<https://www.revistas.ufg.br/interacao/article/view/64893>>. Acesso em: 13 dez. 2021.

VIGOTSKI, Lev Semionovitch. **Pensamento e linguagem.** Tradução Jefferson Luiz Camargo; revisão técnica José Cipolla Neto. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

VIGOTSKI, Lev Semionovitch. **Teoria e método em psicologia.** São Paulo: Martins Fontes, 2004.

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. A elaboração conceitual em química orgânica na perspectiva da semiótica Peirceana. **Revista Ciência e Educação**, Bauru, v.12, n.1, p.49-64, fev./jul. 2015.

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. As representações no ensino de química na perspectiva da semiótica peirceana. **Educação Química em Ponto de Vista, Rede Latino-Americana de Pesquisa em Educação Química**, v.1, n.1, p.181-202, fev./mar. 2017.

WERTSCH, James. **Voices of mind: a sociocultural approach to mediated action**. Cambridge: Harvard University Press, 1991.

WERTSCH, James. **La mente en acción**. Buenos Aires: Aique, 1999.

WU, H.; KRAJCIK, J. S.; SOLOWAY, E. Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. **Journal of Research in Science Teaching**, 38(7), p. 821-842, 2001.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – ROTEIRO DO PROFESSOR

#### **Título do Roteiro**

Utilização do projeto “Escalando os Elétrons” para o ensino inclusivo de distribuição eletrônica.

#### **Objetivo**

Auxiliar o professor na mediação entre o material didático desenvolvido e sua utilização pelo aluno.

#### **Descrição**

O guia do aluno apresenta orientações quanto as ações que devem ser realizadas individual e/ou coletivamente pelos alunos em cada um dos três momentos descritos: antes da apresentação do material didático (estudo prévio do conteúdo), durante (atenção, indagações e exposição dos seus saberes teóricos prévios) e depois (exposição prática dos conhecimentos recém-aprendidos).

#### **Proposta Pedagógica**

O roteiro tem por objetivo demonstrar ao aluno o funcionamento do material desenvolvido como uma forma de abordagem lúdica e interativa acerca do conteúdo de distribuição eletrônica. É essencial destacar que, em um primeiro momento, o estudante já deve ter aprendido a respeito dos níveis energéticos e seu preenchimento em ordem crescente de energia, bem como a existência dos subníveis energéticos. Ao final da apresentação do material e do roteiro, acredita-se que os alunos já possuirão a habilidade de desenvolver a distribuição eletrônica de qualquer espécie química, através da interpretação de informações, dados com diferentes linguagens ou formas de representação – como símbolos, fórmulas, esquemas, diagramas, dentre outros; assim como estarão hábeis a selecionar e fazer uso apropriado delas traduzindo umas nas outras.

Ademais, ressalta-se que o projeto pode apresentar duas dinâmicas pedagógicas diante do interesse e preferência do professor, de modo que o roteiro se adequa a ambas as possibilidades. A primeira pode ser ilustrada pela apresentação do material antes da introdução do conteúdo teórico, de modo que o professor instigará a curiosidade do aluno

através da sua utilização. Já a segunda, propõe a apresentação do material após o desenvolvimento da teoria química como forma de fixação do conteúdo previamente explanado.

O desenvolvimento do roteiro compreende uma linguagem pessoal, de fácil compreensão, a fim de minorar o surgimento de dúvidas, bem como estimular a conexão entre aluno-professor e aluno-aluno. Além disso, buscou-se explorar indiretamente algumas competências gerais, descritas pela BNCC – Base Nacional Comum Curricular, que são fundamentais para o exercício da cidadania como, por exemplo:

- Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver questões;
- Utilizar diferentes linguagens – verbal, corporal, visual, sonora – bem como conhecimentos das linguagens científica, para se expressar e partilhar informações, ideias em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo;
- Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade;
- Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários;
- Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza;

### **Público alvo**

O roteiro serve para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental Anos Finais e do 1º ano do Ensino Médio. Foi desenvolvido visando o trabalho coletivo entre alunos da classe, de modo que os estudantes que apresentassem baixa visão, independentemente do grau, fossem auxiliados por seus colegas e/ou pelo professor como mediador do processo de ensino-aprendizagem.

### **Tópicos abordados**

Os principais tópicos de enfoque do presente roteiro se encontram a seguir:

- Caracterização dos subníveis energéticos quanto ao número máximo de elétrons que podem ser contidos em cada subnível, sua ordem de preenchimento com ênfase na energia;
- Apresentação do diagrama de distribuição eletrônica e sua utilização;
- A distribuição dos elétrons de átomos fundamentais em subníveis de energia; assim como a distribuição de íons;
- O conceito de elétron diferenciador, elétrons de valência e camada de valência;

É importante ressaltar que o material apresenta outras possibilidades de ensino de Química, de modo que podem ser abordados como tópicos secundários e consecutivos àqueles expostos:

- O conceito de elétron desemparelhado e sua localização em uma distribuição por subníveis;
- Identificação dos elementos que apresentam distribuição diferenciada;
- Classificação magnética da espécie com base na distribuição eletrônica e na observação dos elétrons desemparelhados.
- Introdução dos números quânticos, principalmente em se tratar do número quântico principal que pode ser diretamente associado aos níveis energéticos/camadas.

### **Conhecimento prévio:**

Para a utilização do diagrama, é necessário que o professor já tenha ensinado aos seus alunos os seguintes tópicos:

- Os principais aspectos do modelo atômico de Bohr, apresentando aos alunos os níveis energéticos;
- Conhecimento das camadas eletrônicas (K, L, M, N...) e seu preenchimento em ordem crescente de energia, bem como a quantidade máxima de elétrons em cada nível (teórica – Rydberg – prática);
- Revisar as ideias de Sommerfeld e apresentar os subníveis energéticos.

Os seguintes tópicos podem ser ensinados depois do desenvolvimento do roteiro com os alunos, fazendo uso dos conhecimentos ou habilidades recém desenvolvidos:

- A distribuição dos elétrons de átomos fundamentais em subníveis de energia;

Isso deve ser feito pelo diagrama na vertical, de baixo para cima, de modo que o aluno possa entender que cada camada, composta por determinados subníveis, está associada a uma quantidade fixa de energia. Ademais, é imprescindível que o estudante se acostume com o material a fim de que, não apresente dificuldades quando o professor for suscitar a distribuição eletrônica de íons.

- A distribuição eletrônica em subníveis e identificar quantos elétrons há em cada camada.

Basta indicar o somatório dos elétrons que se encontram no mesmo período, ou que apresentam o mesmo número quântico principal. (Vai depender do conteúdo prévio que será utilizado como base. Se for do interesse do professor, pode-se deixar para introduzir os números quânticos após a fixação do conteúdo recém desenvolvido e diante do domínio em termos da utilização do material didático por parte do aluno).

- A distribuição eletrônica para os íons;

Enfatizar o fato de que os cátions perdem os elétrons da camada mais externa, que não são necessariamente os elétrons mais energéticos; e, no caso dos ânions, os elétrons mais externos serão sempre os mais energéticos.

- O conceito de elétron diferenciador, elétrons de valência e camada de valência;

Ademais, é fundamental destacar a importância de conhecimentos prévios acerca dos caracteres em Braille, assim como a grafia Braille para a Química. Por fim, ressalta-se que, noções básicas de gráficos, como eixos, auxilia na compreensão diante da ordem crescente de energia ao suscitar a distribuição eletrônica mediante a utilização do diagrama desenvolvido.

### **Possibilidades educacionais:**

Uma análise do roteiro evidencia o estímulo a exposição dos saberes prévios dos alunos, bem como a discussão, diante da existência de diferentes expectativas acerca da distribuição dos elétrons de acordo com as características (família) apresentadas pelo elemento químico. Por se tratar de um material didático que, não apenas visa a inclusão, mas pode ser utilizado por todos os alunos, acredita-se que haja o incentivo ao trabalho coletivo, de modo a promover o diálogo entre essas juventudes. Isto posto, será verificado um enriquecimento da cultura juvenil, uma vez que o contato entre esses diferentes grupos pode propiciar um compartilhamento magnífico de saberes, que vão além de química, como a introdução dos caracteres em Braille aos jovens ‘normovisuais’, bem como o acolhimento e reconhecimento

de pertencimento a turma daqueles que apresentam baixa visão ou ausência da mesma. Ademais, estima-se que o roteiro busque familiarizar os alunos diante dos conceitos que serão fixados através da utilização do material didático desenvolvido.

### **Temas transversais:**

A educação inclusiva pressupõe o desenvolvimento de um trabalho que desconstrói a visão homogeneizada de educação e parte em busca de entender a singularidade de cada estudante. Diante do exposto, o roteiro apresentado com base no material desenvolvido visa, através do trabalho coletivo, desconstruir qualquer preconceito existente, assim como visa reconhecer e trabalhar com a pluralidade cultural em todas as suas esferas. Isto posto, se faz importante suscitar que o roteiro enverada por questões éticas ao compreender entre seus pilares de desenvolvimento o incentivo ao respeito mútuo, a solidariedade e, ao diálogo entre os estudantes para que aportem suas potencialidades em direção a um saber comum. À vista disso, o ensino-aprendizado deve ser conduzido pelo professor de forma a levar em consideração os aspectos supracitados.

Por fim, diante do material didático desenvolvido ter sido realizado através da reutilização de materiais, como: tampas de garrafa de refrigerante e rolos de papel higiênico, pode-se suscitar aspectos relacionados ao meio ambiente e o consumo. O professor pode direcionar o olhar dos alunos diante do processo de reutilização como uma forma de reduzir a exploração de recursos naturais, uma vez em que há o reaproveitamento de materiais ao invés do consumo de novos produtos.

### **Para saber mais:**

Realizar a leitura dos trabalhos intitulados:

- “Construção de um Diagrama de Linus Pauling Tátil Tridimensional inclusivo para alunos com Deficiência Visual” apresentado ao 59º Congresso Brasileiro de Química realizado em 2019, cujo link se encontra nas referências bibliográficas.
- “Modelagem em Plataforma Tridimensional do Diagrama de Linus Pauling para alunos com Deficiência Visual” apresentado ao 37º Encontro de Debates sobre o Ensino de Química 2017, cujo link se encontra referenciado.

### **Respostas dos Problemas nos Roteiros dos Alunos:**

O roteiro do aluno propõe que após a apresentação do material, os estudantes façam a distribuição eletrônica, em um primeiro momento, dos elementos presentes nos encartes. Em seguida, são estimulados a proporem, fazendo o uso da tabela periódica, a distribuição de novos elementos e/ou espécies químicas, como no caso dos íons. Pode ser que os alunos precisem de auxílio no desenvolvimento desta tarefa, bem como na avaliação dela.

Ademais, como foi ilustrada a possibilidade de eles trabalharem em trios, pode ser que haja alguma discordância quanto a função desempenhada por cada aluno, assim como mediante a distribuição realizada de modo que, o professor deve buscar supervisionar e mediar, se necessário for, em busca de uma resolução. Todavia, seria interessante que o professor fornecesse abertura para os próprios alunos serem os agentes ativos diante desse processo de ensino-aprendizagem. E, portanto, apenas agisse quando verificasse real necessidade.

## APÊNDICE B – ROTEIRO DO ALUNO

### **Título do Roteiro**

Utilização do projeto “Escalando os Elétrons” para aprender a distribuição eletrônica.

### **Objetivo**

Demonstrar ao aluno o funcionamento do material desenvolvido como uma forma de abordagem lúdica e interativa acerca do conteúdo de distribuição eletrônica.

### **Roteiro**

Você será apresentado ao “Escalando os Elétrons” que consiste em um diagrama de distribuição eletrônica, dois encartes contendo os elementos que compõem o grupo I e II (família 1A e 2A) da Tabela Periódica e uma caixa contendo os seus elétrons na forma de tampas de garrafa.

### **Antes da apresentação do material:**

Para uma melhor utilização do material é importante que você e seus colegas façam um estudo prévio dos seguintes conteúdos de Química I:

- O modelo atômico de Bohr;
- Os subníveis de energia;
- Distribuição eletrônica por subnível.

Não se preocupem, pois vocês irão encontrar os tópicos mencionados no seu livro didático e/ou na sua apostila. Se precisarem de auxílio, consulte seus amigos ou o professor para guiá-lo diante da busca pelo saber. Caso verifique que algum de seus colegas precisa de ajuda, ofereça suporte para que todos possam embarcar nesta dinâmica juntos.

### **Durante a apresentação do material:**

Vamos verificar o seu conhecimento e a sua atenção?

Observe atentamente a apresentação do “Escalando os Elétrons” e, interaja com seus amigos e com o professor quando solicitado a respeito dos seguintes tópicos:

- O diagrama de distribuição apresentado em seu livro didático é idêntico ao material apresentado pelo seu professor?
- Quais as diferenças que você observou? Discuta com os seus colegas a respeito. Verifique se todos notaram as mesmas diferenças.

- Há alguma semelhança quanto à disposição dos orbitais? Seu preenchimento segue a mesma ordenação? Se sim, por quê?
- Quais os materiais que foram utilizados para a confecção dos orbitais e dos elétrons? Qual era a função desses materiais antes de serem aplicados dessa forma? Você consegue pensar em outro material do seu dia a dia que possa ser reutilizado no “Escalaando os Elétrons”? E para a elaboração de outro projeto?
- Você sabe dizer o que representam aqueles pontinhos pretos presentes tanto no diagrama quanto nos encartes? Se sim, compartilhe com a turma seus conhecimentos! Caso contrário, pergunte aos seus colegas. Se algum deles souber, peça que, por favor, compartilhe. Se não souberem, pergunte ao seu professor a respeito.
- Você já tinha ouvido falar da grafia Braille antes?
- O que acha sobre esse sistema de escrita tátil utilizado por pessoas cegas ou de baixa visão? Gostaria de aprender mais sobre? Procure mais informações na internet! Se tiver algum colega que faça uso, pergunte a importância dessa escrita para ele.

#### **Após a apresentação do material:**

Agora é a sua vez! Por que não colocar em prática o que aprenderam?

Se organize com a sua turma para que todos possam utilizar o “Escalaando os Elétrons”. Peça para que seus colegas escolham um elemento dentre aqueles presentes nos grupos dos encartes e lhe forneça o seu número atômico. Em seguida, veja quantos elétrons, suas posições e qual a sequência para a distribuição eletrônica dessa espécie química. No final, peça que a turma avalie o seu desempenho. Caso algum deles não concorde com a sua distribuição, convide-o a demonstrar o que faria diferente.

Lembrem-se: Os elétrons possuem uma posição (spin) correta ao serem introduzidos nos ‘orbitais’ e uma ordem de distribuição que devem ser respeitada! Se não se recordar, aqui vai uma dica para você: O primeiro elétron a ocupar cada orbital sempre apresenta spin para cima (você pode realizar essa representação colocando a tampinha com a concavidade para baixo), bem como o último, aquele que irá preencher o orbital, deve apresentar spin para baixo (a tampinha com a concavidade para cima).

Vocês também podem criar dinâmicas distintas, como: formarem trios e determinarem quem vai ser o técnico (quem vai decidir qual o elemento que vai ser estudado), quem será o jogador (aquele que fará a distribuição desses elétrons em suas devidas posições, seus orbitais) e quem será o juiz (aquele que irá determinar se a distribuição está correta, seguindo

as devidas regras estudadas). É muito importante que haja um rodízio entre as funções! Auxilie o seu colega quando trocarem o uniforme. Não esqueçam de trabalharem como um time. Não se realiza uma partida sem cada uma dessas funções! Caso cheguem a um impasse, peça ajuda ao professor.

**Uma dica final:** Quando todos os elementos do encarte já tiverem sido utilizados, desafie seus amigos a irem a um outro nível. Utilizem a Tabela Periódica e escolham outros elementos químicos e/ou outras espécies, como os íons, e façam a sua distribuição eletrônica. E, divirtam-se! Não há nada melhor do que se divertir ao longo do processo de ensino-aprendizagem!