

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
CURSO DE QUÍMICA

Ana Caroline da Silva

**Representações de elétron em livros didáticos de Ciências da Natureza e suas  
Tecnologias do novo Ensino Médio**

Florianópolis

2022

Ana Caroline da Silva

**Representações de elétron em livros didáticos de Ciências da Natureza e suas  
Tecnologias do novo Ensino Médio**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Química do Centro de Ciências Físicas e Matemáticas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Larissa Moreira Ferreira.

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Silva, Ana Caroline da  
Representações de elétron em livros didáticos de  
Ciências da Natureza e suas Tecnologias do novo Ensino  
Médio / Ana Caroline da Silva ; orientadora, Dra. Larissa  
Moreira Ferreira, 2022.  
106 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências  
Físicas e Matemáticas, Graduação em Química, Florianópolis,  
2022.

Inclui referências.

1. Química. 2. Elétron. 3. Representação. 4. Abstração. 5.  
Livro didático. I. Ferreira, Dra. Larissa Moreira. II.  
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em  
Química. III. Título.

Ana Caroline da Silva

**Representações de elétron em livros didáticos de Ciências da Natureza e suas  
Tecnologias do novo Ensino Médio**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “licenciada em Química” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Química.

Florianópolis, 24 de março de 2022.

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Danielle Marranquiel Henriques.  
Coordenadora do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Larissa Moreira Ferreira.  
Orientadora  
Instituição UFSC

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Marinês Domingues Cordeiro  
Avaliadora  
Instituição UFSC

---

Prof. Dr. Fábio Peres Gonçalves  
Avaliador  
Instituição UFSC

Este trabalho é dedicado aos meus amados pais Antônio e Andresa que sempre me incentivaram e apoiaram ao longo dessa jornada. Sem eles, nada seria possível.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus pelo dom da vida e por incitar a minha razão a ir em busca daquilo que é bom, belo e verdadeiro.

Aos meus pais, Antônio Ramiro da Silva Junior e Andresa Silva, que além de me darem a vida, nunca mediram esforços para me auxiliar, agradeço por sempre me incentivarem e apoiarem minhas escolhas, tanto na vida escolar quanto acadêmica. A vocês devo tudo o que tenho e sou, principalmente a conclusão desta graduação.

Ao meu namorado e aos meus amigos, que sempre estiveram ao meu lado, pelo apoio demonstrado, pela ajuda oferecida e pela compreensão da minha ausência em alguns momentos importantes.

Aos professores e colegas de curso, pelos ensinamentos, partilhas e trocas de experiências que me fizeram crescer em conhecimento ao longo desse período de formação acadêmica. De maneira especial, às minhas amigas Kassia Rauen e Nicolly Klein, que estiveram comigo desde o início da graduação, pelas risadas, pela boa convivência, pelo tempo de estudo na BU e na BS, pelos dias de desespero pré prova, pelo descanso e conversa nos gramados e cafés do campus, pela parceria e horas de videochamadas depois que ingressamos no ensino remoto, foi pela presença de vocês e por momentos como esses que a graduação se tornou mais leve.

Ao pessoal do GOU e Emaús da UFSC, pela afável companhia, os dias de reuniões com vocês foram oásis em meio às semanas agitadas e dias corridos.

À minha orientadora Dra. Larissa Moreira Ferreira, por ter aceitado embarcar nessa jornada em me guiar e por todo apoio prestado durante esses dois semestres. Agradeço de forma excepcional, pelas reuniões via google meet discutindo sobre o tema deste trabalho, pelas mensagens e emails trocados, pela disponibilidade e atenção demonstrada, e principalmente pelas correções e ensinamentos que não só contribuíram para a execução deste TCC, mas que me ensinaram enquanto formanda, futura professora, aluna e pesquisadora, indubitavelmente levarei essa bagagem de percepções e conhecimentos com carinho para toda a vida.

Por fim, a todos que de certa forma colaboraram direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho e à instituição de ensino UFSC, por todas as diferentes e únicas experiências proporcionadas, que contribuíram na minha formação enquanto pessoa e graduanda.

*Cumpra o pequeno dever de cada momento; faz o que deves e está no que fazes.*

*(ESCRIVÁ, 1939)*

## RESUMO

Como o elétron permeia diversos conceitos químicos, e também físicos e biológicos, pode-se afirmar que a compreensão desse é imprescindível no processo de ensino-aprendizagem. Assim, a preocupação com a forma que o elétron é transposto a fins didáticos fica clara e evidente, pois influencia diretamente vários conceitos da área de ciências da natureza. Nessa perspectiva, esse trabalho tem como objetivo analisar de forma reflexiva as representações do elétron nos Livros Didáticos de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias do PNLD e realizar considerações sobre suas possíveis potencialidades e limites. A natureza desta pesquisa é quantitativa e a análise de dados fundamentada na metodologia de análise proposta por Bardin. Foram analisados 42 livros didáticos de 7 coleções diferentes, sendo possível observar a existência de 18 tipos de representações de elétron. Com essa análise pode-se afirmar que há poucas representações que tratem o elétron com o seu aspecto onda-partícula. Também notou-se uma falta de consenso entre os autores sobre o modo de representar o elétron em determinados conteúdos, além de haver uma ausência de aspectos históricos para favorecer o processo de ensino-aprendizagem.

**Palavras-chave:** Elétron; Representação; Abstração; Livro didático; BNCC; PNLD.

## ABSTRACT

As the electron permeates several chemical concepts, as well as physical and biological ones, it can be said that understanding it is essential in the teaching-learning process. Thus, a problem with the way the electron is transposed for didactic purposes is clear and evident, as it directly influences several concepts in the area of natural science. In this perspective, this work aims to reflectively analyze the representations of the electron in the Textbooks of Natural Sciences and Its Technologies of the PNLD and to make considerations about their possible potentialities and limits. The nature of this research will be quantitative and the data analysis will be based on the analysis methodology proposed by Bardin. 42 textbooks from 7 different collections were analyzed and it was possible to observe that there are 18 types of electron representations. With this analysis it can be affirmed that there are few representations that treat the electron with its wave-particle aspect. There was also a lack of consensus among the authors about the mode of representation electron in specific contents, in addition to the absence of historical aspects to favor the teaching-learning process.

**Keywords:** Electron. Representation. Abstraction. Textbook. BNCC. PNLD

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Identificação das representações de elétron.	39
Quadro 2 - Frequência das representações de elétrons nos LD	41
Quadro 3 - Frequência das representações de elétron em cada conteúdo.	44
Quadro 4 - Tipos de representações utilizadas em cada disciplina.	47
Quadro 5 - Livros da editora Scipione.	68
Quadro 6 - Livros da editora Moderna, coleção Lopes & Rosso.	73
Quadro 7 - Livros da editora Moderna, coleção Diálogo.	81
Quadro 8 - Livros da editora Moderna, coleção Plus.	85
Quadro 9 - Livros da editora Moderna, coleção Conexões.	91
Quadro 10 - Livros da editora Fm Educação, coleção Ser Protagonista.	95
Quadro 11 - Livros da editora FDT, coleção Multiversos.	102

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

BNCC Base Nacional Comum Curricular

PNLD Programa Nacional do Livro Didático

LD Livro Didático

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>1 QUESTÃO DE PESQUISA</b>	<b>16</b>
<b>2 OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>17</b>
3.1 ELÉTRON: UM BREVE RESGATE HISTÓRICO	17
3.2 REPRESENTAÇÃO	21
3.3 ABSTRAÇÃO	25
3.4 LIVRO DIDÁTICO	30
<b>4 METODOLOGIA</b>	<b>35</b>
Tabela 1 – Livros didático de Ciências da Natureza e suas Tecnologias aprovados pelo PNL D	<b>36</b>
<b>5 DESENVOLVIMENTO</b>	<b>38</b>
5.1 EXPLORAÇÃO DO MATERIAL	38
5.2 TRATAMENTO DOS RESULTADOS	48
<b>6 CONCLUSÃO</b>	<b>56</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>58</b>
APÊNDICE A - Representações de elétron presentes nos livros didáticos da editora Scipione.	68
APÊNDICE B - Representações de elétron presentes nos livros didáticos da editora Moderna, coleção Lopes & Rosso.	73
APÊNDICE C - Representações de elétron presentes nos livros didáticos da editora Moderna, coleção Diálogo.	81
APÊNDICE D - Representações de elétron presentes nos livros didáticos da editora Moderna, coleção Plus.	85
APÊNDICE E - Representações de elétron presentes nos livros didáticos da editora Moderna, coleção Conexões.	90
APÊNDICE F - Representações de elétron presentes nos livros didáticos da editora Fm Educação, coleção Ser Protagonista.	95
APÊNDICE G - Representações de elétron presentes nos livros didáticos da editora FDT, coleção Multiversos.	102

## INTRODUÇÃO

É de amplo conhecimento que a abstração dos fenômenos naturais é um grande impasse no processo de ensino-aprendizagem. Essa situação é especialmente relevante na área das ciências da natureza, pois são abordados fenômenos a nível submicroscópico onde opera-se com a imaginação, com ideias e modelos explicativos (SANTANA; SARMENTO; WARTHA, 2011). Uma das abordagens para mitigar o problema é empregar a didática de chegar ao abstrato a partir do concreto para que um conceito se torne assimilável (LOPES, 1997).

O ensino de química é repleto de situações nas quais isso ocorre. Um importante exemplo consiste no esforço que a comunidade de ensino de química tem empregado para propor estratégias de ensino-aprendizagem no que se refere ao tema do átomo e modelos atômicos. Partículas subatômicas, entretanto, não têm recebido a mesma atenção a despeito de sua importância. Fenômenos químicos são, em grande parte, explicados pelos arranjos e fluxos de elétrons entre os átomos. Assim, o elétron se constitui como entidade de grande relevância no contexto de ensino-aprendizagem de química.

Ao abrir um livro didático de química, é possível encontrar múltiplas e diferentes representações para o elétron, cada qual para um contexto específico. Alguns exemplos são suas representações nos seguintes conteúdos químicos: modelos atômicos, elementos químicos, isótopos, semirreações e reação global, eletrólise, pilhas, processos de eletrização, efeito fotoelétrico, ligações químicas, estrutura de lewis, distribuição eletrônica, conceito de orbital e tópicos da teoria quântica. Considerando a diversidade de assuntos que os elétrons permeiam, é possível dizer que sua compreensão implica diretamente na aprendizagem de diversos conceitos químicos. Em vista das situações levantadas, como a problemática gerada no processo de ensino-aprendizagem pela abstração de conceitos químicos, foi escolhido o elétron como tema central deste trabalho.

Sabe-se que, até chegar em sala de aula, o conhecimento produzido pelos cientistas passa por diversos processos de adaptação conforme propõe a “Teoria da Transposição didática” (CHEVALLARD, 1991). Para Chevallard (1991), esses saberes escolares são produtos de “saberes sábios”, e a isso ele chama de “transposição didática”. Assim, essa teoria vem em auxílio a esse processo de ensino-aprendizagem, uma vez que “transforma o

conhecimento científico com fins de ensino” (DAMASCENO; WARTHA; BRITO, 2008, p. 2).

Contudo, a forma na qual esse conhecimento científico é ensinado na escola, pode caracterizar um problema na medida em que retira do conceito científico sua historicidade e sua problemática (LOPES, 1997). Para Lopes (1997), ensinar só o resultado, é o mesmo que afastá-lo de sua origem, assim deve-se construir o conhecimento e fornecer bases aos alunos para que entendam o abstrato e conseqüentemente, o próprio conceito científico. Essa construção de conhecimento através de sua historicidade, também é útil quando se trata das representações, pois essas ao serem construídas e discutidas através dos aspectos históricos, e não apenas mostradas como trazem os livros didáticos, evita que os alunos pensem que as representações são uma ampliação da própria realidade, ou algo que é imutável, verdadeiro e isento de erros.

Desse modo, nessa transposição didática, é favorável que o professor ordene os acontecimentos e explique aos estudantes a linguagem científica, para isso ele deve conhecer elementos de história da ciência e as diferentes representações, para que não confunda seus alunos e nem explique de forma distorcida os saberes científicos que se adaptam ao contexto didático. Lopes (1997, p. 565), diz que se o objetivo é ensinar ciências, é preciso antes ensinar aos professores “como são os processos de construção das teorias científicas, pois aprender ciência pressupõe engajamento nas autênticas práticas científicas”.

Para Gomes e Pietrocola (2011, p. 1), os “livros didáticos são inegavelmente um dos principais recursos didáticos utilizados nas atividades de ensino-aprendizagem”. Em uma leitura rápida, é possível observar que, majoritariamente, sua representação é feita como uma “pequena bolinha” que se encontra na eletrosfera do átomo ou como uma partícula corpuscular, o que se confronta com outros conceitos que demandam o emprego da interpretação ondulatória do elétron. Sendo assim, por conta desse papel importante que os livros didáticos apresentam nas atividades de ensino-aprendizagem, será analisada de forma reflexiva as representações do elétron utilizadas em todos os livros didáticos de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias ofertados pelo PNLD 2021.

De acordo com a BNCC, a Ciência e a Tecnologia devem ser ferramentas capazes de solucionar problemas e gerar abertura para novas visões de mundo, para que isso possa ser cumprido no processo de ensino-aprendizagem, além da capacitação dos professores, deve-se

possuir um recurso didático adequado. Segundo Rossieli Soares da Silva, Ex-Ministro da Educação, a BNCC “influenciará” na produção de materiais didáticos, que serão revistos à luz do texto homologado da Base (BRASIL, 2018). Em vista disso, os livros didáticos do PNLD em 2021, foram categorizados nas grandes áreas de conhecimento, sendo assim a disciplina de química se enquadra na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, que por sua vez engloba também as disciplinas de biologia e física. Os livros dessa grande área foram divididos em 6 volumes não sequenciais.

Por conseguinte, por permear diversos conceitos químicos, e também físicos e biológicos, pode-se afirmar que a compreensão do elétron é imprescindível no processo de ensino-aprendizagem. Dessarte, a preocupação com a forma que o elétron é transposto a fins didáticos fica clara e evidente, algo que influencia diretamente vários conceitos da área de ciências da natureza e suas tecnologias, deveria receber mais atenção. Por isso, a análise de representações de elétron empregadas nos livros didáticos de ciências da natureza e suas Tecnologias do novo ensino médio do Programa Nacional do Livro Didático se faz tão importante no momento.

## **1 QUESTÃO DE PESQUISA**

Quais representações de elétron são empregadas nos livros didáticos de ciências da natureza e suas tecnologias do novo ensino médio do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2021?

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Analisar de forma reflexiva as representações do elétron nos Livros Didáticos de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do PNLD e realizar considerações sobre suas potencialidades e limites.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analisar as representações do elétron nos Livros Didáticos de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do PNLD 2021.
- Identificar e quantificar as diferentes representações de elétron presentes nos livros didáticos de Ciências da Natureza e suas Tecnologias aprovados pelo PNLD 2021.
- Realizar considerações acerca dos prováveis limites e potencialidades das representações nos processos de ensino-aprendizagem.
- Identificar a existência de aspectos históricos referentes aos elétrons nos livros didáticos selecionados.
- Refletir sobre a correlação entre representações e compreensão de aspectos abstratos no processo de ensino-aprendizagem de química.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 ELÉTRON: UM BREVE RESGATE HISTÓRICO

Quase um século após a proposição do átomo de Dalton, em 1897, com o experimento de Sir Joseph John Thomson (1856-1940), foi possível propor que os átomos fossem divisíveis. Em 1858, foi proposta a existência dos raios catódicos, pelo físico Julius Plücker (1801-1868) e seu aluno Johann Hittorf (1824-1914). Eles perceberam que, ao aproximar um ímã de um cilindro de Faraday, se observavam manchas fosforescentes se deslocarem nas paredes do vidro desse cilindro. A sombra projetada sobre a parede de vidro por um objeto colocado diante do cátodo, mostrou que as emissões emanadas dele se deslocavam em linha reta, logo não eram desviados pelo campo elétrico (MOREIRA, 1997; JOFFILY, 2005).

O cientista Sir William Crookes (1832-1919), em 1879, retoma esse experimento de forma mais precisa, com um tubo que foi aperfeiçoado por ele, tendo alto vácuo em seu interior, sugerindo que estes raios seriam íons negativos. Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894), em 1883, “fez experimentos em um tubo com evacuação insuficiente (e com as placas defletoras muito próximas da sua extremidade final) e concluiu erradamente que os raios catódicos não possuíam carga elétrica” (MOREIRA, 1997, p. 299). Desse modo, juntamente com outros cientistas da época, acreditou que seria uma corrente que fluía através do éter, e não partículas carregadas, já que em seu experimento esses raios não eram desviados (JOFFILY, 2005). Somente em 1895, Jean Perrin (1870-1942) constatou que os raios catódicos são jatos de partículas e mostrou que possuem carga elétrica negativa, sendo assim, se tratava de cargas negativas e não de ondas do éter ou partículas conforme se acreditava (MOREIRA, 1997).

Dois anos depois, em 1897, em Cambridge, Inglaterra, no Laboratório Cavendish, Joseph John Thomson, com vários experimentos, confirma a natureza corpuscular e mede o quociente  $(\frac{q}{m})^1$  das partículas dos raios catódicos (AEGERTER; CARVALHO; LI; MUNTE; ZANATTA, 2013), que nada mais é, do que a razão entre a carga elétrica e a massa desses corpúsculos. O valor encontrado foi muito diferente de outros valores que se tinham para uma

---

<sup>1</sup> Razão carga/massa do elétron. No qual, a carga é representada por “q”, e massa por “m”.

carga específica, deixando Thomson intrigado, com isso ele fez outros experimentos usando diferentes gases e materiais de eletrodos, encontrando sempre o mesmo valor de  $(\frac{q}{m})$ , percebendo então, que o valor estava em todos os fenômenos materiais (JOFFILY, 2005; MOREIRA, 1997). Segundo Joffily (2005, p. 4), a razão dada por Thomson para confirmar a natureza corpuscular dos raios catódicos “foi devido a baixa qualidade do vácuo no interior do tubo, usado nas experiências anteriores, pois os raios catódicos produzem vários íons no gás que passam a atuar como uma blindagem para o campo elétrico”. Esse trabalho que esclareceu a natureza dos raios catódicos, foi publicado<sup>2</sup> em 1897, sendo considerado como "a descoberta do elétron”.

O nome “elétron”, foi cunhado por George Johnstone Stoney (1826-1911) em 1891, mas com outro significado. Só após o experimento de Thomson, mais precisamente em 1910, a palavra “elétron” começou a ser usada como nome das partículas dos raios catódicos. Inicialmente Helmholtz “denominava os carregadores de carga negativa, que constituem os raios catódicos, de quanta elementares de eletricidade, Thomson os chamava de corpúsculos e Lorentz adotou o termo elétron” (MOREIRA, 1997, p. 300). Segundo Joffily (2005), Thomson escreveu o seguinte em sua autobiografia “Recollections and Reflections”<sup>3</sup>, publicada em 1937:

Após demorada consideração sobre os experimentos, pareceu-me que não havia como escapar das seguintes conclusões: 1) Que os átomos não são indivisíveis, pois partículas negativamente eletrizadas podem ser arrancadas deles pela ação das forças elétricas... 2) Que essas partículas são todas de mesma massa e carregam a mesma carga de eletricidade negativa, qualquer que seja a espécie de átomo de que derivem, e são constituintes de todos os átomos. 3) Que a massa dessas partículas é menor que a milionésima parte da massa do átomo de hidrogênio. [...] No início, denominei essas partículas de corpúsculos, mas agora são chamadas mais apropriadamente de elétrons (THOMSON, 1937, p.338 apud JOFFILY, 2005, p. 6).

Sendo assim, pode-se dizer que Thomson, não só descobriu a primeira partícula elementar, mas demonstrou que existiam partículas de matéria que eram muito menores que os átomos, quebrando assim os paradigmas da época e contribuindo para o avanço da física clássica para a física moderna, causando um avanço científico. Após compreenderem o

---

<sup>2</sup> JJ Thomson MAFRS (1897) XL. *Cathode Rays*, The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, 44: 269, 293-316, DOI: [10.1080 / 14786449708621070](https://doi.org/10.1080/14786449708621070)

<sup>3</sup> Esse livro foi publicado novamente em 2011, pela editora Cambridge University Press, contém 482 páginas e não há tradução em português.

fenômeno da eletricidade, foi possível desenvolver outros artefatos, que se tornaram novos feitos para a humanidade, como por exemplo, o rádio, a televisão, o computador e eletrodomésticos em geral (VIEIRA, 2016).

Depois da descoberta de que átomos não eram indivisíveis, foram evidenciadas muitas outras partículas, seguidas do elétron, cabe aqui destacar o próton, já que foi identificado em 1919, por Ernest Rutherford (1871-1937), ex-aluno de Thomson (VIEIRA, 2016). O próton, tido inicialmente como elementar, se revelou constituído de outras partículas, assim como o átomo. Conforme afirma Joffily (2005, p. 2), “o elétron é a única partícula elementar centenária”.

Dessarte, é justificável que esse trabalho, que muito contribuiu para o avanço da ciência e da tecnologia, tenha rendido a Thomson, o prêmio Nobel de física em 1906. Após 31 anos, em 1937 seu filho George Paget Thomson (1892-1975), também ganhou o prêmio Nobel de física, "por sua descoberta experimental da difração de elétrons por cristais". Ele dividiu esse nobel com Clinton Joseph Davisson (1881-1958), já que também havia chegado às mesmas conclusões, mas por outro experimento. Em sua pesquisa, George Thomson “realizou experimentos sobre o comportamento dos elétrons ao passar por filmes muito finos de metais, que mostraram que os elétrons se comportam como ondas, apesar de serem partículas” (NOBEL PRIZE, 2021).

Foi em 1924, que Louis de Broglie introduziu a ideia de que as partículas, como os elétrons, podem ser descritas não apenas como partículas, mas também como ondas. As idéias expostas nesse trabalho, que primeiro causaram espanto devido à sua novidade, foram corroboradas posteriormente, pela maneira como fluxos de elétrons foram refletidos contra os cristais e se espalharam por finas folhas de metal no experimento de Davisson e Germer<sup>4</sup> (NOBEL PRIZE, 2021).

Assim como os cientistas citados acima, o Príncipe Louis-Victor Pierre Raymond de Broglie (1892-1987), foi agraciado com o Prêmio Nobel de Física 1929, "por sua descoberta da natureza ondulatória dos elétrons" (NOBEL PRIZE, 2021). Seus primeiros trabalhos, em relação aos quanta de luz, foram publicados em 1922, mas apenas em 1923 “ele tentou fazer

---

<sup>4</sup> O experimento é atribuído a Germer por sua colaboração, a partir de 1924, com a série de investigações que levaram à descoberta da difração de elétrons em 1927. Apesar da contribuição e do experimento carregar seu nome, o Dr. LH Germer, não dividiu o prêmio Nobel com Clinton Joseph Davisson e George Paget Thomson.

uma síntese entre as teorias ondulatória e corpuscular da luz. De Broglie propôs estender para as partículas materiais a dualidade onda-partícula que Einstein havia proposto para a luz, em 1905” (SANTOS, 2011, p. 82).

Essa hipótese de De Broglie, ao associar cada partícula com uma onda, influenciou o alemão Erwin Schrödinger (1887-1961) a escrever a equação de propagação das ondas de matéria, que então, eliminou o conceito de trajetória da partícula ao descrever seu movimento utilizando ondas contínuas. Max Born (1882-1970), usou esse formalismo de Schrödinger para investigar o espalhamento de partículas após sofrer uma colisão, dando origem à interpretação probabilística da função de onda. Segundo Santos (2011, p. 84):

Como os resultados obtidos por Schrödinger e a interpretação de Born tinham boa concordância com os dados experimentais, de Broglie acreditava que esta interpretação era correta para um feixe de partículas e, por esta razão, deveria ser mantida, porém este formalismo não seria capaz de dar conta de fenômenos individuais. Para de Broglie, a mecânica ondulatória tinha uma natureza abstrata, por considerar a função de onda  $\Psi$  propagando-se em um espaço de configuração de  $3N$  dimensões, que é um espaço abstrato. Para explicar os fenômenos ondulatórios que ocorrem com as partículas materiais, tais como interferência e difração, seria necessário considerar uma onda se propagando no espaço tridimensional (DE BROGLIE, 1960 apud SANTOS, 2011, p. 84).

Ainda que os experimentos se complementassem, surgiu uma contradição, pois cada um tinha uma concepção diferente sobre a integração da teoria corpuscular e ondulatória na mecânica quântica. Segundo Araújo e Nunes (2018), as diferentes correntes de pensamento assumidas pelos cientistas diante dos resultados obtidos experimentalmente, foram: interpretação ondulatória-realista, proposta por Schrödinger, dualista-positivista, proposta por Bohr e dualista-realista, proposta por De Broglie e Bohn, que defendiam a ideia de conciliar o fenômeno ondulatório e corpuscular em um mesmo experimento.

A concepção mais utilizada hoje em dia sobre a dualidade onda-partícula é a de um ente que em certas condições experimentais exibe propriedades ondulatórias e, em outras experimentais, exibe propriedades corpusculares, mas que nunca exibe ambas as características ao mesmo tempo. Essa é, essencialmente, a noção utilizada por Niels Bohr (ROSA, 2004, p. 19).

Desse modo, pode-se observar que o elétron foi tema de muitas pesquisas e produto de vários estudos e experimentos realizados por diversos cientistas, e não uma descoberta repentina e individual. Como é exposto por Moreira (1997, p. 299):

A identificação do elétron não foi, portanto, o produto de um ato de descoberta súbita e individual. Surgiu do estudo de várias questões teóricas e de experimentos relacionados às descargas elétricas em gases rarefeitos, ao estudo de fenômenos químicos, como a eletrólise, e ao desenvolvimento da teoria eletromagnética da matéria (MOREIRA, 1997, p. 299).

Tal qual sua identificação, a descrição de sua natureza, também passou por modificações durante os anos, e que ainda não são concepções finalizadas.

### 3. 2 REPRESENTAÇÃO

O elétron foi um conceito desenvolvido por meio de um percurso histórico sujeito a diferentes interpretações e representações tanto no âmbito científico como no didático. Por conseguinte, é conveniente compreender o que significa uma representação. Segundo Pessoa Júnior (2007), as representações podem ser divididas em: representações linguísticas e pictóricas. As primeiras envolvem cadeias de unidades (letras, fonemas, notas musicais, símbolos lógicos ou matemáticos) ligadas segundo regras de formação. As representações pictóricas ou visuais, por sua vez, referem-se a corpos bi ou tridimensionais, parados ou em movimento.

Para outros autores, ainda são acrescentadas as analogias como um tipo de modelo de ensino que podem ser entendidas como “comparações entre dois domínios diferentes”. Em outras palavras, dizer que “A” é análogo de “B” implica que “A” é como se fosse “B”, ou que “A” e “B” compartilham algumas características” (SOUZA; JUSTI; FERREIRA, 2016, p. 9 apud ASQUEL; CAMARGO; OLIVEIRA, 2018, p. 198). No momento, basta ater-se às ideias de representação de Pessoa Júnior, já que essa última implicaria diretamente no processo de ensino-aprendizagem.

Para além das representações, existem os significados de termos e palavras. Por exemplo, a palavra calor, não tem o mesmo significado para as diferentes comunidades. Segundo Araújo e Mortimer (2015), os conceitos utilizados pelas comunidades são diferentes daqueles utilizados pela ciência. Exemplos dessas comunidades, são as de técnicos em refrigeração e de bombeiros militares. Para os técnicos, o conceito de calor é associado à temperatura elevada, e assim pode ser mensurado. Já para os bombeiros, o conceito de calor é relacionado à chama e a noção de sensação térmica, assim deve ser combatido. Ainda existe o

conceito de calor no cotidiano e na ciência, especificamente em termodinâmica e na teoria eletromagnética. Desse modo, são muitos os conceitos que podem confundir os alunos e gerar concepções errôneas, caso não sejam bem explicados.

Falando sobre o processo de ensino-aprendizagem, é notório que a dificuldade na compreensão dos conteúdos químicos por parte dos alunos, provém, em parte, da abstração, fragmentação e linguagem simbólica (ASQUEL; CAMARGO; OLIVEIRA, 2018). Além dos conteúdos serem abstratos, deve-se levar em conta outro fator, a linguagem própria. Muitas vezes os alunos não conseguem compreender tal assunto, por não entenderem a linguagem científica. Segundo Chassot (2003, p. 91):

A ciência pode ser considerada como uma linguagem construída pelos homens e pelas mulheres para explicar o nosso mundo natural. [...] é verdade que nossas dificuldades diante de um texto em uma língua que não dominamos podem ser comparadas com as incompreensões para explicar muitos dos fenômenos que ocorrem na natureza (CHASSOT, 2003, p. 91).

É cabível dizer, que da mesma forma que não se entende uma língua desconhecida quando essa não é ensinada, assim também, não se entende a linguagem científica quando não é explicada, por isso cabe aos professores, mostrar o que cada representação (letra, número, símbolo) ou palavra, significa no contexto em questão. E isso, conseqüentemente, se aplica ao elétron, pois esse possui várias representações, que se não explicadas da forma adequada, podem gerar incompreensões conceituais. Segundo Santos (2001, p. 4):

A utilização de modelos para a descrição de propriedades da matéria leva a possibilidade de cometer-se erros devido às aproximações impostas para simplificar o mundo real. Dentro deste contexto, é importante frisar a diferença entre 'teoria' e 'modelo'. Por teoria entende-se um conjunto de leis capazes de fornecer resultados e conclusões a partir de um número de variáveis conhecidas. Normalmente, espera-se que as teorias se apliquem com a precisão definida pelos próprios limites da natureza. Por outro lado, os modelos têm por objetivo descrever aspectos específicos de certas propriedades do sistema (SANTOS, 2001, p. 4).

Logo, os modelos devem ser usados como representações construídas para auxiliar no entendimento da realidade, ou seja, “é necessário que haja relação dele com o que se quer ressaltar, bem como se deve enfatizar que o modelo não é a cópia da realidade e sim apenas uma representação, uma analogia” (MORTIMER, 2002 apud SANTANA; SARAMENTO; WARTHA, 2011, p. 199). Para Chassot (1996), os modelos “são simplificações da realidade,

ou porque esta é complexa demais, ou porque sobre ela pouco conhecemos”, o autor ainda diz que a compreensão desses modelos exige abstrações mais difíceis (CHASSOT, 1996 apud EICHLER, 2001, p. 62). Para ele,

Construir modelos, isto é, imaginar átomos – e vale recordar que imaginar é fazer imagens – tem limitações e exigências que transcendem as interações mais usuais em nosso cotidiano. Em função de nossas vivências, é muito mais fácil imaginar um elétron corpuscular que um elétron ondulatório. É ainda mais difícil imaginá-lo comportando-se, ao mesmo tempo, como onda e partícula (CHASSOT, 1996, p. 3).

Considerando as definições de modelos e representações expostas, pode-se pensar que ambas, são a mesma coisa, uma vez que os dois autores dizem que essas possuem limitações, exigências e que são simplificações da realidade, assim correspondem parcialmente ao mundo real, mas se usarmos a definição de representação de Pessoa Junior (2007), citada no início da seção, os modelos podem se encaixar em representações pictóricas ou visuais, sendo assim, seriam parte das representações.

É importante que docentes tenham clareza do que esses termos significam, a fim que possam proporcionar uma elucidação adequada para os estudantes. Leal (2001 apud SANTANA; SARAMENTO; WARTHA, 2011), relata que nas aulas não são provocadas situações para que ocorram discussões, mas que apenas são usadas definições e modelos prontos encontrados nos livros didáticos. Além disso, menciona que:

Muitas vezes, quando estamos ensinando química, utilizamos todos esses conceitos (teoria, modelo, lei etc.), mas eles não são discutidos. Ficamos o tempo todo tratando de temas químicos, mas nunca tomamos a química (sua estruturação e seu funcionamento) como tema de estudo” (LEAL, 2001, p. 8).

Dessa maneira, no processo de ensino-aprendizagem, é preciso fomentar questões, fazer com que os estudantes desenvolvam um pensamento crítico a respeito não só de “temas químicos”, ou melhor, conteúdos químicos, mas da química e seu funcionamento, para que assim, possam perceber as diferenças, entre teoria e representações, e não fiquem apenas com definições e modelos prontos, pensando que esses são uma representação absoluta da realidade. Para além disso, essas questões são importantes para mostrar a ordem do mundo em que vivemos. Segundo Chassot (2003, p. 94):

O mundo é (existe) independente da ciência. Esta o torna inteligível, e a tecnologia, como aplicação da ciência, modifica esse mundo. Por exemplo, a produção de energia elétrica a partir de uma queda d'água ou do aproveitamento de ventos é o resultado de uma aplicação de conhecimento acerca da natureza do mundo natural. Isso transforma o mundo natural mas não altera a sua essencialidade, por exemplo, em termos do princípio da conservação da energia (CHASSOT, 2003. p. 94).

Esse pensamento de que o mundo existe independente da ciência, faz parte do realismo crítico. Para Medeiros e Medeiros (2011, p. 5), o “realismo é afirmar que a realidade existe independentemente de ser percebida ou compreendida por nós”. Os autores ainda afirmam que é possível manter uma posição realista sem cair em uma postura idealista, conforme pode ser visto:

É perfeitamente possível manter uma posição realista, afirmando, deste modo, que "a realidade existe independentemente da nossa cognição", sem sermos obrigados a cair em uma postura idealista que toma a realidade como uma livre criação da nossa mente. Essa é a postura do realismo crítico, ou seja, a postura de assumir a primazia da existência do mundo; admitindo, entretanto, que as descrições da ciência são apenas construções metafóricas da mesma. Neste sentido, a postura do realismo crítico livra-se da ortodoxia da visão realista ingênua, sem correr o risco de cair num construtivismo idealista (MEDEIROS; MEDEIROS, 2011, p. 5).

Com isso, cabe dizer o que é o realismo ingênuo, segundo os mesmos autores,

o realismo ingênuo, ou realismo científico, [...] advoga que não somente a realidade existe independentemente da nossa cognição, mas que, também, as afirmações da ciência são descrições fiéis de como a realidade é. Para o realismo ingênuo as afirmações da ciência têm o status de 'verdades inquestionáveis' sem qualquer mediação humana (MEDEIROS; MEDEIROS, 2011, p. 5).

Dessa forma, pode-se dizer que essa concepção de realismo ajuda na compreensão do que é uma representação, além de fundamentar a existência do elétron, uma vez que se admite a primazia da existência do mundo e que as descrições da ciência são apenas construções metafóricas da mesma.

Assim, no processo de ensino-aprendizagem, uma das atribuições do professor é a de mostrar aos estudantes a linguagem científica. O educador precisa estar ciente que não é a ciência que descobre o mundo, pois mundo é (existe) independente da ciência. Dessa maneira, uma representação não pode ser o próprio objeto e nem se comportar da mesma maneira que ele, isso deve ser explicado e discutido com os estudantes, a fim de mostrar que as

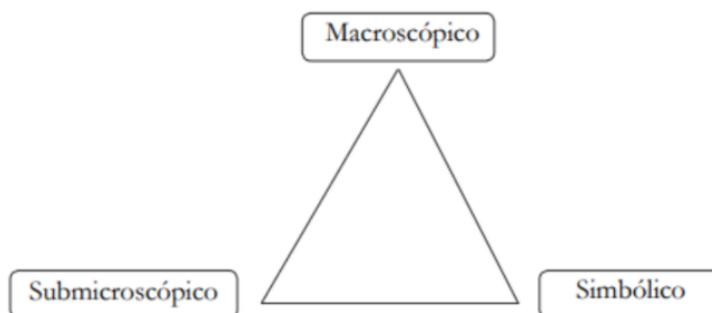
representações são limitadas e que a teoria e a representação, se tratam de coisas diferentes, mas uma pode potencializar a outra.

### 3.3 ABSTRAÇÃO

Conforme comentado brevemente na seção “representações” - já que esse não era o seu foco, além da linguagem simbólica, uma das dificuldades na compreensão dos conteúdos químicos por parte dos alunos, provém da abstração. Segundo Johnstone (2000), a representação do conhecimento químico consiste em três níveis, o macroscópico, aquilo que é sensorial ou perceptivo; o submicroscópico, aquilo que é de caráter exploratório ou molecular do fenômeno de estudo; e o representacional, aquilo que caracteriza o aspecto simbólico ligado ao conteúdo estudado.

Esses três níveis de conhecimento são apresentados em um triângulo, que ficou conhecido como o triângulo de Johnstone. Esse triângulo, estabelece a relação entre os três níveis de maneira que articule as diferentes dimensões do conhecimento químico (JOHNSTONE, 2000 apud CAMARGO; ASQUEL; OLIVEIRA, 2018, p. 198).

Figura 1 – Triângulo de Johnstone



Fonte: CAMARGO, ASQUEL, OLIVEIRA, 2018.

Segundo Camargo, Asquel e Oliveira (2018, p. 198), “o conhecimento químico se torna mais significativo para os estudantes quando esses três níveis se relacionam durante o ensino dos conteúdos”. Sendo assim, compete ao professor usar estratégias, para relacionar

esses níveis visando as necessidades e dificuldades de seus alunos, para que tenham uma aprendizagem significativa.

Dito isto, pode-se aprofundar o que foi levantado no início da seção, sobre as dificuldades dos estudantes em compreenderem os conteúdos químicos. Segundo Santana, Sarmiento e Wartha (2011, p. 111), a dificuldade dos alunos se deve por não visualizarem o nível submicroscópico:

No nível macroscópico opera-se sobre os fatos a partir de dados observáveis e manipuláveis, no nível submicroscópico opera-se com a imaginação, com ideias e modelos explicativos. Isso se deve a dificuldade deles em visualizar corretamente o mundo microscópico e, também, à falta de referenciais que os ajudem a realizarem abstrações, ou seja, construir modelos explicativos de um mundo submicroscópico (DRIVER et al., 1999 apud SANTANA; SARAMENTO; WARTHA, 2011, p. 111).

Desse modo, corrobora-se o que foi aludido por Leal (2001, apud SANTANA; SARAMENTO; WARTHA, 2011), que nas aulas não são provocadas situações para que ocorram discussões, e que apenas são usadas definições e representações prontas encontradas nos livros didáticos. Usar definições prontas sem serem construídas com os alunos pode ser um problema, pois implica diretamente na “falta de referenciais que os ajudem a construir modelos explicativos de um mundo submicroscópico” (DRIVER et al., 1999 apud SANTANA, SARAMENTO e WARTHA, 2011, p. 111). É papel também do educador, esclarecer, fomentar discussões e mostrar referenciais para que os estudantes entendam esse “mundo submicroscópico”. Para Chassot (1993), “nós”<sup>5</sup> professores:

Esquecemos de duas situações importantes, e estas decretam uma ainda maior necessidade de abstração para os nossos estudantes: a) o mundo que descrevemos está fantasticamente distante da realidade do estudante. (...) Em ciências, as coisas ainda são mais trágicas, pois os professores mandam o aluno desenhar modelos de ‘realidades’, cuja existência são hipóteses. Fala-se em átomos e moléculas, como se fossem elefantes e pulgas. b) usamos uma linguagem que não é a do aluno (CHASSOT, 1993 apud EICHLER, 2001, p. 62).

Chassot (1993), demonstra a importância da abstração e da compreensão desta pelos estudantes. Mas o que é essa abstração? Qual sua importância na formação dos professores e

---

<sup>5</sup> Usado pelo autor para se incluir na classe dos professores.

no ensino de química? Por que deve ser olhada com mais atenção no processo de ensino-aprendizagem?

Para responder tais perguntas, pode-se começar por aquilo que é a abstração. Segundo Eichler (2001, p. 63), “as primeiras definições nos sugerem que o abstrato é o resultante da abstração, o que utiliza abstrações e o que expressa uma qualidade ou característica separada do objeto a que pertence ou a que está ligada”. O autor afirma ainda que:

O verbo grego que se traduz por abstrair, era de uso comum para designar o ato de tirar algo de alguma coisa, separar algo de algo, privar alguém de algo, pôr algo à parte, arrancar algo de alguma coisa, etc. O substantivo correspondente, que se traduz por abstração, significava a ação ou efeito de tirar, arrancar, privar, separar, etc. Em latim, essas noções permaneceram, acrescentando-se as de ‘afastar de’ e ‘subtrair de’. Nas duas culturas, tanto o verbo quanto o seu substantivo foram usados em diversos contextos e com vários significados. Conforme Ferrater Mora (1990), os filósofos antigos, desde Aristóteles, em vários sentidos, determinaram a noção de abstração como a ação ou efeito de separar conceitualmente algo de algo, isto é, de pôr algo (alguma característica ou propriedade, sobretudo) mentalmente à parte. (EICHLER, 2001, p. 63).

De acordo com Michaelis: Dicionário prático de língua portuguesa (2009, p. 8), pode-se acrescentar ainda, o que é “abstração” para a filosofia, uma “ação do espírito que considera separadamente um elemento de uma representação ou de uma noção colocando especialmente a atenção sobre ele e negligenciando os demais”, já “abstrato” é “aquilo que se considera existente apenas no domínio das ideias, sem base material” (GREGORIM; MARTINELLI; NEIVA; CARVALHO; VIARO, 2009, p. 9).

Como já foi dito, a abstração possui vários sentidos, e observando esses diferentes significados, é possível pensar que existem diferentes graus de abstração para cada tipo de ciência, e é o que dizem os filósofos João de São Tomás (1589-1644) e Jacques Maritain (1882-1973). Para eles o primeiro grau de abstração, é próprio da física, e considera o mundo sensível<sup>6</sup>. O objeto abstraído não pode nem existir sem a matéria e as qualidades a ela ligadas, nem ser sem ela concebido. O segundo grau de abstração, próprio da matemática, abstrai a matéria sensível, e considera a quantidade. Isso porque, o espírito pode considerar objetos abstraídos e purificados da matéria. O objeto abstraído não pode existir sem a matéria sensível, mas pode ser concebido sem ela. Já o terceiro grau de abstração, próprio da

---

<sup>6</sup> Mundo ou matéria sensível, é algo concreto, e perceptível aos sentidos e sensações humanas.

metafísica, abstrai inclusive a matéria inteligível e a considera como substância ou ser. Esse grau de abstração tem lugar quando o espírito considera objetos abstraídos e purificados de toda a matéria. Os objetos abstraídos podem ser concebidos sem a matéria, inclusive existir sem ela, seja que não existam jamais na matéria (como Deus), seja que existam tanto nas coisas materiais como nas imateriais, como a substância, a qualidade, o ato e a potência, a beleza, a bondade (EICHLER, 2001).

Com essas referências, é possível compreender o que é a abstração nas diferentes áreas de conhecimento e distinguir seus graus, e assim, como é dito por Eichler (2001) abster-se de cair em erros quando se trata da abstração.

Dito isso, é possível esboçar uma resposta à segunda indagação: Qual a importância da abstração na formação dos professores e no ensino de química? Compreender o processo de abstração pode contribuir para fornecer uma compreensão mais completa dos fenômenos e evitar abordagens que se apoiam apenas nas experiências sensoriais. Consequentemente, o professor pode superar definições prontas colocadas nos livros didáticos, e dar base de referenciais que ajudem os estudantes nesse processo de compreensão dos conteúdos abstratos.

Pode-se dizer que o problema educacional decorre também pela eliminação e falta da abstração dos conteúdos - uma vez que é deixada de lado, para “resolver” a problemática gerada pelo mundo submicroscópico - trazidos pelo empirismo. De fato, os conteúdos químicos, bem como o elétron, e outros conceitos mais abstratos, estão longe do campo de visão e imaginação dos estudantes, já que teoricamente não fazem parte de suas experiências cotidianas, e em específico o elétron, é “difícil imaginá-lo comportando-se, ao mesmo tempo, como onda e partícula” (CHASSOT, 1996, p. 3).

Nesse processo de ensino-aprendizagem, o papel do professor, além de conhecer a importância da abstração para entender os fenômenos, está em organizar e ordenar os conteúdos a serem explicados aos alunos, conforme é dito por Santana, Saramento e Warth (2011, p. 111):

É nesse sentido que está o papel do professor: reconhecer que o nível de abstração é importante para o entendimento de fenômenos; organizar o conteúdo de forma que os conceitos mais simples sejam apresentados primeiro; dar mais tempo para os estudantes fazerem suas investigações próprias com o objetivo de detectar os conceitos entre os estudantes proporcionando, desta forma, a evolução de suas idéias até atingirem conceitos próximos aos considerados científicos. A tarefa do docente

consiste em desenvolver não uma única capacidade de pensar, mas muitas capacidades particulares de pensar em campos diferentes; não em reforçar a nossa capacidade geral de prestar atenção, mas em desenvolver diferentes faculdades de concentrar a atenção sobre diferentes matérias (LEONTIEV, 2005 apud SANTANA; SARAMENTO; WARTH, 2011, p. 111).

Sendo assim, é o docente que deve articular esse conhecimento, e mostrar aos alunos a importância daquilo que é invisível aos olhos, para que possam compreender a realidade que os cerca, deve proporcionar a evolução das ideias dos estudantes, desenvolvendo uma capacidade de pensar criticamente e potencializando as suas diferentes faculdades cognitivas, e com isso, significar a realidade à luz da ciência. Pode-se, como já dito, começar pelo mais simples, mas não é excluindo aquilo que se julga difícil, que irá resolver o problema.

De acordo com Giordan (2007, p. 3), “se em vez de adotarmos a representação estrutural como uma técnica de registro do conhecimento, considerarmos suas bases histórica e epistemológica, daremos passos importantes para entender as dificuldades dos iniciantes na Química em dominar a representação estrutural”. Ou seja, deixando de ensinar as bases históricas e epistemológicas de alguns conteúdos químicos, e consequentemente evitando explicar a abstração por trás desses, geram-se ainda mais problemas e dificuldades no processo aprendizagem dos estudantes, pois estes acabam se confundindo e usando de modo equivocado as representações. Uma possível solução, como foi dito, é usar bases históricas, assim novamente demonstra a importância dos professores terem domínio sobre os acontecimentos e as representações do objeto em questão para que consigam auxiliar os alunos em suas dificuldades.

### 3. 4 LIVRO DIDÁTICO

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC)<sup>7</sup>, a Ciência e a Tecnologia devem ser encaradas como ferramentas capazes de solucionar problemas e gerar abertura para novas visões de mundo. Assim, a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, articulando biologia, física e química, possui algumas competências e

---

<sup>7</sup> “Documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, de modo a que tenham assegurados seus direitos de aprendizagem e desenvolvimento, em conformidade com o que preceitua o Plano Nacional de Educação (PNE)” (BRASIL, 2018, p.7).

habilidades que buscam gerar essas “novas visões de mundo”. Para que isso ocorra, é proposto um aprofundamento nas temáticas Matéria e Energia, Vida e Evolução, e Terra e Universo. Ainda de acordo com o texto da BNCC,

Os conhecimentos conceituais associados a essas temáticas constituem uma base que permite aos estudantes investigar, analisar e discutir situações-problema que emergem de diferentes contextos socioculturais, além de compreender e interpretar leis, teorias e modelos, aplicando-os na resolução de problemas individuais, sociais e ambientais. Dessa forma, os estudantes podem reelaborar seus próprios saberes relativos a essas temáticas, bem como reconhecer as potencialidades e limitações das Ciências da Natureza e suas Tecnologias (BRASIL, 2018, p. 548).

Além de demonstrar importância para as temáticas acima, é citado que os estudantes devem aprender as linguagens específicas da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, pois são fundamentais. “Aprender tais linguagens, por meio de seus códigos, símbolos, nomenclaturas e gêneros textuais, é parte do processo de letramento científico necessário a todo cidadão” (BRASIL, 2021, p. 551), o que está em consonância com a discussão realizada na seção “representações”. Além disso, existe uma série de competências específicas da área a serem cumpridas, como:

1. Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.
2. Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.
3. Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) (BRASIL, 2018, p. 553).

Para que essas competências possam ser cumpridas no processo de ensino-aprendizagem, além da capacitação dos professores, deve-se possuir um recurso didático adequado. Segundo Rossieli Soares da Silva, Ex-Ministro da Educação, a BNCC alterará os currículos e “influenciará a formação inicial e continuada dos educadores, a produção de materiais didáticos, as matrizes de avaliações e os exames nacionais que serão revistos à luz do texto homologado da Base” (BRASIL, 2018, p. 5). Em vista disso, os livros

didáticos do PNLD<sup>8</sup>, em 2021, foram categorizados nas grandes áreas de conhecimento, sendo elas, área de Linguagens e suas Tecnologias, área de Matemática e suas Tecnologias, área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, e área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, na qual se enquadra a disciplina de química. Desse modo, não haverá mais livros didáticos fragmentados por disciplinas, e selecionados para cada ano do ensino médio, e sim, livros que abranjam todas as disciplinas em suas grandes áreas de conhecimento. Os livros de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, em específico, foram divididos em 6 volumes não sequenciais.

Segundo Gomes e Pietrocola (2011, p. 1), os “livros didáticos são inegavelmente um dos principais recursos didáticos utilizados nas atividades de ensino-aprendizagem”. Também afirmam que os autores de livros exercem influência uns sobre os outros, já que a partir de um dado momento histórico os livros passaram a se assemelhar. E isso aconteceu independentemente de autores, editoras e países de origem. Os autores Gomes e Pietrocola ainda dizem que, o consenso existente materializado nos livros didáticos não assegura considerá-los como fiéis representantes da área de pesquisa a qual se referem. Isso porque,

Por mais que tentem se manter próximos ao contexto original da ciência, tais livros são produções didáticas inseridas num projeto educacional específico. Isso significa que ao contexto epistemológico original da ciência de referência, adicionam-se as características e necessidades próprias do sistema de ensino ao qual se destinam (GOMES; PIETROCOLA, 2011, p. 2).

Pode-se perceber que além de comentar que os livros didáticos sofrem implicações mediante o projeto educacional ou sistema de ensino que está inserido, os autores Gomes e Pietrocola (2011) demonstram a importância de se compreender as diferenças entre o conhecimento químico e o conteúdo químico, uma vez que ao conhecimento científico, se acrescentam certas características didáticas para que possa ser ensinado a outras pessoas. Chevallard (1991), diz que esses saberes escolares são produtos de “saberes sábios”, e a isso ele chama de “transposição didática”. De acordo com a tradução de Gomes e Pietrocola (2011, p. 2), Chevallard (1991) diz que:

---

<sup>8</sup> Programa que avalia e disponibiliza obras didáticas, e outros materiais de apoio à prática educativa, de forma regular e gratuita, às escolas públicas de educação básica das redes federal, estaduais, municipais e distrital e também às instituições de educação infantil comunitárias, confessionais ou filantrópicas sem fins lucrativos e conveniadas com o Poder Público, desde que sejam cadastradas ao programa e participem do Censo Escolar do INEP (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2018).

Um conteúdo de saber que tenha sido designado como saber a ensinar, sofre [...] um conjunto de transformações adaptativas que vão torná-lo apto para ocupar um lugar entre os objetos de ensino. O “trabalho” que transforma um objeto de saber a ensinar em um objeto de ensino, é denominado transposição didática” (CHEVALLARD, 1991 apud GOMES; PIETROCOLA, p. 2)

Para Damasceno, Wartha e Brito (2008, p. 2), essa transposição didática, não é apenas uma adaptação ou transformação de conhecimento, mas é um novo saber, nesse caso, a escola seria também um espaço de produção de saberes, como pode ser lido:

A transformação do conhecimento científico com fins de ensino e divulgação não constitui simples adaptação ou mera simplificação de conhecimento, podendo ser então analisada na perspectiva de compreender a produção de novos saberes nesses processos, sendo a escola uma mediação didática espaço diferenciado de produção de saberes e não uma mera reprodutora do conhecimento científico (DAMASCENO; WARTHA; BRITO, 2008, p. 2).

Para esses autores, e para Lopes (1997), essa transposição didática é chamada de mediação didática. Lopes (1997, p. 564), explica que “o termo transposição é associado à ideia de reprodução, movimento de transportar de um lugar a outro, sem alterações”. Por isso, usa o termo mediação didática, já que o termo “mediação” pode se referir “a um processo de constituição de uma realidade através de mediações contraditórias, de relações complexas, não imediatas”. A autora ainda diz que “o maior problema em questão é a forma de apropriação do conhecimento pela escola, o processo de transposição didática que retira do conceito sua historicidade e sua problemática” (LOPES, 1997, p. 564). E assim concorda com Chevallard (1991) no que diz respeito à didatização dos conhecimentos científicos, e relata o seguinte:

Ensinamos apenas o resultado, não o processo histórico de construção do conceito, portanto, retiramo-lo do conjunto de problemas e questões que o originaram. Por outro lado, existe uma tendência didática, melhor dizendo, um didatismo, que considera necessário chegar ao abstrato a partir do concreto, a fim de se tornar um conceito assimilável, o que só reforça a continuidade com o senso comum. (LOPES, 1997, p. 564).

Pode-se dizer então, que ao retirar a parte histórica da construção do conceito químico, no caso deste trabalho, do elétron, retira-o da questão que o originou, sendo assim, não basta apenas fornecer e mostrar os resultados aos estudantes. Conforme já foi dito em seções

anteriores, deve-se construir o conhecimento e lhes fornecer bases para que entendam o abstrato e conseqüentemente, o próprio conceito científico. Segundo a autora, a história da ciência “não só fornece elementos que permitem compreender mais claramente os conceitos científicos, como também permite questionar a visão do senso comum acerca do conhecimento científico enquanto um conhecimento derivado da experiência e da observação imediata” (LOPES, 1997, p. 565). Além disso, ele auxilia a desconstruir a ideia de ciência como um conhecimento acabado, definitivo e restrito a pessoas iluminadas. Para ela, “o passado explica o presente, pois este é fruto da contínua elaboração daquele”, e isso serve para embasar a perspectiva de que a história da ciência é capaz de ajudar a compreender os processos educacionais de hoje.

Dito isso, é demonstrada novamente a importância de o professor entender a história da ciência para que não confunda seus alunos e nem explique de forma distorcida os saberes científicos que se adaptam ao contexto didático. Segundo Lopes (1997, p. 566), é possível constatar o “esforço de professores e livros didáticos em elaborar explicações para seus alunos com o uso da linguagem não formal acaba por constituir novas formas de abordagem de conceitos científicos”. O que não é necessariamente um problema, mas se o objetivo é ensinar ciências, é preciso antes ensinar aos professores “como são os processos de construção das teorias científicas, pois aprender ciência pressupõe engajamento nas autênticas práticas científicas” (LOPES, 1997, p. 565).

Já os livros didáticos devem vir de auxílio, e além de apresentar conteúdos químicos, devem trazer esses aspectos históricos, para que o processo de ensino-aprendizagem seja de fato construído, e não apenas uma exposição de resultados obtidos experimentalmente.

Para De Deo e Duarte (2004), essa relação entre professor e livro didático é ainda mais clara. Segundo os autores, não é suficiente ter um “bom” material didático, se o professor não tiver consciência da prática pedagógica e das limitações que o livro didático possui. “O professor deve estar atualizado, ser reflexivo e bem preparado para poder valer-se de um livro ruim e transformá-lo, tornando-o uma ferramenta útil e eficaz em suas aulas” (DE DEO; DUARTE, 2004, p. 4 apud MAIA; SÁ; MASSENA; WARTHA, 2011, p. 116). Relacionando isso, com os outros autores aqui referidos, pode-se dizer que ainda que um determinado livro didático seja bem organizado, certamente não será completo de modo que será necessário que

o professor tenha formação ampla para poder preencher algumas lacunas, especialmente no que se refere à história da ciência.

Assim, considerando a importância da compreensão do elétron em suas múltiplas dimensões no ensino de química, é necessário realizar um olhar sobre como é representado. Considerando ainda a concepção dessa partícula como um objeto dotado de caráter corpuscular e ondulatório, é necessária grande atenção para o modo como é ensinado. Segundo Lopes (1997, p. 564) “a Mecânica Quântica, que originalmente rompe com concepções realistas da ciência e estabelece uma descontinuidade com o mundo macroscópico, é transmitida como essencialmente realista e esquemática”. O presente trabalho, portanto, alia esses olhares históricos, epistemológicos e didáticos para proporcionar um panorama sobre as representações dos elétrons nos livros didáticos e, assim, poder contribuir para um olhar mais crítico sobre essa questão tão relevante ao ensino de química.

## 4 METODOLOGIA

A metodologia para a realização do trabalho será fundamentada na metodologia de Análise de Conteúdo. Conforme enunciada por Laurence Bardin (1979), essa análise pode ser organizada em três pólos cronológicos, sendo eles: pré-análise, exploração do material, e tratamento dos resultados, a interferência e a interpretação.

A pré-análise é a fase da organização. Tem por objetivo a escolha dos documentos a serem submetidos à análise, e a formulação das hipóteses e dos objetivos (BARDIN, 1979, p. 95). Desse modo, foram selecionados como material de análise os livros didáticos aprovados em 2021 pelo PNLD, considerando sua relevância nas escolas brasileiras. O objeto de análise consistiu-se nas representações do elétron nos livros selecionados.

De acordo com o Diário Oficial da União, Portaria nº 68, de 2 de junho de 2021, sete coleções de LD de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, de diferentes editoras, foram aprovadas pelo PNLD e possuem os seguintes livros:

**Tabela 1 – Livros didáticos de Ciências da Natureza e suas Tecnologias aprovados pelo PNLD.**

<b>Editora</b>	<b>Coleção</b>	<b>Livros</b>	<b>Referência</b>
Scipione	Scipione	Materiais, luz e som: modelos e propriedades	MORTIMER, E.; MATEUS, A.; PIMENTA, M. et al. 2020.
		Desafios contemporâneos das juventudes	
		O mundo atual: questões sociocientíficas	
		Materiais e energia: transformações e conservação	
		Origens: o universo, a terra e a vida	
		Evolução, biodiversidade e sustentabilidade	
Moderna	Lopes & Rosso	Evolução e Universo	ROSSO, Sergio; LOPES, Sônia. 2020.
		Energia e consumo sustentável	
		Água, agricultura e uso da terra	
		Poluição e movimento	
		Corpo humano e vida saudável	
		Mundo tecnológico e ciências aplicadas	
Moderna	Diálogo	O universo da ciência e a ciência do universo	SANTOS, Kelly Cristina dos. 2020.
		Vida na terra: como é possível?	
		Energia e sociedade: uma reflexão necessária	
		Ser humano e meio ambiente: relações e consequências	
		Terra: um sistema dinâmico de matéria e energia	
		Ser humano: origem e funcionamento	

Moderna	Plus	O conhecimento científico	AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R.; FERRARO, N. G. et al. 2020.
		Água e vida	
		Ciência e tecnologia	
		Universo e evolução	
		Matéria e energia	
Moderna	Conexões	Humanidade e ambiente	THOMPSON, M.; RIOS, E. P.; SPINELLI, W. et al. 2020.
		Matéria e energia	
		Energia e ambiente	
		Saúde e tecnologia	
		Universo, materiais e evolução	
Sm Educação	Ser protagonista	Conservação e transformação	ZAMBONI, A.; BEZERRA, L. M. et al. 2020.
		Terra e equilíbrios	
		Energia e transformações	
		Composição e estrutura dos corpos	
		Ambiente e ser humano	
FDT	Multiversos	Matéria e transformações	GODOY, L.; DELL'AGNOLO, R. M.; MELO, W. C. d. et al. 2020.
		Vida, saúde e genética	
		Evolução, tempo e espaço	
		Eletricidade na sociedade e na vida	
		Orígens	
		Matéria, energia e a vida	
		Ciência, tecnologia e cidadania	
		Ciência, sociedade e ambiente	
		Movimentos e equilíbrios na natureza	

Fonte: Silva, 2022.

O segundo passo dessa primeira fase é a formulação das hipóteses e dos objetivos. A principal hipótese da pesquisa é de que haveria múltiplas representações do elétron de modo desconectado e distinto para cada conteúdo/ disciplina dos livros selecionados. Sendo assim, tem-se como objetivo dessa análise identificar as representações de elétron nos LDs selecionados e realizar considerações sobre as possíveis potencialidades e limites das representações do elétron nos livros didáticos - identificando e quantificando essas representações, bem como identificar a existência de aspectos históricos e ainda refletir sobre a correlação entre representações e compreensão de aspectos abstratos no processo de ensino-aprendizagem de química.

A busca consistiu na investigação de todas as páginas das obras selecionadas na busca de representações do elétron, que foram tomadas como indicadores, os quais foram devidamente selecionados e organizados.

A segunda fase da análise de conteúdo consiste na exploração do material. Fundamenta-se na codificação e na enumeração. Na codificação, os dados brutos do livro

serão selecionados através de recortes e agregação de unidades, para assim descrever as características pertinentes do conteúdo (BARDIN, 1979). Desse modo, os livros foram separados por suas coleções e pelos seus títulos, assim foram confeccionados sete quadros, contendo as representações de elétrons expostas nos livros, o capítulo abordado e a página onde foi encontrada a representação. Como pode-se observar nos apêndices.

Já na segunda etapa dessa fase, a numeração, será feita uma distinção embasada em regras, como a presença ou ausência de elétrons e a frequência com que aparecem relacionando com o conteúdo e disciplina em questão (BARDIN, 1979). Com isso será possível categorizar as diferentes representações de elétron.

Na terceira e última fase, os resultados brutos obtidos na segunda fase serão analisados de forma minuciosa para que sejam significativos e válidos. Com isso, será possível propor interferências e interpretações para os resultados obtidos (BARDIN, 1979).

## 5 DESENVOLVIMENTO

### 5.1 EXPLORAÇÃO DO MATERIAL

Como dito, a exploração do material fundamenta-se na codificação e na enumeração (BARDIN, 1979). Na codificação, os dados brutos do livro foram selecionados através de recortes e agregação de unidades, como mostrado nos apêndices.

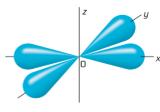
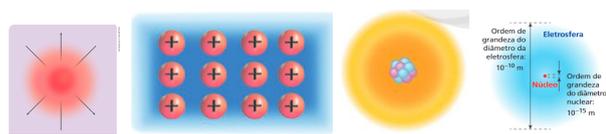
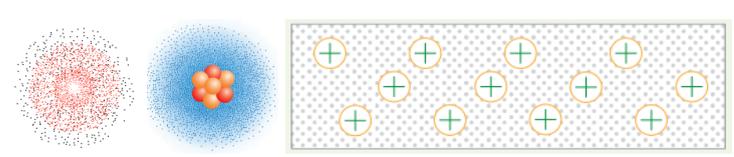
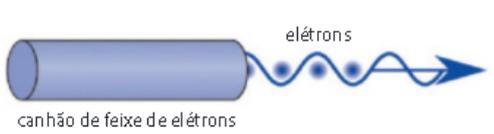
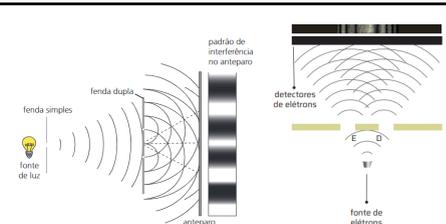
Cabe dizer desde já que os livros “Origens: o universo, a terra e a vida” e “Evolução, biodiversidade e sustentabilidade”, da editora Scipione, “Ser humano: origem e funcionamento” e “Terra: um sistema dinâmico de matéria e energia”, da editora Moderna, coleção Diálogo, “Matéria e energia” e “Humanidade e ambiente”, da editora Moderna, coleção Plus, “Universo, materiais e evolução”, “Conservação e transformação” e “Terra e equilíbrios”, da editora Moderna, coleção Conexões, “Vida, Saúde e Genética” e “Evolução, Tempo e Espaço”, da coleção Ser Protagonista, “Ciência, sociedade e ambiente” e “Movimentos e equilíbrios na natureza” da editora FDT, coleção Multiversos, foram analisados, mas não contam com nenhuma representação de elétrons. Apenas a coleção Lopes & Rosso da editora Moderna, conta com alguma representação de elétron em todos os seus seis livros. Desse modo, dos 42 livros analisados, somente em 29 há alguma representação de elétron.

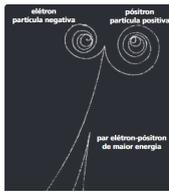
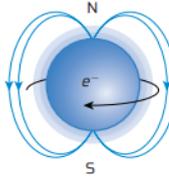
Para a numeração, foram estabelecidos os seguintes critérios: presença ou ausência de representações de elétrons, a frequência com que aparecem, e com qual conteúdo/disciplina estão relacionadas.

A partir das representações encontradas estabelecidas nos Apêndices, atribuiu-se um código a cada representação de elétron com as letras maiúsculas de A à R (Quadro 1).

Quadro 1 - Identificação das representações de elétron.

Código	Representação
A	$e^{-}$
B	$e^{-}$

C	$e^-$
D	$-e$
E	$e$
F	$(\begin{smallmatrix} 0 \\ -1 \end{smallmatrix} e)$
G	
H	
I	
J	
K	
L	
M	
N	
O	

P	
Q	
R	

Fonte: Silva, 2022.

Conforme é perceptível no quadro acima, foram identificados 18 tipos de representações de elétrons nos LD aprovados pelo PNLD para explicar diversos conteúdos, tanto na área de química, como na de física e de biologia.

Além disso, há representações que são comuns e mudam de forma sutil, conforme pode ser visto entre as representações de A à F e de H à J. Pode-se estabelecer uma subclassificação das representações. Aquelas de A à F podem ser designadas como parte do grande grupo de representações do tipo “e”, enquanto as representações de H à J, constituem o tipo “bolinha”.

A fim de determinar a frequência com que são apresentadas as representações, foi confeccionado o quadro abaixo (Quadro 2).

Quadro 2 - Frequência das representações de elétrons nos LD

Representação	Coleções dos LD							Total
	Scipione	Lopes & Rosso	Diálogo	Plus	Conexões	Ser Protagonista	Multiversos	
A	3	26	10	15	12	7	11	84
B	-	-	-	1	1	-	1	3
C	-	-	1	-	-	-	2	3
D	-	-	-	-	-	1	1	2

<b>E</b>	-	-	1	-	-	1	2	4
<b>F</b>	-	-	-	1	-	-	1	2
<b>G</b>	-	-	-	1	1	-	1	3
<b>H</b>	2	2	3	5	1	2	1	16
<b>I</b>	10	4	8	3	4	13	10	52
<b>J</b>	2	11	4	8	4	8	2	39
<b>K</b>	1	-	1	-	2	1	-	5
<b>L</b>	2	-	1	1	-	-	-	4
<b>M</b>	1	-	-	-	-	2	-	3
<b>N</b>	-	-	-	-	-	-	1	1
<b>O</b>	1	-	-	-	-	1	-	2
<b>P</b>	1	-	-	-	-	-	-	1
<b>Q</b>	1	-	-	-	-	-	-	1
<b>R</b>	-	-	-	-	-	1	-	1
<b>Total</b>	24	43	29	35	25	37	33	226

Fonte: Silva, 2022.

Cabe ressaltar que algumas figuras encontradas nos LD possuem 2 representações diferentes, e foram contabilizadas duas vezes, em suas respectivas representações. Isso aconteceu com as figuras das páginas 59 do livro Energia e consumo sustentável, 22 do livro Vida na terra: como é possível?, 52 do livro Ciência e tecnologia, 98 do livro Universo e evolução, 124 do livro Matéria e energia, 119 do livro Saúde e tecnologia, 30 e 35 do livro Composição e Estrutura dos Corpos, 115 do livro Eletricidade na sociedade e na vida, 21 do livro Origens, 105 do livro Matéria, energia e a vida, conforme pode ser visto nos apêndices.

A partir dos dados coletados, observa-se que as representações A e I são mais frequentes, aparecendo 84 e 52 vezes, respectivamente, demonstrando assim uma preferência dos autores por representações que exibam o aspecto corpuscular do elétron. As representações de H à J, do grupo “bolinha”, são utilizadas por todas as coleções de livros didáticos. Já a representação A, que pertence ao grande grupo “e” é a mais utilizada entre os 18 tipos de representações, além de aparecer também em todas as coleções de LD. Apesar da

representação A ser frequentemente utilizada, o grande grupo “e” que engloba as representações de A à F, totalizam 98 representações, ficando atrás do grupo “bolinha” (representações de H à J), que totalizam 107 representações.

É possível observar que a representação do elétron como onda - representações N, O e P, aparecem apenas 4 vezes em apenas 4 dos 42 LDs analisados e em apenas 3 coleções diferentes. Na representação P do livro “O mundo atual: questões sociocientíficas”, da editora Scipione, página 130, o elétron aparece representado na forma de funil de ondas. Já o livro “Ciência, tecnologia e cidadania” da editora FDT na página 146, apresenta a onda com bolinhas entre os picos (Representação N), uma peculiaridade, já que as representações geralmente demonstram ou o caráter corpuscular ou o caráter ondulatório.

Também pode ser notado que a representação K, que demonstra o elétron no orbital, aparece apenas 5 vezes, em 4 coleções de LD diferentes. Já as representações que demonstram o elétron como nuvem (representações L e M) aparecem apenas 7 vezes, em 4 coleções de LD. Essas representações que mostram a probabilidade de se encontrar o elétron em uma determinada região aparecem pouquíssimas vezes.

A representação Q, que demonstra o elétron com seu spin aparece uma vez no livro “Desafios contemporâneos das juventudes” da editora Scipione. Já na coleção Ser Protagonista, o spin aparece também uma vez na página 46 do livro “Composição e Estrutura dos Corpos”, na forma de bolinha com a representação  $e^-$  no meio, mostrando os dois pólos e a possível rotação (representação R). Ambas querendo demonstrar a mesma coisa o spin, mas com representações diferentes.

Para além disso, pode-se estabelecer algumas comparações em relação às coleções dos livros. Nos livros da editora Moderna, coleções Lopes & Rosso, Diálogo, Plus, e Conexões, e da editora FDT a representação mais utilizada é a A, já nas obras das coleções Scipione e Ser protagonista, essa representação aparece apenas 3 e 7 vezes, respectivamente. A representação I é mais empregada na coleção Ser protagonista, e menos utilizada na editora Moderna, coleção Plus. Já a representação J, é mais frequente na editora Moderna, coleção Lopes & Rosso, e menos frequente na editora Scipione e editora FDT, coleção Multiversos, aparecendo apenas 2 vezes em cada coleção.

Também é possível perceber que os livros da editora Moderna, coleção Lopes & Rosso, são os que menos trazem representações diferentes de elétron, apenas 4, isso porque é

a coleção que mais traz representações iguais. Já as editoras FDT e Fm Educação, coleções Multiversos e Ser Protagonista, respectivamente, são as que mais trazem representações diferentes em seus livros, 11 tipos, sendo que nas 7 coleções de LD aparecem 18 tipos de representações diferentes.

Com isso, pode-se dizer que o modelo corpuscular é usado com mais frequência. Já o modelo de elétron que tenta demonstrar as prováveis regiões onde os elétrons podem ser encontrados e/ou o seu aspecto onda-partícula, aparecem apenas 11 vezes, em 5 das 7 obras aprovadas.

Outra indagação do trabalho diz respeito aos tipos de representação e sua correlação com os conteúdos trabalhados nos livros didáticos. Assim, foram observadas e quantificadas as representações de elétrons em cada conteúdo tratado nos livros. Os dados relativos a essa análise foram compilados no quadro abaixo (Quadro 3).

Quadro 3 - Frequência das representações de elétron em cada conteúdo.

Representação	Conteúdos															Total
	Teoria atômica	Eletroquímica	Ligações químicas	Tabela periódica	Geometria molecular	Física moderna	Eletricidade	Bioquímica	Termoquímica	Reações químicas	Radioatividade	Soluções	Ondas	Polímeros	Função Química	
A	4	68	2	2	-	2	-	7	-	1	-	-	-	-	-	84
B	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	3
C	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	3
D	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2
E	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	4
F	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2
G	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	3
H	3	2	2	-	-	-	8	-	-	-	-	-	1	-	-	16
I	27	2	4	2	-	7	8	1	-	-	1	-	-	-	-	52

Conteúdos																
J	1	3	16	3	6	-	-	1	1	2	-	2	-	1	3	39
K	-	-	-	-	3	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	5
L	2	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
M	1	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	3
N	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
O	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
P	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Q	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
R	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<b>Total</b>	40	75	27	8	9	16	24	10	1	4	5	2	1	1	3	226

Fonte: Silva, 2022.

Como pode ser observado no quadro acima, o conteúdo que mais utiliza as representações de elétron é a eletroquímica, seguida por teoria atômica. No conteúdo de eletroquímica as representações são usadas nos seguintes temas: oxirredução, pilhas e eletrólise. A oxirredução, aborda substâncias oxidantes e redutoras, número de oxidação, corrosão, formação de ferrugem, galvanoplastia e proteção catódica, lei de Faraday, os metais de sacrifício, reatividade de metais em solução aquosa, eletrodo padrão de hidrogênio, diferença de potencial, potenciais-padrão bioquímicos de redução, e potencial-padrão de semicela. As pilhas por sua vez, tratam de celas galvânicas, pilha de Daniell, pilha alcalina, pilha comum ou pilha seca ácida, pilha seca alcalina, pilha de lítio ou pilha de lítio-iodo, fluxo dos elétrons em uma pilha, determinação do potencial do eletrodo, baterias de níquel-cádmio e níquel-hidreto metálico, célula de combustível, equacionamento de semirreações. E por fim a eletrólise explana sobre eletrólise ígnea, eletrólise em solução aquosa, e aspectos quantitativos da eletrólise. A representação frequentemente usada nesse conteúdo de eletroquímica é a A, e a maioria possui aspecto corpuscular.

No conteúdo de teoria atômica a representação mais usada é a I, e os temas são: modelos atômicos e propriedade dos materiais, modelo de Thomson, modelo de Rutherford, modelo de Niels Bohr para os níveis de energia, modelo atual, modelo quântico para os

átomos e a tabela periódica moderna, modelo atômico de Bohr-Sommerfeld, modelo atômico de Nagaoka, modelo atômico de Rutherford-Bohr, características das partículas fundamentais do átomo, a formação de íons, número de massa, distribuição eletrônica em camadas ou níveis de energia. Também aparece a representação L duas vezes, essa representação tem caráter ondulatório, já as outras representações usadas para este conteúdo, em sua maioria, possuem caráter corpuscular.

Já em ligações químicas, a representação de elétron mais usada é a J, ou seja, de ponto. Os temas abordados neste conteúdo são: ligações modelo de ligação metálica, ligação iônica, ligação covalente, ligações de hidrogênio, ligações simples, duplas e triplas. Sobre as ligações metálicas, a página 76 do livro “Materiais e Energia: Transformações e Conservação” da editora Scipione, conta com uma representação em forma de nuvem, a representação L, que em sua maioria é usada nos conteúdos de física moderna e teoria atômica. Quase todas as representações do elétron em ligações químicas possuem caráter corpuscular.

No conteúdo de física moderna, os elétrons aparecem 16 vezes, com maior frequência na representação I. Nesse conteúdo há os dois aspectos do elétron, o corpuscular e o ondulatório.

No conteúdo de eletricidade, o elétron aparece 24 vezes, as representações mais usadas são a H e I. As representações M e P, aparecem apenas uma vez, e possuem o caráter ondulatório, nas outras vezes que o elétron aparece, a maioria é com caráter corpuscular. Os temas abordados neste conteúdo são: fenômenos magnéticos, ação da força magnética sobre partículas carregadas, materiais condutores, isolantes e semicondutores, transformações de energia em alguns aparelhos, introdução a eletricidade, carga e forças elétricas, campo e potencial elétricos, eletrostática: eletricidade estática, eletrização por contato, circuitos elétricos, corrente elétrica, a experiência de millikan e a carga do elétron.

Já no conteúdo de bioquímica, o elétron aparece apenas 10 vezes, sendo que 7 delas é representado por A. Nesse conteúdo o caráter do elétron é majoritariamente corpuscular. Os temas abordados por esse conteúdo são: metabolismo energético/metabolismo celular, etapa da fotossíntese, etapa da fotoquímica, fotólise da água, fotofosforilação acíclica, e fotofosforilação cíclica.

Conforme observado, o elétron permeia não só em conteúdos químicos, mas em conteúdos de outras disciplinas como a física e a biologia. Visto que os LDs analisados

englobam as três áreas (química, física e biologia) por se tratarem de livros de ciências da natureza e suas tecnologias, também foram selecionadas as representações usadas por essas disciplinas. Para ajudar na análise e saber a frequência que cada representação aparece em cada disciplina foi feito o quadro abaixo (Quadro 4).

Quadro 4 - Tipos de representações utilizadas em cada disciplina.

Representações	Disciplinas			Total
	Química	Física	Biologia	
A	77	1	6	84
B	-	3	-	3
C	2	-	1	3
D	-	2	-	2
E	3	1	-	4
F	2	-	-	2
G	1	2	-	3
H	7	9	-	16
I	43	8	1	52
J	39	-	-	39
K	5	-	-	5
L	4	-	-	4
M	2	1	-	3
N	1	-	-	1
O	2	-	-	2
P	-	1	-	1
Q	1	-	-	1
R	1	-	-	1
<b>Total</b>	190	28	8	<b>226</b>

Fonte: Silva, 2022.

Conforme exposto no quadro acima, a química é a disciplina que mais utiliza o elétron para explicar seus fenômenos. A representação mais usada é a A, seguida da I e J, respectivamente. Além de aparecer 190 vezes nos LD nos conteúdos atribuídos a química, as representações de elétrons aparecem 28 vezes na disciplina de física, e 8 vezes na disciplina de biologia. Em física, as representações mais usadas são a H e a I, que tratam o elétron apenas como uma partícula negativa. Já em biologia, a representação mais frequente é a A.

Em química, o elétron é apresentado de 15 formas diferentes. Já em biologia foram contabilizadas apenas 3 tipos de representações. Em física, observou-se 9 representações para o elétron, além disso é possível notar que as representações B e D, aparecem só nessa disciplina.

Nos conteúdos da disciplina de química, o aspecto do elétron aparece algumas poucas vezes como ondulatório, em sua maioria tem aspecto corpuscular. Em física e biologia se dá o mesmo.

## 5.2 TRATAMENTO DOS RESULTADOS

Na terceira e última fase, os resultados já obtidos serão tratados para serem significativos e válidos, a fim de condensar as informações fornecidas pela análise. Com isso, será possível propor interferências e interpretações para os resultados obtidos (BARDIN, 1979).

Conforme os resultados obtidos na análise, é possível realizar algumas considerações de prováveis limites e potencialidades das representações nos processos de ensino-aprendizagem. Inicialmente, pode-se de modo conciso explicar sobre a quantidade de representações de elétrons encontradas nos LD. Como visto, há uma enorme variedade de representações para a mesma partícula, o que tem potencial para gerar grande confusão no processo de ensino-aprendizagem. O professor, por já ter naturalizado a grande gama de representações, pode não se atentar ao fato de que está apresentando uma nova representação de elétron sem deixar claro para os estudantes que se trata do mesmo objeto. Os estudantes, por sua vez, podem apresentar grandes falhas na compreensão dos fenômenos por serem expostos ao mesmo conceito de forma variada.

O livro “Materiais, luz e som: modelos e propriedades”, da editora Scipione, na página 45 ao tratar sobre o modelo atômico de Thomson, propõe uma analogia, já que o próprio “Thomson propôs, como imagem para seu modelo, um pudim de passas, sobremesa típica do Natal inglês, à época”. Os autores do livro propõem uma melancia, para servir de analogia ao modelo, dizendo que “a parte vermelha da melancia corresponderia àquilo que Thomson descreveu como a esfera contendo a carga positiva uniformemente distribuída”, enquanto as sementes da melancia seriam os elétrons incrustados nessa esfera (MORTIMER et al., 2020, p. 45). Conforme comentado na [seção 3.2](#), as analogias são um tipo de modelo de ensino que podem ser entendidas como “comparações entre dois domínios diferentes”, neste caso, se “A” é análogo de “B” implica que “A” é como se fosse “B”, ou seja, as sementes de melancia são análogas dos elétrons, desse modo as sementes são como se fossem os elétrons. Se essa analogia não for bem explicada aos alunos, pode confundi-los ainda mais, já que traz mais um aspecto, além do já proposto por Thomson a esse modelo atômico. Também é possível dizer que ao comparar o elétron com uma semente de melancia, pode atrapalhar futuramente a concepção sobre o comportamento ondulatório dessa partícula.

Outra questão pertinente a ser tratada é a falta de conexão entre os autores dos LD, uma vez que para o mesmo conteúdo é usado tipos diferentes de representações de elétron. Um exemplo disso é o conteúdo de ligações químicas. O livro “Materiais e Energia: Transformações e Conservação” da editora Scipione, página 76, usa a representação L, que nos outros livros é usada nos conteúdos de física moderna e teoria atômica, para explicar a ligação metálica. Além disso, nos outros 4 livros que abordam o assunto de ligação metálica, as representações usadas foram A, H e I, ou seja, cada editor adotou uma representação para o mesmo conteúdo. Isso é preocupante, uma vez que o aluno pode acabar se deparando com uma outra representação de elétron para o mesmo assunto, seja por ter acesso a diferentes livros ou até mesmo ao resolver exercícios propostos pelo professor, de sites da *internet* e vestibulares, e assim acabar se confundindo.

Apesar de não ser mencionado nos livros sobre o aspecto histórico referente a representação L - que demonstra a probabilidade de se encontrar o elétron em uma determinada região, essa representação foi proposta por Max Born, que usou a equação de

Schrödinger para investigar o espalhamento de partículas após sofrer uma colisão, dando origem assim à interpretação probabilística da função de onda, conforme visto na seção 3.1.

Outro ponto que merece atenção é a representação usada no livro “Ciência, tecnologia e cidadania” da editora FDT, página 146. Para explicar o experimento da dupla fenda, a representação de elétron adotada foi uma onda com bolinhas entre os picos (Quadro 1, representação N). Isso além de ser uma peculiaridade, já que as representações geralmente demonstram ou as ondas ou as bolinhas, revela uma falta de consenso entre os autores e levanta uma preocupante questão, de que modo se representa o elétron com caráter ondulatório? Seria unindo as duas representações “bolinha” e “onda”, para deixar mais visível aquilo que é de difícil imaginação por poder apresentar dois aspectos? Fica nítida a preocupação dos autores em tentar unir representações familiares dos estudantes, como é o caso da melancia ou da bolinha e uma onda, para facilitar o processo de ensino-aprendizagem. Desse modo, é necessário mais enfoque dos pesquisadores não só da área da química, mas da área de ciências da natureza e suas tecnologias para responder essas questões, e quem sabe um dia ter um padrão mais consistente sobre as representações do elétron para que assim, de fato, facilite o processo de ensino-aprendizagem e diminua o potencial de confusão entre os alunos.

Além disso, segundo Rosa (2004, p. 19) a concepção utilizada hoje em dia sobre a dualidade onda-partícula é a proposta por Niels Bohr, “de um ente que em certas condições experimentais exibe propriedades ondulatórias e, em outras experimentais, exibe propriedades corpusculares, mas que nunca exibe ambas as características ao mesmo tempo”. Sendo assim, há uma divergência no que diz respeito à representação N, visto que essa representa juntamente as ondas e as partículas. Isso pode gerar incompreensões, fazendo com que os estudantes acreditem que o elétron não só se comporte com os dois aspectos ao mesmo tempo, mas que ao final do experimento apresente esses dois aspectos.

Como já visto, as outras disciplinas da área de ciências da natureza e suas tecnologias, também usam o elétron para explicar seus fenômenos, mesmo que em menor escala, e como observado no quadro 4 são utilizadas diferentes representações. Observando isso, fica difícil imaginar que um aluno em nível de ensino médio, possa compreender que o elétron que está na física como uma partícula negativa, propagando energia através das cargas e correntes elétricas, e o elétron que está em biologia na quebra de molécula de uma etapa do

metabolismo energético, é o mesmo que está na química nas transições eletrônicas e ligações químicas.

Deve-se levar em conta também, o fator da linguagem própria da ciência, na qual muitas vezes os alunos não conseguem compreender o conteúdo, por falta de explicação ou referenciais que o ajudem a entender o que o determinado objeto significa. Dessa forma, os modelos devem ser usados como representações construídas para auxiliar no entendimento da realidade.

Chassot (1996, p. 3) ao referir-se ao elétron diz que é “difícil imaginá-lo comportando-se, ao mesmo tempo, como onda e partícula”. Assim é papel do docente articular o conceito e as representações, organizar e ordenar os conteúdos a serem explicados, para fazer com que os alunos compreendam a realidade e os fenômenos que os cercam, proporcionando a evolução das ideias dos estudantes, desenvolvendo uma capacidade de pensar criticamente, potencializando as suas diferentes faculdades cognitivas, e com isso, significar a realidade à luz da ciência. Pode-se, como já dito, começar pelo mais simples, mas omitir aquilo que se julga difícil por ser mais abstrato, não irá resolver o problema.

Quanto às coleções dos LD também é possível fazer algumas observações. Comparando as editoras umas com as outras, foi visto que algumas possuem mais tipos da mesma representação que outras, esse é o caso da editora Moderna, coleção Lopes & Rosso, na qual a representação A aparece 26 vezes, e das coleções Scipione e Ser protagonista, em que essa representação aparece apenas 3 e 7 vezes, respectivamente. Também notou-se que algumas editoras apresentam em seus livros diversas representações, enquanto outras editoras apenas algumas, como é o caso da editora Moderna, coleção Lopes & Rosso, que traz apenas 4 tipos de representações diferentes de elétron, e das coleções Multiversos e Ser Protagonista, que trazem 11 tipos de representações diferentes em seus livros. Essa quantidade de representações diferentes em uma mesma coleção pode ser um problema já que pode confundir os alunos com tantos tipos, mas ao mesmo tempo as coleções que menos trazem diferentes tipos de representação, são as coleções que não representam o elétron com o seu aspecto onda-partícula.

É notável que as representações presentes nos LD analisados apresentam limitações quanto a ausência de representações em alguns conteúdos, nesse sentido, considera-se importante os professores realizarem uma análise criteriosa nos LD escolhidos, para que então

possam adaptá-los se necessário, e assim consigam explicar os conteúdos de maneira adequada. Desse modo, faz-se necessário, que o professor busque em outras fontes, além dos livros didáticos, referências que possam facilitar o entendimento dos alunos sobre o conceito. Segundo Rosa, Ribas e Barazzutti (2012, p. 3),

Ao analisar livros didáticos é possível perceber a existência de falhas na sua composição, às vezes na forma de apresentação do conteúdo, nas atividades propostas, no desenvolvimento dos conceitos no decorrer das páginas, ou ainda de inadequação à realidade local, às práticas sociais do grupo escolar em questão. Por esse motivo destaca-se a importância de utilizar diversos livros, mas, também, variados recursos pedagógicos, para oferecer ao aluno uma vasta fonte de informações (ROSA; RIBAS; BARAZZUTTI, 2012, p. 3).

Uma maneira de usar “variados recursos pedagógicos, para oferecer ao aluno uma vasta fonte de informações”, seria relacioná-los com aspectos históricos da construção desse conhecimento. O uso de aspectos históricos, conforme já levantado em seções anteriores, é de grande valia uma vez que o professor pode tratar da história do elétron mostrando as diferenças das representações ao longo da história, e fomentando sobre o que mudou em cada uma e porque essas teorias foram aceitas. Além de ser oportuno explicar e discutir com os estudantes, que uma representação é algo distinto do seu objeto e que possui limitações.

Ademais, o uso dos aspectos históricos auxilia a desconstruir a ideia de ciência como um conhecimento acabado, definitivo e restrito a pessoas iluminadas. Ao deixar de ensinar as bases históricas e evitar as representações mais abstratas do elétron, pode-se provocar ainda mais problemas e dificuldades no processo de aprendizagem dos estudantes, pois estes, como já dito, acabam se confundindo e usando de modo equivocado as representações. Exposto isso, é demonstrado novamente a importância do professor entender a história da ciência para que não confunda seus alunos e nem explique de forma distorcida os saberes científicos que se adaptam ao contexto didático.

Em vista disso, foi observado também, os livros didáticos que evidenciam a história do elétron e foi visto que apenas os livro “Materiais, luz e som: modelos e propriedades”, da editora Scipione, na página 44, traz uma breve história sobre as partículas com carga negativa, e explica o experimento dos “Raios catódicos: a descoberta dos elétrons”, citado na seção 3.1 deste trabalho. Outros livros que trazem brevemente um contexto histórico, são os livros “Composição e estrutura dos corpos”, da coleção Ser protagonista, também na página 44 e

“Materiais, luz e som: modelos e propriedades” da editora Scipione na página 115. Esses LDs apresentam o experimento de Young que demonstrou o fenômeno ondulatório da luz, e cita que um experimento semelhante com somente um feixe de elétrons foi realizado quatro anos depois da proposição formulada por De Broglie, pelos cientistas Davisson e Germer, e assim foram obtidos os mesmos padrões de interferência. Essas representações, codificadas como O no quadro 1, vão ao encontro da hipótese de De Broglie, apresentada no início deste trabalho. Como já dito, De Broglie influenciou Schrödinger a escrever a equação de propagação das ondas de matéria, e assim eliminou o conceito de trajetória da partícula ao descrever seu movimento utilizando ondas contínuas. “Para explicar os fenômenos ondulatórios que ocorrem com as partículas materiais, tais como interferência e difração, seria necessário considerar uma onda se propagando no espaço tridimensional” (DE BROGLIE, 1960 apud SANTOS, 2011, p. 84). Desse modo, é ratificada a importância de que os livros tragam esses aspectos históricos, já que o LD é um dos principais recursos utilizados pelos professores de educação básica no planejamento de suas aulas. De acordo com Brasil (1998, p. 67):

O livro didático é um material de forte influência na prática de ensino brasileira. É preciso que os professores estejam atentos à qualidade, à coerência e a eventuais restrições que apresentem em relação aos objetivos educacionais propostos. Além disso, é importante considerar que o livro didático não deve ser o único material a ser utilizado, pois a variedade de fontes de informação é que contribuirá para o aluno ter uma visão ampla do conhecimento. (BRASIL, 1998, p. 67).

Segurando aquilo que foi dito anteriormente, o LD apesar de influente e de ser um recurso pedagógico fortemente utilizado pelos professores, não deve ser o único material utilizado, já que pode privar os alunos de terem uma visão mais ampla do conhecimento. De acordo com Matias (2018), o livro didático é um recurso muito importante para a aprendizagem, desde que seja utilizado como suporte para ajudar no crescimento intelectual dos alunos, facilitando a transposição didática do conteúdo por parte do professor.

Condizente com aquilo que foi analisado, pode-se fazer algumas considerações a respeito das potencialidades dos livros didáticos. Os livros didáticos que parecem ser os mais completos no sentido de conteúdos que abranjam o uso do elétron e mostre também seu caráter ondulatório com maior frequência, são os livros da editora Scipione. Para Rosa, Ribas e Barazzutti (2012, p. 9):

Analisar um livro antes de utilizá-lo é de suma importância, pois se pode perceber qual a intenção da aplicação de referidos exercícios, ou verificar se o objetivo a alcançar na explicação de determinado conceito vai ser efetivado, não fugindo do objetivo que o professor traçou no início do plano de atividades. Além disso, é necessário verificar se a linguagem utilizada no livro é clara, e está coerente com a faixa etária a que se destina o trabalho em sala de aula, para a partir disso desenvolver uma atividade com bom aproveitamento, e assim auxiliar na aprendizagem da turma, facilitando o processo de ensino. (ROSA; RIBAS; BARAZZUTTI, 2012, p. 9).

Dessa forma, é condizente dizer que há variados tipos de representações para o elétron e que isso pode gerar uma enorme confusão no processo de ensino-aprendizagem. Isso porque além de existir uma falta de consenso entre os autores dos LD - tanto por usarem representações variadas para um mesmo conteúdo, como por unirem diferentes representações, existe um esvaziamento de informações nos conteúdos, como é o caso da omissão do modelo onda-partícula e de aspectos históricos.

De fato, é difícil para um aluno em nível de ensino médio imaginar que as diversas representações referem-se ao mesmo objeto e ainda significam o mesmo conceito nas diferentes disciplinas. Assim, cabe ao professor articular essas informações e adaptar os LD utilizados para cumprir os objetivos propostos no plano de aula, superando as definições prontas e fazendo com que os alunos compreendam os conteúdos de forma adequada, uma vez que o uso de aspectos históricos e abstratos, e o modelo onda-partícula favorecem a construção desse conhecimento e servem de referenciais para que os estudantes construam modelos explicativos do mundo submicroscópico (DRIVER et al., 1999 apud SANTANA; SARAMENTO; WARTHA, 2011). Esses problemas elencados demonstram a necessidade de se ter um padrão mais consistente sobre as representações do elétron.

Para Gomes e Pietrocola (2011, p. 2), o consenso existente nos livros didáticos não assegura considerá-los como fiéis representantes da área de pesquisa a qual se referem, pois apesar de se manterem próximos ao contexto original da ciência, “são produções didáticas inseridas num projeto educacional específico”. A isso pode-se chamar de transposição didática, uma vez que ao conhecimento científico, se acrescentam certas características didáticas e necessidades próprias do sistema de ensino. Sendo assim, é possível dizer que mesmo alguns LD utilizarem várias vezes a mesma representação para um determinado conteúdo, como é o caso da representação A (quadro 3), não quer dizer que essa seja a representação usada na sua própria área de pesquisa.

Um dos problemas dessa transposição didática, segundo Lopes (1997), é que se retira do conceito científico a sua historicidade e sua problemática, além disso, existe um didatismo que “considera necessário chegar ao abstrato a partir do concreto, a fim de se tornar um conceito assimilável” (LOPES, 1997, p. 564). A autora ainda cita que para facilitar o processo de ensino-aprendizagem é usada a linguagem não formal, por parte dos professores e LDs, constituindo então novas formas de abordagem de conceitos científicos. Essa problemática referente a transposição didática pode ser vista claramente nesta análise dos livros, pois como já comentado, há pouquíssimas representações que sejam mais abstratas e apenas duas vezes é citado, mas não explanado, a história por trás de certos conceitos. Assim, é importante que o professor tenha fundamentos da história da ciência, nesse caso da história do elétron, para embasar os conceitos científicos e explicar os fatos a seus alunos, fazendo assim a transposição didática. Já os livros didáticos, por sua vez, são falhos nesse ponto de vista, pois deveriam vir de auxílio ao processo de ensino-aprendizagem, e apresentar aspectos históricos, para a construção desse conhecimento.

O realismo abordado na seção 3.2, é para Medeiros e Medeiros (2011, p. 5), “afirmar que a realidade existe independentemente de ser percebida ou compreendida por nós”, assumindo a primazia da existência do mundo, e admitindo que as descrições da ciência são apenas construções metafóricas da mesma. Sendo assim, corrobora para o que foi explanado aqui nesta seção, já que essa concepção ajuda na compreensão do que é uma representação e fundamenta a existência do elétron. Logo, uma das atribuições do professor é usar os modelos como representações construídas para auxiliar no entendimento da realidade, e enfatizar que o “modelo não é a cópia da realidade e sim apenas uma representação” (MORTIMER, 2002 apud SANTANA; SARAMENTO; WARTHA, 2011, p. 199), mostrando aos estudantes a linguagem científica e fomentando questões com o intuito de mostrar que as representações são limitadas e que a teoria e a representação, se tratam de coisas diferentes, mas uma pode potencializar a outra.

## 6 CONCLUSÃO

A partir do estudo realizado, foi possível analisar de forma quantitativa e reflexiva as representações de elétron empregadas nos livros didáticos de ciências da natureza e suas tecnologias do PNLD 2021, e elaborar considerações sobre possíveis potencialidades e limites das representações nos processos de ensino-aprendizagem.

Além disso foi possível estabelecer alguns paralelos entre essas representações do elétron com aspectos históricos da construção desse conhecimento, demonstrando a importância da história da ciência, tanto na formação de professores, como na construção de conhecimento dos alunos.

Também foram correlacionados os aspectos abstratos com as representações de elétrons, uma vez que foi observado que os LDs evitam o uso de representações que abordam a dualidade onda-partícula. Embora se reconheça a dificuldade de compreender e representar essa característica do elétron, entende-se que sua eliminação pode se tornar um grave problema educacional. Compreende-se assim que é papel do professor articular o conceito abstrato com as representações, fazendo com que os alunos compreendam a realidade que os cerca à luz da ciência. Portanto, é adequado começar pelos conceitos mais simples, como nesse caso, o aspecto corpuscular do elétron, mas deve-se seguir a explicação até o modelo que representa a sua dualidade onda-partícula.

Os livros didáticos que, por sua vez, deveriam auxiliar o processo de ensino-aprendizagem e trazer elementos para otimizar o ensino, por vezes são limitados e não cumprem com sua função. Sendo assim, também é possível realizar algumas considerações a respeito dos livros didáticos do PNLD 2021, no quesito de conteúdos que abranjam o elétron. Foi possível perceber que esses livros trazem pouca ou nenhuma contextualização histórica, tornando necessário que o professor busque em outras fontes, referências que o auxiliem nessa explicação, seja para complementar suas aulas - como é o caso de aspectos históricos, ou para suprir aquilo que o LD não aborda, como é o caso de representações mais abstratas, como o modelo onda-partícula.

Outra questão pertinente observada, é a falta de conexão entre os autores dos LDs, uma vez que para o mesmo conteúdo são usados diferentes tipos de representações de elétron. Isso é preocupante, dado que o aluno pode acabar se deparando com outras representações de

elétron para o mesmo assunto ainda não explicadas, ou que não são usadas por seu LD ou professor e assim se confundir, prejudicando então sua aprendizagem.

Desse modo, pela diversidade de assuntos que os elétrons permeiam, é possível dizer que ele é imprescindível para a compreensão de diversos conceitos não só químicos, mas físicos e biológicos. Dessarte, a preocupação com a forma que o elétron é transposto a fins didáticos fica evidente, pois influencia diretamente vários conceitos da área de ciências da natureza e suas tecnologias, e por isso deveria receber mais atenção e não ser apresentado como uma representação acabada, ou até mesmo omitido o seu comportamento onda-partícula. Sendo assim é notória a ausência de elementos que definam a escolha de representações para certos conteúdos e é necessário mais enfoque dos pesquisadores não só da área da química, mas da área de ciências da natureza e suas tecnologias para solucionar essas questões e quem sabe um dia contar com regras sobre as representações do elétron para que assim, de fato, facilite o processo de ensino-aprendizagem e não mais confunda os alunos.

## REFERÊNCIAS

AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues; FERRARO, Nicolau Gilberto; PENTEADO, Paulo Cesar Martins. **Moderna Plus – Ciências da Natureza e suas Tecnologias**: Água e vida. São Paulo: Moderna, 2020. 264 p. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/0028993276204e278c17c>. Acesso em: 01 fev. 2022.

AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues; FERRARO, Nicolau Gilberto; PENTEADO, Paulo Cesar Martins. **Moderna Plus – Ciências da Natureza e suas Tecnologias**: Ciência e tecnologia. São Paulo: Moderna, 2020. 256 p. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/0028993271613bea7aa23>. Acesso em: 01 fev. 2022.

AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues; FERRARO, Nicolau Gilberto; PENTEADO, Paulo Cesar Martins. **Moderna Plus – Ciências da Natureza e suas Tecnologias**: Humanidade e ambiente. São Paulo: Moderna, 2020. 240 p. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/002899327e14926bd11b1>. Acesso em: 01 fev. 2022.

AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues; FERRARO, Nicolau Gilberto; PENTEADO, Paulo Cesar Martins. **Moderna Plus – Ciências da Natureza e suas Tecnologias**: Matéria e energia. São Paulo: Moderna, 2020. 264 p. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/00289932733517a400b77>. Acesso em: 01 fev. 2022.

AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues; FERRARO, Nicolau Gilberto; PENTEADO, Paulo Cesar Martins. **Moderna Plus – Ciências da Natureza e suas Tecnologias**: o conhecimento científico. São Paulo: Moderna, 2020. 264 p. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/002899327445517f5ac74>. Acesso em: 01 fev. 2022.

AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues; FERRARO, Nicolau Gilberto; PENTEADO, Paulo Cesar Martins. **Moderna Plus – Ciências da Natureza e suas Tecnologias**: Universo e evolução. São Paulo: Moderna, 2020. 256 p. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/0028993271550b058a42c>. Acesso em: 01 fev. 2022.

ARAÚJO, Angélica Oliveira de; MORTIMER, Eduardo Fleury. O Perfil Conceitual de Calor e sua utilização em comunidades situadas. In: X ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10., 2015, Águas de Lindóia, Sp. **Anais [...]**. Águas de Lindóia, Sp: X Enpec, 2015. p. 1-8. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/resumos/R1761-1.PDF>. Acesso em: 15 ago. 2021.

ARAÚJO, Gabriela da Silva; NUNES, Maria Eugênia Silva. **Material Didático Sobre Dualidade Onda-partícula**. 2018. Elaborado no Mestrado Profissional em Ensino de Ciências. Disponível em: [https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/10738/2/PRODUTO\\_EnsinoDualidadeOnda.pdf](https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/10738/2/PRODUTO_EnsinoDualidadeOnda.pdf). Acesso em: 15 set. 2021.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1979. Disponível em: <https://ia802902.us.archive.org/8/items/bardin-laurence-analise-de-conteudo/bardin-laurence-analise-de-conteudo.pdf>. Acesso em: 19 set. 2021.

BRASIL. Diário oficial da união. **Secretaria de Educação Básica**. Portaria nº 68, de 02 de junho de 2021. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/fnde/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/programas/programas-do-livro/pnld/portaria68resultadofinalavaliaopedagogicapnld2021.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_-versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal_site.pdf). Acesso em: 18 ago. 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **PNLD**. 2018. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/busca-geral/318-programas-e-acoes-1921564125/pnld-439702797/12391-pnld>. Acesso em: 17 set. 2021.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: Introdução. Secretaria de Educação Fundamental, Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 1997. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2022.

CAMARGO, Luana Carol de; ASQUEL, Sara de Simas; OLIVEIRA, Brenno Ralf Maciel. Problematizando o ensino de modelos atômicos: uma exploração sobre as representações e o uso de um jogo didático. **Actio: Docência em Ciências**, [S.L.], v. 3, n. 3, p. 197, 20 nov. 2018. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). <http://dx.doi.org/10.3895/actio.v3n3.7998>.

CHASSOT, Attico. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, [s. l], n. 22, p. 89-100, jan. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbedu/a/gZX6NW4YCy6fCWFQdWJ3KJh/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 14 ago. 2021.

CHASSOT, Attico. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, [s. l], n. 22, p. 89-100, jan. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbedu/a/gZX6NW4YCy6fCWFQdWJ3KJh/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 14 ago. 2021.

CHASSOT, Attico. Sobre prováveis modelos de átomos. **Química Nova na Escola**, [s. l], n. 3, p. 3, maio 1996. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc03/ensino.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2021.

COSTA, Davi B. **Nova solução matemática ajuda a desenvolver teorias de partículas**. 2019. Elaborada pela Sociedade Brasileira de Física. Disponível em:

<http://www.sbfisica.org.br/v1/home/index.php/pt/destaque-em-fisica/988-nova-solucao-matematica-ajuda-a-desenvolver-teorias-de-particulas>. Acesso em: 13 ago. 2021.

COSTA, R. G; PASSERINO, L. M; ZARO, M.A. **Fundamentos teóricos do processo de formação de conceitos e suas implicações para o ensino e aprendizagem de química**. Rev. ensaio, v. 14, n.1, p. 271-281, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/njRjwDtmfq89cHGn45zMGYQ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 18 ago. 2021.

DAMASCENO, Herbert Costa; WARTHA, Edson José; BRITO, Márcia Soares. Conteúdos e programas de química no Ensino Médio: o que realmente se ensina nas escolas. In: XIV ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA (XIV ENEQ), 14., 2008, Curitiba. **Anais [...]**. [S. L.]: Ufpr, 2008. p. 1-10. Disponível em: <http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0623-2.pdf>. Acesso em: 17 set. 2021.

DELIZOICOV, Nadir Castilho. **O professor de ciências naturais e o livro didático**. 1995. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Educação, Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995. Cap. 5. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/76326>. Acesso em: 17 set. 2021.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J; MORTIMER, E. e SCOTT, P. Construindo conhecimento científico na sala de aula. **Química Nova na Escola**, n. 9, p. 31-37, maio 1999. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc09/aluno.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2021.

EICHLER, M. **Os modelos abstratos na apreensão da realidade química**. Investigación educativa, p. 61 - 71, 2001. Disponível em: [http://www.iq.ufrgs.br/aeq/producao/xlr/Educ\\_Quim.pdf](http://www.iq.ufrgs.br/aeq/producao/xlr/Educ_Quim.pdf). Acesso em: 18 ago. 2021.

GIORDAN, Marcelo. Introdução à Representação Estrutural em Química. **Química Nova na Escola**, [s. l], n. 7, p. 3, dez. 2007. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/07/a02.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2021.

GODOY, Leandro; DELL'AGNOLO, Rosana Maria; MELO, Wolney Candido de. Multiversos Ciências da Natureza: **Ciência, Sociedade e Ambiente**. São Paulo: Fdt, 2020. 288 p. Disponível em: <https://pnld.ftd.com.br/ensino-medio/ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias/multiversos-ciencias-da-natureza/>. Acesso em: 19 jul. 2021.

GODOY, Leandro; DELL'AGNOLO, Rosana Maria; MELO, Wolney Candido de. Multiversos Ciências da Natureza: **Ciência, Tecnologia e Cidadania**. São Paulo: Fdt, 2020. 288 p. Disponível em: <https://pnld.ftd.com.br/ensino-medio/ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias/multiversos-ciencias-da-natureza/>. Acesso em: 19 jul. 2021.

GODOY, Leandro; DELL'AGNOLO, Rosana Maria; MELO, Wolney Candido de. Multiversos Ciências da Natureza: **Eletricidade na Sociedade e na Vida**. São Paulo: Fdt,

2020. 288 p. Disponível em:  
<https://pnld.ftd.com.br/ensino-medio/ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias/multiversos-ciencias-da-natureza/>. Acesso em: 19 jul. 2021.

GODOY, Leandro; DELL'AGNOLO, Rosana Maria; MELO, Wolney Candido de. Multiversos Ciências da Natureza: **Matéria, Energia e a Vida**. São Paulo: Fdt, 2020. 288 p. Disponível em:  
<https://pnld.ftd.com.br/ensino-medio/ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias/multiversos-ciencias-da-natureza/>. Acesso em: 19 jul. 2021.

GODOY, Leandro; DELL'AGNOLO, Rosana Maria; MELO, Wolney Candido de. Multiversos Ciências da Natureza: **Movimentos E Equilíbrio Na Natureza**. São Paulo: Fdt, 2020. 288 p. Disponível em:  
<https://pnld.ftd.com.br/ensino-medio/ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias/multiversos-ciencias-da-natureza/>. Acesso em: 19 jul. 2021.

GODOY, Leandro; DELL'AGNOLO, Rosana Maria; MELO, Wolney Candido de. Multiversos Ciências da Natureza: **Origens**. São Paulo: Fdt, 2020. 288 p. Disponível em:  
<https://pnld.ftd.com.br/ensino-medio/ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias/multiversos-ciencias-da-natureza/>. Acesso em: 19 jul. 2021.

GOMES, Gerson G.; PIETROCOLA, Maurício. O experimento de Stern-Gerlach e o spin do elétron: um exemplo de quasi-história. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Brasil, v. 33, n. 2, p. 1-11, 12 jul. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-11172011000200019>.

GREGORIM, Clóvis Osvaldo; MARTINELLI, Creud Pereira Santos; NEIVA, Edméa Garcia; CARVALHO, Sandra Helena Terciotti; VIARO, Mário Eduardo. **Michaelis**: dicionário prático de língua portuguesa. 2. ed. São Paulo: Melhoramentos, 2009. 952 p.

JJ Thomson MAFRS (1897) XL. **Cathode Rays**, The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, 44: 269, 293-316, DOI: 10.1080/14786449708621070. Acesso em: 13 ago. 2021.

JOFFILY, Sérgio. A descoberta do elétron. In: CARUSO, Francisco et al. **Partículas Elementares**: 100 anos de descobertas. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2005. Cap. 3, 321 p.

LEAL, Murilo Cruz. Como a Química funciona: reflexões epistemológicas e a determinação de fórmulas e pesos atômicos a partir das leis ponderais e da teoria atômica de Dalton. **Química Nova na Escola**, [s. l], n. 14, p. 8-12, nov. 2001. Disponível em:  
<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc14/v14a02.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2021.

LOPES, Alice Ribeiro Casimiro. Conhecimento escolar em química: processo de mediação didática da ciência. **Química Nova**, [S.L.], v. 20, n. 5, p. 563-568, out. 1997. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40421997000500020>.

M. A. Aegerter, M. Siu Li, C. E. Munte, R. A. Carvalho, e A. R. Zanatta. **Razão carga-massa q/m**. 2013. Elaborado pelos professores do Instituto de física de São Carlos. Disponível em: [https://www.ifsc.usp.br/~lavfis/images/BDapostilas/Apem/Razaoem\\_1.pdf](https://www.ifsc.usp.br/~lavfis/images/BDapostilas/Apem/Razaoem_1.pdf). Acesso em: 13 ago. 2021.

MAIA, Juliana de Oliveira; SÁ, Luciana Passos; MASSENA, Elisa Prestes; WARTHA, Edson José. O Livro Didático de Química nas Concepções de Professores do Ensino Médio da Região Sul da Bahia. **Química Nova na Escola**, [s. l.], v. 33, n. 2, p. 115-124, 03 maio 2011. Disponível em: [http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc33\\_2/07-PE7110.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc33_2/07-PE7110.pdf). Acesso em: 17 set. 2021.

MATIAS, Rodrigo Silva. **CONCEPÇÕES DOS PROFESSORES DE QUÍMICA DE BARRA DE SANTA ROSA (PB) SOBRE A ESCOLHA E UTILIZAÇÃO DO LIVRO DIDÁTICO**. 2018. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Química, Centro de Educação e Saúde, Universidade Federal de Campina Grande, Cuité, 2018. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/6368/1/RODRIGO%20SILVA%20MATIAS%20-%20TCC%20QU%20C3%8DMICA%202018.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2022.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. Questões epistemológicas nas iconicidades de representações visuais em livros didáticos de física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], v. 1, n. 1, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4188>. Acesso em: 11 mar. 2022.

MOREIRA, Ildeu de Castro. **Conferência Nobel de Thomson sobre a Descoberta do Elétron - Tradução e notas**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 19, n. 3, p. 299-307, 1997. Disponível em: [http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v19\\_299.pdf](http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v19_299.pdf). Acesso em: 13 ago. 2021.

MOREIRA, Marco Antonio. A física dos quarks e a epistemologia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [S.L.], v. 29, n. 2, p. 161-173, 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-11172007000200001>.

MOREIRA, Marco Antonio. O Modelo Padrão da Física de Partículas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Porto Alegre, v. 31, n. 11306, p. 1-11, 30 abr. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/sMFh5cP7J9S8RzcXGsmV3fR/?lang=pt>. Acesso em: 13 ago. 2021.

MORTIMER, Eduardo; MATEUS, Alfredo; PIMENTA, Marcos; MACHADO, Andréa Horta. Matéria, energia e vida: uma abordagem interdisciplinar: **Desafios Contemporâneos das Juventudes**. São Paulo: Editora Scipione, 2020. 272 p. Disponível em: [https://saber.com.br/obras/Aplicacoes/Edocente/plugins/pdfjs-sem-download-e-print/web/viewer.html?file=https://saber.com.br/obras/PNLD/PNLD\\_2021\\_OBJETIVO\\_2/Obra-4b1f7844-0787-4959-be62-e3ea1329ea42/4b1f7844-0787-4959-be62-e3ea1329ea42.pdf](https://saber.com.br/obras/Aplicacoes/Edocente/plugins/pdfjs-sem-download-e-print/web/viewer.html?file=https://saber.com.br/obras/PNLD/PNLD_2021_OBJETIVO_2/Obra-4b1f7844-0787-4959-be62-e3ea1329ea42/4b1f7844-0787-4959-be62-e3ea1329ea42.pdf). Acesso em: 24 jan. 2022.

MORTIMER, Eduardo; MATEUS, Alfredo; PIMENTA, Marcos; MACHADO, Andréa Horta. Matéria, energia e vida: uma abordagem interdisciplinar: **Evolução, Biodiversidade e**

**Sustentabilidade.** São Paulo: Editora Scipione, 2020. 280 p. Disponível em: [https://saber.com.br/obras/Aplicacoes/Edocente/plugins/pdfjs-sem-download-e-print/web/viewer.html?file=https://saber.com.br/obras/PNLD/PNLD\\_2021\\_OBJETIVO\\_2/Obra-773c607b-e4c8-48de-9a04-d8e6c7b5d992/773c607b-e4c8-48de-9a04-d8e6c7b5d992.pdf](https://saber.com.br/obras/Aplicacoes/Edocente/plugins/pdfjs-sem-download-e-print/web/viewer.html?file=https://saber.com.br/obras/PNLD/PNLD_2021_OBJETIVO_2/Obra-773c607b-e4c8-48de-9a04-d8e6c7b5d992/773c607b-e4c8-48de-9a04-d8e6c7b5d992.pdf). Acesso em: 24 jan. 2022.

MORTIMER, Eduardo; MATEUS, Alfredo; PIMENTA, Marcos; MACHADO, Andréa Horta. **Matéria, energia e vida: uma abordagem interdisciplinar: Materiais e Energia: Transformações e Conservação.** São Paulo: Editora Scipione, 2020. 280 p. Disponível em: [https://saber.com.br/obras/Aplicacoes/Edocente/plugins/pdfjs-sem-download-e-print/web/viewer.html?file=https://saber.com.br/obras/PNLD/PNLD\\_2021\\_OBJETIVO\\_2/Obra-4f6a6600-d765-47b0-a2f4-5d0abc0e13c5/4f6a6600-d765-47b0-a2f4-5d0abc0e13c5.pdf](https://saber.com.br/obras/Aplicacoes/Edocente/plugins/pdfjs-sem-download-e-print/web/viewer.html?file=https://saber.com.br/obras/PNLD/PNLD_2021_OBJETIVO_2/Obra-4f6a6600-d765-47b0-a2f4-5d0abc0e13c5/4f6a6600-d765-47b0-a2f4-5d0abc0e13c5.pdf). Acesso em: 24 jan. 2022.

MORTIMER, Eduardo; MATEUS, Alfredo; PIMENTA, Marcos; MACHADO, Andréa Horta. **Matéria, energia e vida: uma abordagem interdisciplinar: Materiais, Luz e Som: Modelos e Propriedades.** São Paulo: Editora Scipione, 2020. 288 p. Disponível em: [https://saber.com.br/obras/Aplicacoes/Edocente/plugins/pdfjs-sem-download-e-print/web/viewer.html?file=https://saber.com.br/obras/PNLD/PNLD\\_2021\\_OBJETIVO\\_2/Obra-c39bcd19-ebb2-4943-8d76-4d04fbb96f62/c39bcd19-ebb2-4943-8d76-4d04fbb96f62.pdf](https://saber.com.br/obras/Aplicacoes/Edocente/plugins/pdfjs-sem-download-e-print/web/viewer.html?file=https://saber.com.br/obras/PNLD/PNLD_2021_OBJETIVO_2/Obra-c39bcd19-ebb2-4943-8d76-4d04fbb96f62/c39bcd19-ebb2-4943-8d76-4d04fbb96f62.pdf). Acesso em: 24 jan. 2022.

MORTIMER, Eduardo; MATEUS, Alfredo; PIMENTA, Marcos; MACHADO, Andréa Horta. **Matéria, energia e vida: uma abordagem interdisciplinar: O Mundo Atual: Questões Sociocientíficas.** São Paulo: Editora Scipione, 2020. 288 p. Disponível em: [https://saber.com.br/obras/Aplicacoes/Edocente/plugins/pdfjs-sem-download-e-print/web/viewer.html?file=https://saber.com.br/obras/PNLD/PNLD\\_2021\\_OBJETIVO\\_2/Obra-850ea517-ef02-4214-b200-1af261370d14/850ea517-ef02-4214-b200-1af261370d14.pdf](https://saber.com.br/obras/Aplicacoes/Edocente/plugins/pdfjs-sem-download-e-print/web/viewer.html?file=https://saber.com.br/obras/PNLD/PNLD_2021_OBJETIVO_2/Obra-850ea517-ef02-4214-b200-1af261370d14/850ea517-ef02-4214-b200-1af261370d14.pdf). Acesso em: 24 jan. 2022.

MORTIMER, Eduardo; MATEUS, Alfredo; PIMENTA, Marcos; MACHADO, Andréa Horta. **Matéria, energia e vida: uma abordagem interdisciplinar: Origens: O Universo, a Terra e a Vida.** São Paulo: Editora Scipione, 2020. 272 p. Disponível em: [https://saber.com.br/obras/Aplicacoes/Edocente/plugins/pdfjs-sem-download-e-print/web/viewer.html?file=https://saber.com.br/obras/PNLD/PNLD\\_2021\\_OBJETIVO\\_2/Obra-ed511661-7c55-4f85-998d-6ace6fc0a060/ed511661-7c55-4f85-998d-6ace6fc0a060.pdf](https://saber.com.br/obras/Aplicacoes/Edocente/plugins/pdfjs-sem-download-e-print/web/viewer.html?file=https://saber.com.br/obras/PNLD/PNLD_2021_OBJETIVO_2/Obra-ed511661-7c55-4f85-998d-6ace6fc0a060/ed511661-7c55-4f85-998d-6ace6fc0a060.pdf). Acesso em: 24 jan. 2022.

NOBEL PRIZE.ORG. **George Paget Thomson:** biográfico. 2021. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1937/thomson/biographical/>. Acesso em: 13 ago. 2021.

NOBEL PRIZE.ORG. **Louis de Broglie: Fatos.** 2021. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1929/broglie/facts/>. Acesso em: 13 ago. 2021.

NOBEL PRIZE.ORG. **O Prêmio Nobel de Física 1906.** 2021. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1906/summary/>. Acesso em: 15 ago. 2021.

NOBEL PRIZE.ORG. **O Prêmio Nobel de Física 1937**. 2021. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1937/summary/>. Acesso em: 15 ago. 2021.

PESSOA JÚNIOR, Osvaldo. A representação pictórica de entidades quânticas da Química. **Química Nova na Escola**, [s. l], n. 7, p. 25-33, 18 out. 2007. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola. Disponível em: <http://qnesc.s bq.org.br/online/cadernos/07/a05.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2021.

ROSA, Carine Pedroso da; RIBAS, Lizemara Costa; BARAZZUTTI, Milene. ANÁLISE DE LIVROS DIDÁTICOS. In: III ESCOLA DE INVERNO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E I ENCONTRO NACIONAL PIBID - MATEMÁTICA, Não use números Romanos ou letras, use somente números Arábicos., 2012, [S. L.]. **Anais [...]** . [S. L.]: III Eiemat, 2012. p. 1-9. Disponível em: [http://w3.ufsm.br/ceem/eiemat/Anais/arquivos/RE/RE\\_2\\_Rosa\\_Carine\\_Pedroso.pdf](http://w3.ufsm.br/ceem/eiemat/Anais/arquivos/RE/RE_2_Rosa_Carine_Pedroso.pdf). Acesso em: 04 mar. 2022.

ROSA, Pedro Sérgio. **Louis de Broglie e as ondas de matéria**. 2004. 200 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Física, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004. Disponível em: <http://www.ghtc.usp.br/server/Teses/Pedro-Sergio-Rosa.pdf>. Acesso em: 15 set. 2021.

ROSSO, Sergio; LOPES, Sônia. **Ciências da Natureza – Lopes & Rosso: Água, Agricultura e Uso da terra**. São Paulo: Moderna, 2020. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/002899327935240d5011a>. Acesso em: 08 fev. 2022.

ROSSO, Sergio; LOPES, Sônia. **Ciências da Natureza – Lopes & Rosso: Corpo humano e Vida saudável**. São Paulo: Moderna, 2020. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/00289932709c3ce561902>. Acesso em: 08 fev. 2022.

ROSSO, Sergio; LOPES, Sônia. **Ciências da Natureza – Lopes & Rosso: Energia e Consumo sustentável**. São Paulo: Moderna, 2020. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/002899327b0050269e3f2>. Acesso em: 08 fev. 2022.

ROSSO, Sergio; LOPES, Sônia. **Ciências da Natureza – Lopes & Rosso: evolução e universo**. São Paulo: Moderna, 2020. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/002899327e72947713f82>. Acesso em: 08 fev. 2022.

ROSSO, Sergio; LOPES, Sônia. **Ciências da Natureza – Lopes & Rosso: Mundo tecnológico e Ciências aplicadas**. São Paulo: Moderna, 2020. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/002899327e24102f0cf85>. Acesso em: 08 fev. 2022.

ROSSO, Sergio; LOPES, Sônia. **Ciências da Natureza – Lopes & Rosso: Poluição e Movimento**. São Paulo: Moderna, 2020. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/0028993277833289063b7>. Acesso em: 08 fev. 2022.

ROTTAVA, Lucia; SANTOS, Sulany Silveira dos. Os efeitos de construções metafóricas em textos produzidos em contexto acadêmico. **Delta: Documentação de Estudos em Linguística Teórica e Aplicada**, [S.L.], v. 34, n. 1, p. 55-79, mar. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0102-445085262849162431>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/delta/a/GK8DGVrBGPLWjmRfpDzbySf/?lang=pt>. Acesso em: 11 mar. 2022.

SANTOS, Hélio F. dos. O conceito da modelagem molecular. **Química Nova na Escola**, [s.l.], n. 4, p. 4-5, maio 2001. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/04/modelag.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2021.

SANTOS, Kelly Cristina dos (ed.). **Diálogo – Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Energia e sociedade: uma reflexão necessária**. São Paulo: 1, 2020. 264 p. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/0028993270c1db99bfd91>. Acesso em: 07 fev. 2022.

SANTOS, Kelly Cristina dos (ed.). **Diálogo – Ciências da Natureza e suas Tecnologias: o universo da ciência e a ciência do universo**. São Paulo: 1, 2020. 272 p. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/00289932771dccaad44e4>. Acesso em: 07 fev. 2022.

SANTOS, Kelly Cristina dos (ed.). **Diálogo – Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Ser humano e meio ambiente: relações e consequências**. São Paulo: 1, 2020. 264 p. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/002899327be461b643bbf>. Acesso em: 07 fev. 2022.

SANTOS, Kelly Cristina dos (ed.). **Diálogo – Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Ser humano: origem e funcionamento**. São Paulo: 1, 2020. 264 p. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/002899327d7748f0cff8c>. Acesso em: 07 fev. 2022.

SANTOS, Kelly Cristina dos (ed.). **Diálogo – Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Terra: um sistema dinâmico de matéria e energia**. São Paulo: 1, 2020. 272 p. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/002899327df9265925202>. Acesso em: 07 fev. 2022.

SANTOS, Kelly Cristina dos (ed.). **Diálogo – Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Vida na Terra: como é possível?**. São Paulo: 1, 2020. 288 p. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/002899327ddf3963987ed>. Acesso em: 07 fev. 2022.

SANTOS, Paulo Vicente Moreira dos. O itinerário científico de Louis de Broglie em busca de uma interpretação causal para a mecânica ondulatória. In: FREIRE JÚNIOR, Olival; PESSOA JÚNIOR, Osvaldo; BROMBERG, Joan Lisa. **Teoria quântica: estudos históricos e implicações culturais**. Campina Grande: Editora da Universidade Estadual da Paraíba (Edupeb), 2011. p. 456. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/xwhf5/pdf/freire-9788578791261-05.pdf>. Acesso em: 15 set. 2021.

THOMPSON, Miguel; RIOS, Eloci Peres; SPINELLI, Walter; REIS, Hugo. **Conexões – Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Conservação e transformação**. São Paulo: Moderna, 2020. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/002899327c90c2fd76016>. Acesso em: 07 fev. 2022.

THOMPSON, Miguel; RIOS, Eloci Peres; SPINELLI, Walter; REIS, Hugo. **Conexões – Ciências da Natureza e suas Tecnologias**: Energia e ambiente. São Paulo: Moderna, 2020. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/00289932790e644d06c24>. Acesso em: 07 fev. 2022.

THOMPSON, Miguel; RIOS, Eloci Peres; SPINELLI, Walter; REIS, Hugo. **Conexões – Ciências da Natureza e suas Tecnologias**: matéria e energia. São Paulo: Moderna, 2020. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/00289932795e921879f04>. Acesso em: 07 fev. 2022.

THOMPSON, Miguel; RIOS, Eloci Peres; SPINELLI, Walter; REIS, Hugo. **Conexões – Ciências da Natureza e suas Tecnologias**: Saúde e tecnologia. São Paulo: Moderna, 2020. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/002899327e3de3b756ce0>. Acesso em: 07 fev. 2022.

THOMPSON, Miguel; RIOS, Eloci Peres; SPINELLI, Walter; REIS, Hugo. **Conexões – Ciências da Natureza e suas Tecnologias**: Terra e equilíbrios. São Paulo: Moderna, 2020. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/0028993275124c8b93fa9>. Acesso em: 07 fev. 2022.

THOMPSON, Miguel; RIOS, Eloci Peres; SPINELLI, Walter; REIS, Hugo. **Conexões – Ciências da Natureza e suas Tecnologias**: Universo, materiais e evolução. São Paulo: Moderna, 2020. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/002899327465a20e8d3fa>. Acesso em: 07 fev. 2022.

VIEIRA, Cássio Leite. **O século do elétron**. 2016. Disponível em: <https://super.abril.com.br/ciencia/o-seculo-do-eletron/>. Acesso em: 13 ago. 2021.

ZAMBONI, André; BEZERRA, Lia Monguilhott. **Ser Protagonista Ciências da Natureza e suas Tecnologias**: Ambiente e Ser Humano. São Paulo: Sm Educação, 2020. Disponível em: [https://pnld.smeducacao.com.br/LivrosObjeto2/AreasDoConhecimento/Cole%C3%A7%C3%A3o%20Ser%20Protagonista/Cole%C3%A7%C3%B5es%20com%206%20volumes%20\\_%20PNLD%202021%20-%20Objeto%20/Ci%C3%A2ncias%20da%20Natureza%20e%20Suas%20Tecnologias%20%20\\_%20PNLD%202021%20-%20Objeto%20II%20\\_%20SM%20Educa%C3%A7%C3%A3o/5.%20Ambiente%20e%20Ser%20Humano/SP\\_CIE\\_NAT5\\_MP\\_PNLD21\\_DIVULG.pdf](https://pnld.smeducacao.com.br/LivrosObjeto2/AreasDoConhecimento/Cole%C3%A7%C3%A3o%20Ser%20Protagonista/Cole%C3%A7%C3%B5es%20com%206%20volumes%20_%20PNLD%202021%20-%20Objeto%20/Ci%C3%A2ncias%20da%20Natureza%20e%20Suas%20Tecnologias%20%20_%20PNLD%202021%20-%20Objeto%20II%20_%20SM%20Educa%C3%A7%C3%A3o/5.%20Ambiente%20e%20Ser%20Humano/SP_CIE_NAT5_MP_PNLD21_DIVULG.pdf). Acesso em: 27 jan. 2022.

ZAMBONI, André; BEZERRA, Lia Monguilhott. **Ser Protagonista Ciências da Natureza e suas Tecnologias**: composição e estrutura dos corpos. São Paulo: Sm Educação, 2020. 256 p. Disponível em: [https://pnld.smeducacao.com.br/LivrosObjeto2/AreasDoConhecimento/Cole%C3%A7%C3%A3o%20Ser%20Protagonista/Cole%C3%A7%C3%B5es%20com%206%20volumes%20\\_%20PNLD%202021%20-%20Objeto%20/Ci%C3%A2ncias%20da%20Natureza%20e%20Suas%20Tecnologias%20%20\\_%20PNLD%202021%20-%20Objeto%20II%20\\_%20SM%20Educa%C3%A7%C3%A3o/1.%20Composi%C3%A7%C3%A3o%20e%20Estrutura%20dos%20Corpos/SP\\_CIE\\_NAT1\\_MP\\_PNLD21\\_DIVULG.pdf](https://pnld.smeducacao.com.br/LivrosObjeto2/AreasDoConhecimento/Cole%C3%A7%C3%A3o%20Ser%20Protagonista/Cole%C3%A7%C3%B5es%20com%206%20volumes%20_%20PNLD%202021%20-%20Objeto%20/Ci%C3%A2ncias%20da%20Natureza%20e%20Suas%20Tecnologias%20%20_%20PNLD%202021%20-%20Objeto%20II%20_%20SM%20Educa%C3%A7%C3%A3o/1.%20Composi%C3%A7%C3%A3o%20e%20Estrutura%20dos%20Corpos/SP_CIE_NAT1_MP_PNLD21_DIVULG.pdf). Acesso em: 27 jan. 2022.

ZAMBONI, André; BEZERRA, Lia Monguilhott. **Ser Protagonista Ciências da Natureza e suas Tecnologias**: Energia e Transformações. São Paulo: Sm Educação, 2020. Disponível em: [https://pnld.smeducacao.com.br/LivrosObjeto2/AreasDoConhecimento/Cole%C3%A7%C3%A3o%20Ser%20Protagonista/Cole%C3%A7%C3%B5es%20com%206%20volumes%20%20PNLD%202021%20-%20Objeto%202/Ci%C3%A7%C3%A2ncias%20da%20Natureza%20e%20Suas%20Tecnologias%20%20%20PNLD%202021%20-%20Objeto%20II%20%20SM%20Educa%C3%A7%C3%A3o/3.%20Energia%20e%20Transforma%C3%A7%C3%B5es/SP\\_CIE\\_NAT3\\_MP\\_PNLD21\\_DIVULG.pdf](https://pnld.smeducacao.com.br/LivrosObjeto2/AreasDoConhecimento/Cole%C3%A7%C3%A3o%20Ser%20Protagonista/Cole%C3%A7%C3%B5es%20com%206%20volumes%20%20PNLD%202021%20-%20Objeto%202/Ci%C3%A7%C3%A2ncias%20da%20Natureza%20e%20Suas%20Tecnologias%20%20%20PNLD%202021%20-%20Objeto%20II%20%20SM%20Educa%C3%A7%C3%A3o/3.%20Energia%20e%20Transforma%C3%A7%C3%B5es/SP_CIE_NAT3_MP_PNLD21_DIVULG.pdf). Acesso em: 27 jan. 2022.

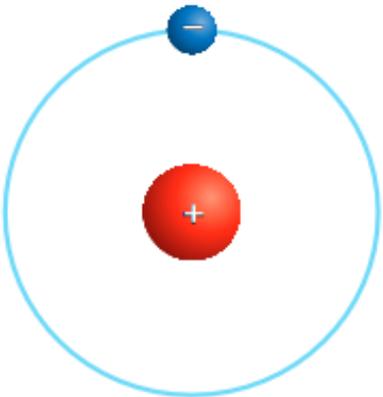
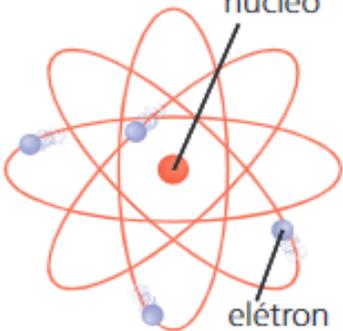
ZAMBONI, André; BEZERRA, Lia Monguilhott. **Ser Protagonista Ciências da Natureza e suas Tecnologias**: Evolução, Tempo e Espaço. São Paulo: Sm Educação, 2020. Disponível em: [https://pnld.smeducacao.com.br/LivrosObjeto2/AreasDoConhecimento/Cole%C3%A7%C3%A3o%20Ser%20Protagonista/Cole%C3%A7%C3%B5es%20com%206%20volumes%20%20PNLD%202021%20-%20Objeto%202/Ci%C3%A7%C3%A2ncias%20da%20Natureza%20e%20Suas%20Tecnologias%20%20%20PNLD%202021%20-%20Objeto%20II%20%20SM%20Educa%C3%A7%C3%A3o/4.%20Evolu%C3%A7%C3%A3o,%20Tempo%20e%20Espa%C3%A7o/SP\\_CIE\\_NAT4\\_MP\\_PNLD21\\_DIVULG.pdf](https://pnld.smeducacao.com.br/LivrosObjeto2/AreasDoConhecimento/Cole%C3%A7%C3%A3o%20Ser%20Protagonista/Cole%C3%A7%C3%B5es%20com%206%20volumes%20%20PNLD%202021%20-%20Objeto%202/Ci%C3%A7%C3%A2ncias%20da%20Natureza%20e%20Suas%20Tecnologias%20%20%20PNLD%202021%20-%20Objeto%20II%20%20SM%20Educa%C3%A7%C3%A3o/4.%20Evolu%C3%A7%C3%A3o,%20Tempo%20e%20Espa%C3%A7o/SP_CIE_NAT4_MP_PNLD21_DIVULG.pdf). Acesso em: 27 jan. 2022.

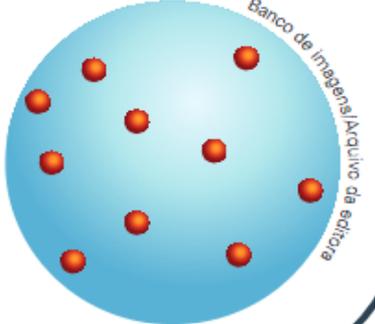
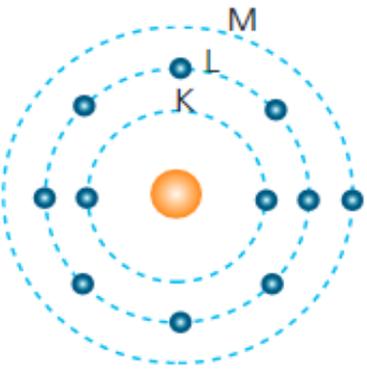
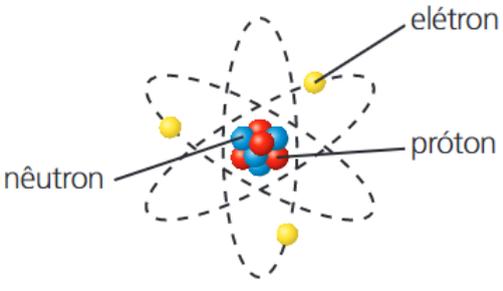
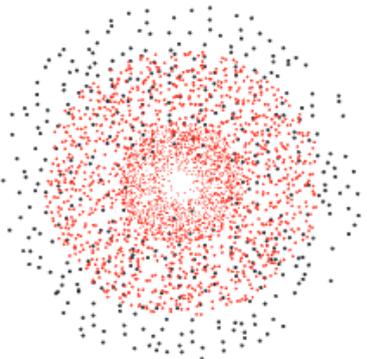
ZAMBONI, André; BEZERRA, Lia Monguilhott. **Ser Protagonista Ciências da Natureza e suas Tecnologias**: Matéria e Transformações. São Paulo: Sm Educação, 2020. Disponível em: [https://pnld.smeducacao.com.br/LivrosObjeto2/AreasDoConhecimento/Cole%C3%A7%C3%A3o%20Ser%20Protagonista/Cole%C3%A7%C3%B5es%20com%206%20volumes%20%20PNLD%202021%20-%20Objeto%202/Ci%C3%A7%C3%A2ncias%20da%20Natureza%20e%20Suas%20Tecnologias%20%20%20PNLD%202021%20-%20Objeto%20II%20%20SM%20Educa%C3%A7%C3%A3o/2.%20Mat%C3%A9ria%20e%20Transforma%C3%A7%C3%B5es/SP\\_CIE\\_NAT2\\_MP\\_PNLD21\\_DIVULG.pdf](https://pnld.smeducacao.com.br/LivrosObjeto2/AreasDoConhecimento/Cole%C3%A7%C3%A3o%20Ser%20Protagonista/Cole%C3%A7%C3%B5es%20com%206%20volumes%20%20PNLD%202021%20-%20Objeto%202/Ci%C3%A7%C3%A2ncias%20da%20Natureza%20e%20Suas%20Tecnologias%20%20%20PNLD%202021%20-%20Objeto%20II%20%20SM%20Educa%C3%A7%C3%A3o/2.%20Mat%C3%A9ria%20e%20Transforma%C3%A7%C3%B5es/SP_CIE_NAT2_MP_PNLD21_DIVULG.pdf). Acesso em: 27 jan. 2022.

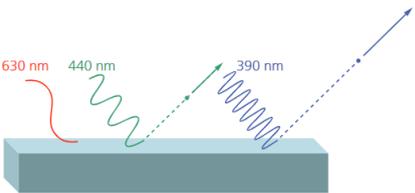
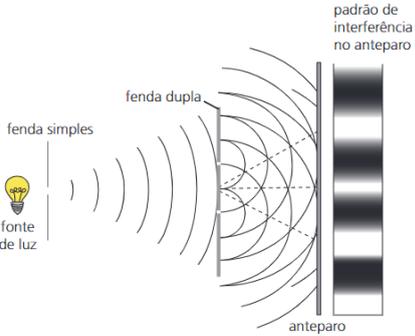
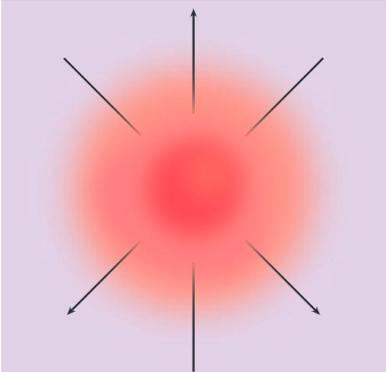
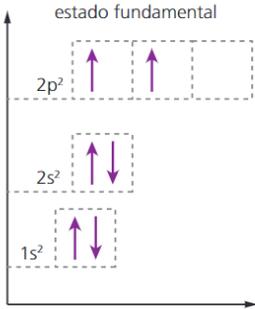
ZAMBONI, André; BEZERRA, Lia Monguilhott. **Ser Protagonista Ciências da Natureza e suas Tecnologias**: Vida, Saúde e Genética. São Paulo: Sm Educação, 2020. Disponível em: [https://pnld.smeducacao.com.br/LivrosObjeto2/AreasDoConhecimento/Cole%C3%A7%C3%A3o%20Ser%20Protagonista/Cole%C3%A7%C3%B5es%20com%206%20volumes%20%20PNLD%202021%20-%20Objeto%202/Ci%C3%A7%C3%A2ncias%20da%20Natureza%20e%20Suas%20Tecnologias%20%20%20PNLD%202021%20-%20Objeto%20II%20%20SM%20Educa%C3%A7%C3%A3o/6.%20Vida,%20Sa%C3%BAde%20e%20Gen%C3%A9tica/SP\\_CIE\\_NAT6\\_MP\\_PNLD21\\_DIVULG.pdf](https://pnld.smeducacao.com.br/LivrosObjeto2/AreasDoConhecimento/Cole%C3%A7%C3%A3o%20Ser%20Protagonista/Cole%C3%A7%C3%B5es%20com%206%20volumes%20%20PNLD%202021%20-%20Objeto%202/Ci%C3%A7%C3%A2ncias%20da%20Natureza%20e%20Suas%20Tecnologias%20%20%20PNLD%202021%20-%20Objeto%20II%20%20SM%20Educa%C3%A7%C3%A3o/6.%20Vida,%20Sa%C3%BAde%20e%20Gen%C3%A9tica/SP_CIE_NAT6_MP_PNLD21_DIVULG.pdf). Acesso em: 27 jan. 2022.

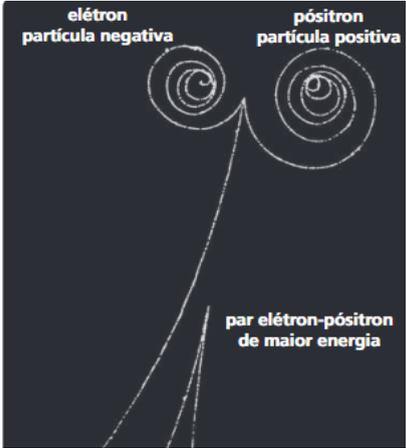
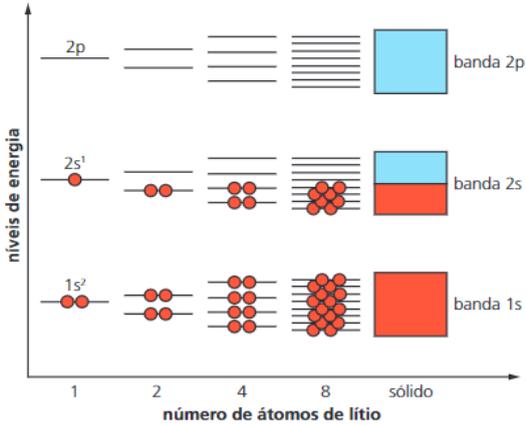
**APÊNDICE A - Representações de elétron presentes nos livros didáticos da editora Scipione.**

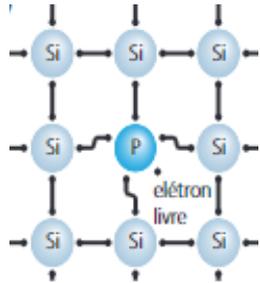
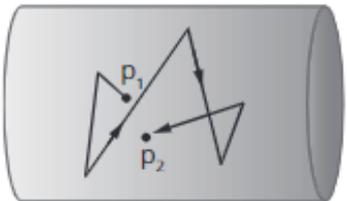
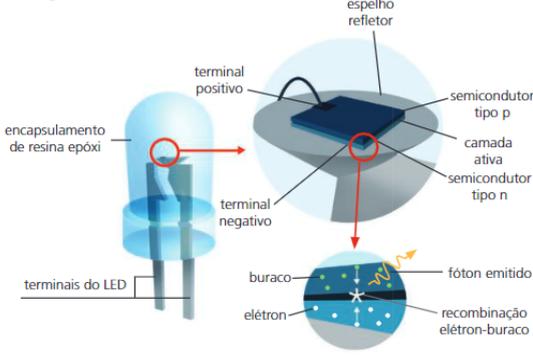
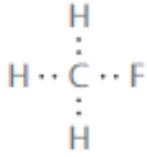
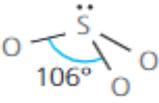
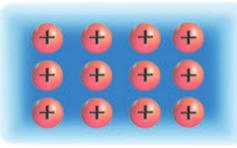
Quadro 5 - Livros da editora Scipione.

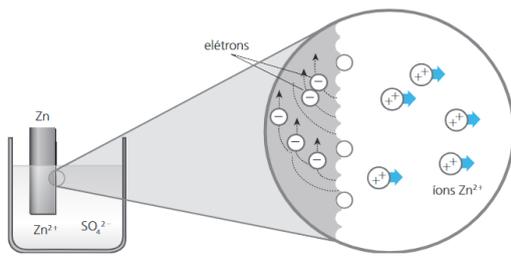
Livro: Materiais, luz e som: modelos e propriedades		
Representação	Capítulo do livro	Referência
	3 - Modelos atômicos e propriedade dos materiais	pág. 45
	3 - Modelos atômicos e propriedade dos materiais	pág. 46
	3 - Modelos atômicos e propriedade dos materiais	pág. 48

	<p>3 - Modelos atômicos e propriedade dos materiais</p>	<p>pág. 48</p>
	<p>3 - Modelos atômicos e propriedade dos materiais</p>	<p>pág. 48</p>
	<p>3 - Modelos atômicos e propriedade dos materiais</p>	<p>pág. 49</p>
	<p>3 - Modelos atômicos e propriedade dos materiais</p>	<p>pág. 49</p>

	5 - A luz e as ondas eletromagnéticas	pág. 94
	7- Modelo quântico para os átomos e a tabela periódica moderna	pág. 115
	7- Modelo quântico para os átomos e a tabela periódica moderna	pág. 120
<b>Livro: Desafios contemporâneos das juventudes</b>		
<b>Representação</b>	<b>Capítulo do livro</b>	<b>Referência</b>
	1 - Analisando a composição e a ação do cigarro e das bebidas alcoólicas	pág. 16

 <p>átomo de carbono com hibridização <math>sp^3</math></p>	<p>1 - Analisando a composição e a ação do cigarro e das bebidas alcoólicas</p>	<p>pág. 17</p>
<p><b>Livro: O mundo atual: questões sociocientíficas</b></p>		
<p><b>Representação</b></p>	<p><b>Capítulo do livro</b></p>	<p><b>Referência</b></p>
	<p>6 - Geração de energia elétrica e fenômenos magnéticos</p>	<p>pág. 130</p>
	<p>7 - Energia elétrica: distribuição, consumo e tecnologias de automação</p>	<p>pág. 139</p>

	<p>7 - Energia elétrica: distribuição, consumo e tecnologias de automação</p>	<p>pág. 140</p>
<p>(a)</p> 	<p>7 - Energia elétrica: distribuição, consumo e tecnologias de automação</p>	<p>pág. 143</p>
	<p>7 - Energia elétrica: distribuição, consumo e tecnologias de automação</p>	<p>pág. 150</p>
<p><b>Livro: Materiais e Energia: Transformações e Conservação</b></p>		
<p style="text-align: center;"><b>Representação</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Capítulo do livro</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Referência</b></p>
	<p>4 - Ligações químicas e interações entre átomos</p>	<p>pág. 68</p>
	<p>4 - Ligações químicas e interações entre átomos</p>	<p>pág. 71</p>
	<p>4 - Ligações químicas e interações entre átomos</p>	<p>pág. 76</p>

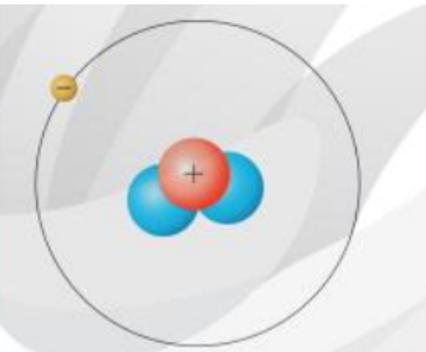
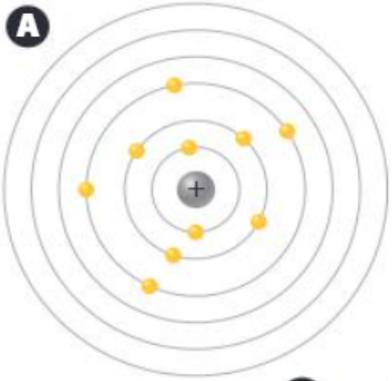
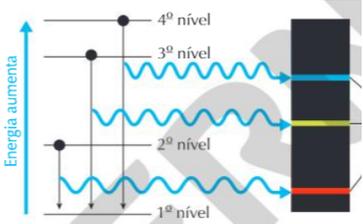
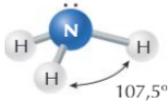
$\text{I}_2(\text{s}) + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{I}^-(\text{aq})$	8 - Armazenando energia elétrica	pág. 138																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Potencial de oxidação E° (V)</th> <th>Reação de eletrodo</th> <th>Potencial de redução E° (V)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>+3,09</td><td><math>\text{Li}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Li}</math></td><td>-3,045</td></tr> <tr><td>+2,925</td><td><math>\text{K}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{K}</math></td><td>-2,925</td></tr> <tr><td>+2,87</td><td><math>\text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ca}</math></td><td>-2,87</td></tr> <tr><td>+2,714</td><td><math>\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Na}</math></td><td>-2,714</td></tr> <tr><td>+2,37</td><td><math>\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mg}</math></td><td>-2,37</td></tr> <tr><td>+1,66</td><td><math>\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Al}</math></td><td>-1,66</td></tr> <tr><td>+0,828</td><td><math>2 \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-</math></td><td>-0,828</td></tr> <tr><td>+0,763</td><td><math>\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}</math></td><td>-0,763</td></tr> <tr><td>+0,440</td><td><math>\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}</math></td><td>-0,440</td></tr> <tr><td>+0,250</td><td><math>\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ni}</math></td><td>-0,250</td></tr> <tr><td>0,000</td><td><math>2 \text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2</math></td><td>0,000</td></tr> <tr><td>-0,337</td><td><math>\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}</math></td><td>0,337</td></tr> <tr><td>-0,536</td><td><math>\text{I}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{I}^-</math></td><td>0,536</td></tr> <tr><td>-0,799</td><td><math>\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}</math></td><td>0,799</td></tr> <tr><td>-1,065</td><td><math>\text{Br}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{Br}^-</math></td><td>1,065</td></tr> <tr><td>-1,229</td><td><math>\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O}</math></td><td>1,229</td></tr> <tr><td>-1,360</td><td><math>\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{Cl}^-</math></td><td>1,360</td></tr> <tr><td>-2,65</td><td><math>\text{F}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{F}^-</math></td><td>2,65</td></tr> </tbody> </table>	Potencial de oxidação E° (V)	Reação de eletrodo	Potencial de redução E° (V)	+3,09	$\text{Li}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Li}$	-3,045	+2,925	$\text{K}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{K}$	-2,925	+2,87	$\text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ca}$	-2,87	+2,714	$\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Na}$	-2,714	+2,37	$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mg}$	-2,37	+1,66	$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Al}$	-1,66	+0,828	$2 \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$	-0,828	+0,763	$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}$	-0,763	+0,440	$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0,440	+0,250	$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ni}$	-0,250	0,000	$2 \text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2$	0,000	-0,337	$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}$	0,337	-0,536	$\text{I}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{I}^-$	0,536	-0,799	$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}$	0,799	-1,065	$\text{Br}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{Br}^-$	1,065	-1,229	$\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O}$	1,229	-1,360	$\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{Cl}^-$	1,360	-2,65	$\text{F}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{F}^-$	2,65	8 - Armazenando energia elétrica	pág. 140
Potencial de oxidação E° (V)	Reação de eletrodo	Potencial de redução E° (V)																																																									
+3,09	$\text{Li}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Li}$	-3,045																																																									
+2,925	$\text{K}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{K}$	-2,925																																																									
+2,87	$\text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ca}$	-2,87																																																									
+2,714	$\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Na}$	-2,714																																																									
+2,37	$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mg}$	-2,37																																																									
+1,66	$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Al}$	-1,66																																																									
+0,828	$2 \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$	-0,828																																																									
+0,763	$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}$	-0,763																																																									
+0,440	$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0,440																																																									
+0,250	$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ni}$	-0,250																																																									
0,000	$2 \text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2$	0,000																																																									
-0,337	$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}$	0,337																																																									
-0,536	$\text{I}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{I}^-$	0,536																																																									
-0,799	$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}$	0,799																																																									
-1,065	$\text{Br}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{Br}^-$	1,065																																																									
-1,229	$\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O}$	1,229																																																									
-1,360	$\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{Cl}^-$	1,360																																																									
-2,65	$\text{F}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{F}^-$	2,65																																																									
$\text{Zn}^0(\text{s}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^-$	8 - Armazenando energia elétrica Pilha de Daniell	pág. 148																																																									
	Pilha de Daniell	pág. 149																																																									
Livro: Origens: o universo, a terra e a vida																																																											
Livro: Evolução, biodiversidade e sustentabilidade																																																											

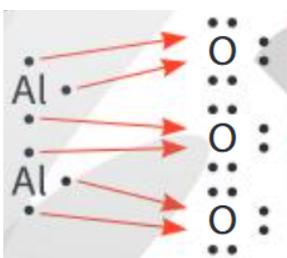
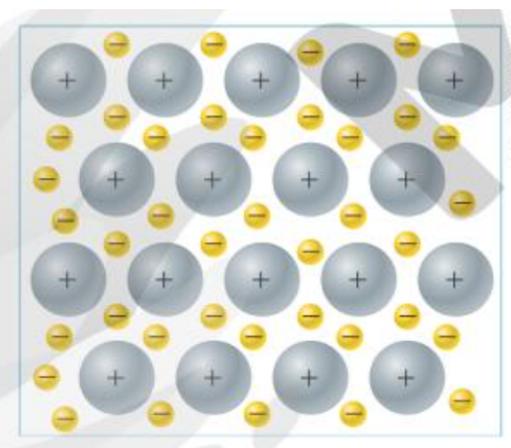
Fonte: Silva, 2022.

## APÊNDICE B - Representações de elétron presentes nos livros didáticos da editora Moderna, coleção Lopes & Rosso.

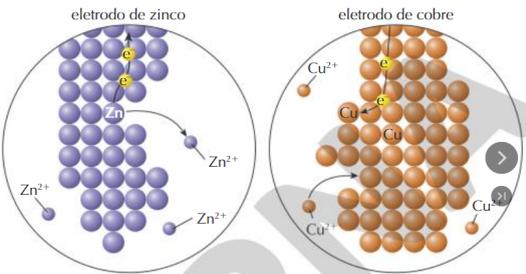
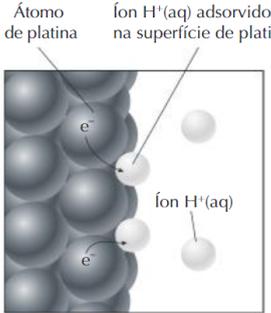
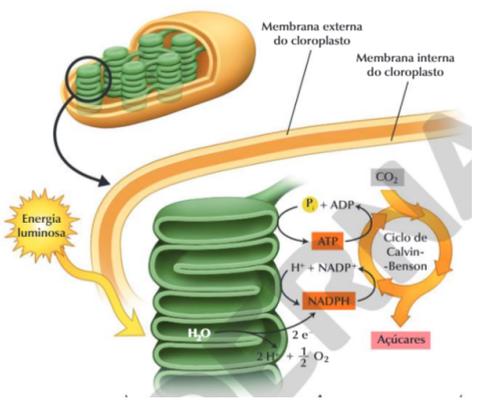
Quadro 6 - Livros da editora Moderna, coleção Lopes & Rosso.

Livro: Evolução e Universo		
Representação	Capítulo do livro	Referência
$\text{Elétron} (\text{e}^-)$	2- A formação dos átomos	pág. 22

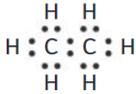
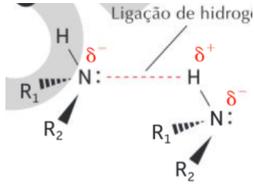
 <p><b>Tritio (<math>{}^3_1\text{H}</math>, H-3 ou T)</b>  1 próton  2 nêutrons  1 elétron</p>	2- A formação dos átomos	pág. 23
	2- A formação dos átomos	pág. 25
	2- A formação dos átomos	pág. 25
<p>16      17      18</p> <p>• He •</p> <p>• O •   • F •   • Ne •</p>	2- A formação dos átomos	pág. 27
	4- A química da vida	pág. 45
	4- A química da vida	pág. 51

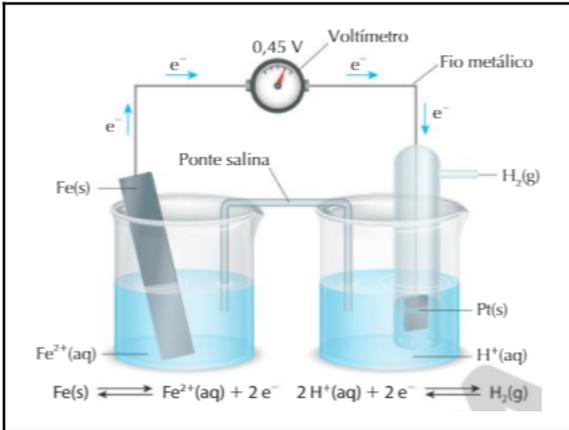
<p>Energia de ionização</p> 	<p>3 - Metais e seus minérios</p>	<p>pág. 108</p>
<p> <math>\text{Na(g)} \longrightarrow \text{Na}^{\text{+}}(\text{g}) + \text{e}^{-}</math>  <math>\text{Cl(g)} + \text{e}^{-} \longrightarrow \text{Cl}^{-}(\text{g})</math>  <math>\text{Na}^{\text{+}}(\text{g}) + \text{Cl}^{-}(\text{g}) \longrightarrow \text{NaCl(s)}</math> </p>	<p>3 - Metais e seus minérios</p>	<p>pág. 109</p>
	<p>3 - Metais e seus minérios</p>	<p>pág. 110</p>
	<p>3 - Metais e seus minérios</p>	<p>pág. 111</p>
<p> <math>\text{Cu(s)} \rightleftharpoons \text{Cu}^{\text{2+}}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-}</math>  <math>2\text{Ag}^{\text{+}}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons 2\text{Ag(s)}</math>  <math>\text{Cu(s)} + 2\text{Ag}^{\text{+}}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Cu}^{\text{2+}}(\text{aq}) + 2\text{Ag(s)}</math> </p>	<p>4 - Processos metalúrgicos extrativos</p>	<p>pág. 116</p>



 <p>eletrodo de zinco</p> <p>eletrodo de cobre</p>	5 - Oxirredução	pág. 59																		
 <p>Átomo de platina</p> <p>Íon H<sup>+</sup>(aq) adsorvido na superfície de platina</p> <p>Íon H<sup>+</sup>(aq)</p>	5 - Oxirredução	pág. 61																		
<p><b>Tabela 5.1 Potenciais-padrão bioquímicos de redução</b></p> <table border="1" data-bbox="284 936 746 1288"> <thead> <tr> <th>Semirreação de redução</th> <th>E° (V)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\text{NAD}^+ + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{NADH} + \text{H}^+</math></td> <td>-0,315</td> </tr> <tr> <td><math>\text{FAD} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{FADH}_2</math></td> <td>-0,219</td> </tr> <tr> <td><math>\text{Fumarato} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Succinato}</math></td> <td>+0,031</td> </tr> <tr> <td><math>\text{UQ} + 2 \text{H}^+(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{UQH}_2</math></td> <td>+0,045</td> </tr> <tr> <td><math>\text{Citocromo b} (\text{Fe}^{3+}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Citocromo b} (\text{Fe}^{2+})</math></td> <td>+0,077</td> </tr> <tr> <td><math>\text{Citocromo c} (\text{Fe}^{3+}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Citocromo c} (\text{Fe}^{2+})</math></td> <td>+0,235</td> </tr> <tr> <td><math>\text{Citocromo a} (\text{Fe}^{3+}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Citocromo a} (\text{Fe}^{2+})</math></td> <td>+0,290</td> </tr> <tr> <td><math>\frac{1}{2} \text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}</math></td> <td>+0,815</td> </tr> </tbody> </table>	Semirreação de redução	E° (V)	$\text{NAD}^+ + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{NADH} + \text{H}^+$	-0,315	$\text{FAD} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{FADH}_2$	-0,219	$\text{Fumarato} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Succinato}$	+0,031	$\text{UQ} + 2 \text{H}^+(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{UQH}_2$	+0,045	$\text{Citocromo b} (\text{Fe}^{3+}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Citocromo b} (\text{Fe}^{2+})$	+0,077	$\text{Citocromo c} (\text{Fe}^{3+}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Citocromo c} (\text{Fe}^{2+})$	+0,235	$\text{Citocromo a} (\text{Fe}^{3+}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Citocromo a} (\text{Fe}^{2+})$	+0,290	$\frac{1}{2} \text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}$	+0,815	5 - Oxirredução	pág. 62
Semirreação de redução	E° (V)																			
$\text{NAD}^+ + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{NADH} + \text{H}^+$	-0,315																			
$\text{FAD} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{FADH}_2$	-0,219																			
$\text{Fumarato} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Succinato}$	+0,031																			
$\text{UQ} + 2 \text{H}^+(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{UQH}_2$	+0,045																			
$\text{Citocromo b} (\text{Fe}^{3+}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Citocromo b} (\text{Fe}^{2+})$	+0,077																			
$\text{Citocromo c} (\text{Fe}^{3+}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Citocromo c} (\text{Fe}^{2+})$	+0,235																			
$\text{Citocromo a} (\text{Fe}^{3+}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Citocromo a} (\text{Fe}^{2+})$	+0,290																			
$\frac{1}{2} \text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}$	+0,815																			
 <p>Membrana externa do cloroplasto</p> <p>Membrana interna do cloroplasto</p> <p>Energia luminosa</p> <p>H<sub>2</sub>O</p> <p>2 e<sup>-</sup></p> <p>2 H<sup>+</sup> + 1/2 O<sub>2</sub></p> <p>H<sup>+</sup> + ADP → ATP</p> <p>H<sup>+</sup> + NADP<sup>+</sup> → NADPH</p> <p>CO<sub>2</sub></p> <p>Ciclo de Calvin-Benson</p> <p>Açúcares</p>	6 - Metabolismo energético	pág. 66																		
$2 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4 \text{e}^- + 4 \text{H}^+ + \text{O}_2$	6 - Metabolismo energético	pág. 66																		

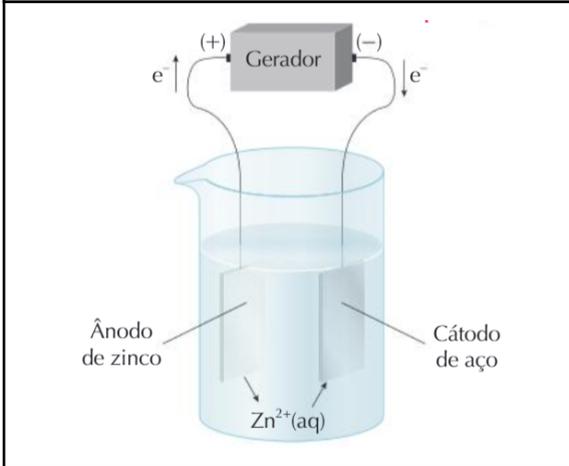
<p>Diagram illustrating the light-dependent reactions of photosynthesis. It shows Photosystem II where water is split into oxygen and protons. Electrons are then passed through Plastoquinone and Photosystem I to NADP+ to form NADPH. A vertical arrow on the left indicates an increase in energy level.</p>	<p>6 - Metabolismo energético</p>	<p>pág. 67</p>
<p>Diagram illustrating hydrogen bonding in a water molecule. Red dashed lines represent the hydrogen bonds between the oxygen of one water molecule and the hydrogen of another.</p>	<p>2 - Materiais renováveis, recicláveis e biodegradáveis</p>	<p>pág. 103</p>
<p>Chemical equation showing the photolysis of chlorine: <math>\text{Cl} \cdot \text{Cl} \xrightarrow{h\nu} 2 \text{Cl} \cdot</math> Radical livre</p>	<p>2 - Materiais renováveis, recicláveis e biodegradáveis</p>	<p>pág. 110</p>
<p>Diagram illustrating the zinc electrode in a solution of copper ions. Zinc atoms are shown on the electrode, and copper ions are in the solution. Electrons are shown moving from the zinc electrode into the solution.</p>	<p>3 - Pilhas e baterias comerciais</p>	<p>pág. 116</p>
<p>Diagram illustrating a Daniell cell. It consists of two half-cells: one with a copper electrode in a copper sulfate solution, and another with a zinc electrode in a zinc sulfate solution. The two solutions are connected by a salt bridge containing a saturated KCl solution. Electrons flow from the zinc electrode to the copper electrode through an external circuit.</p>	<p>3 - Pilhas e baterias comerciais</p>	<p>pág. 116</p>
<p>Ânodo:  <math>\text{Zn(s)} + 2 \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Zn(OH)}_2(\text{s}) + 2 \text{e}^-</math>  Cátodo:  <math>2 \text{MnO}_2(\text{s}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{MnOOH}(\text{s}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq})</math></p>	<p>3 - Pilhas e baterias comerciais</p>	<p>pág. 118</p>

<p>Ânodo:  <math>\text{Cd(s)} + 2 \text{OH}^{\text{-}}(\text{aq}) \longrightarrow \text{Cd(OH)}_2(\text{s}) + 2 \text{e}^{\text{-}}</math></p> <p>Cátodo:  <math>2 \text{NiO(OH)(s)} + 4 \text{H}_2\text{O(l)} + 2 \text{e}^{\text{-}} \longrightarrow 2 \text{Ni(OH)}_2 \cdot \text{H}_2\text{O(s)} + 2 \text{OH}^{\text{-}}(\text{aq})</math></p>	3 - Pilhas e baterias comerciais	pág. 119										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Potenciais padrão de redução em água a 25 °C</th> </tr> <tr> <th>Semirreação</th> <th><math>E^{\circ}_{\text{red}}</math> (V)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\text{F}_2(\text{g}) + 2 \text{e}^{\text{-}} \rightleftharpoons 2 \text{F}^{\text{-}}(\text{aq})</math></td> <td>+2,87</td> </tr> <tr> <td><math>\text{Cl}_2(\text{g}) + 2 \text{e}^{\text{-}} \rightleftharpoons 2 \text{Cl}^{\text{-}}(\text{aq})</math></td> <td>+1,36</td> </tr> <tr> <td><math>\text{O}_2(\text{g}) + 4 \text{H}^{\text{+}}(\text{aq}) + 4 \text{e}^{\text{-}} \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O(l)}</math></td> <td>+1,23</td> </tr> </tbody> </table>	Potenciais padrão de redução em água a 25 °C		Semirreação	$E^{\circ}_{\text{red}}$ (V)	$\text{F}_2(\text{g}) + 2 \text{e}^{\text{-}} \rightleftharpoons 2 \text{F}^{\text{-}}(\text{aq})$	+2,87	$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2 \text{e}^{\text{-}} \rightleftharpoons 2 \text{Cl}^{\text{-}}(\text{aq})$	+1,36	$\text{O}_2(\text{g}) + 4 \text{H}^{\text{+}}(\text{aq}) + 4 \text{e}^{\text{-}} \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O(l)}$	+1,23	Tabelas para consulta	pág. 151
Potenciais padrão de redução em água a 25 °C												
Semirreação	$E^{\circ}_{\text{red}}$ (V)											
$\text{F}_2(\text{g}) + 2 \text{e}^{\text{-}} \rightleftharpoons 2 \text{F}^{\text{-}}(\text{aq})$	+2,87											
$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2 \text{e}^{\text{-}} \rightleftharpoons 2 \text{Cl}^{\text{-}}(\text{aq})$	+1,36											
$\text{O}_2(\text{g}) + 4 \text{H}^{\text{+}}(\text{aq}) + 4 \text{e}^{\text{-}} \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O(l)}$	+1,23											
<b>Livro: Água, agricultura e uso da terra</b>												
<b>Representação</b>	<b>Capítulo do livro</b>	<b>Referência</b>										
$\text{N}_2(\text{g}) + 10 \text{H}^{\text{+}}(\text{aq}) + 8 \text{e}^{\text{-}} \xrightarrow{\text{nitrogenase}} 2 \text{NH}_4^{\text{+}}(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$	5 - Equilíbrio químico e a produção de fertilizante nitrogenados	pág. 124										
<b>Livro: Poluição e movimento</b>												
<b>Representação</b>	<b>Capítulo do livro</b>	<b>Referência</b>										
	5 - Combustíveis fósseis e chuva ácida	pág. 50										
	5 - Substâncias que afetam a prática esportiva	pág. 132										
<b>Livro: Corpo humano e vida saudável</b>												
<b>Representação</b>	<b>Capítulo do livro</b>	<b>Referência</b>										
	5 - Reatividade de compostos orgânicos	pág. 52										
<b>Livro: Mundo tecnológico e ciências aplicadas</b>												
<b>Representação</b>	<b>Capítulo do livro</b>	<b>Referência</b>										
$\text{Fe(s)} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{\text{-}}$	5 - Corrosão	pág. 61										



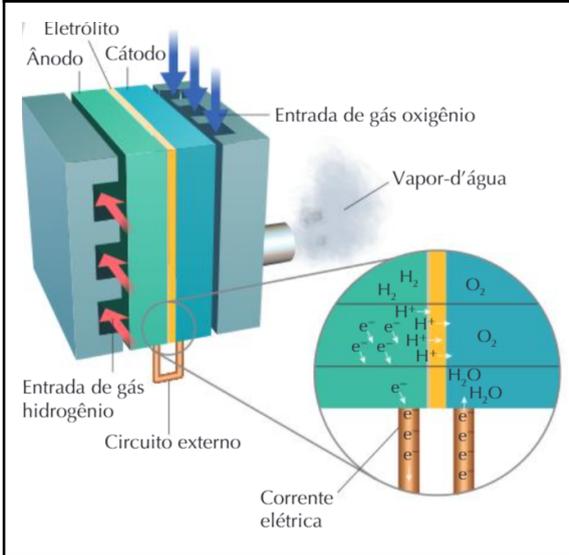
5 - Corrosão

pág. 62



5 - Corrosão

pág. 66



6 - O mundo em escala nanométrica

pág. 75

Potenciais-padrão de redução em água a 25 °C	
Semirreação	E° <sub>red</sub> (V)
$F_2(g) + 2 e^- \rightleftharpoons 2 F^-(aq)$	+2,87
$Cl_2(g) + 2 e^- \rightleftharpoons 2 Cl^-(aq)$	+1,36
$O_2(g) + 4 H^+(aq) + 4 e^- \rightleftharpoons 2 H_2O(l)$	+1,23
$Br_2(l) + 2 e^- \rightleftharpoons 2 Br^-(aq)$	+1,07

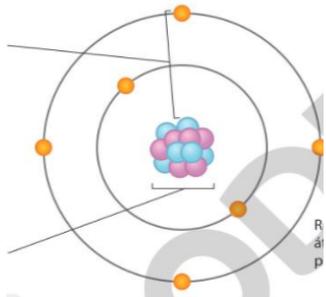
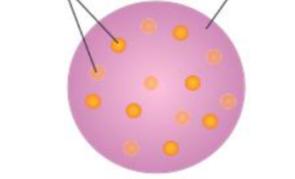
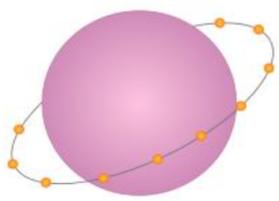
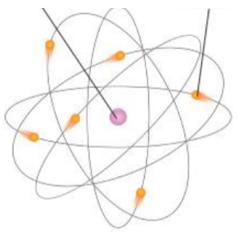
Tabelas para consulta

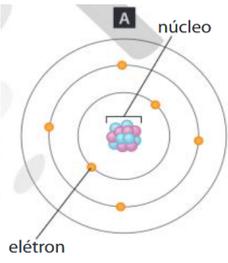
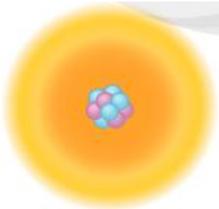
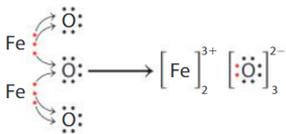
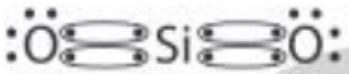
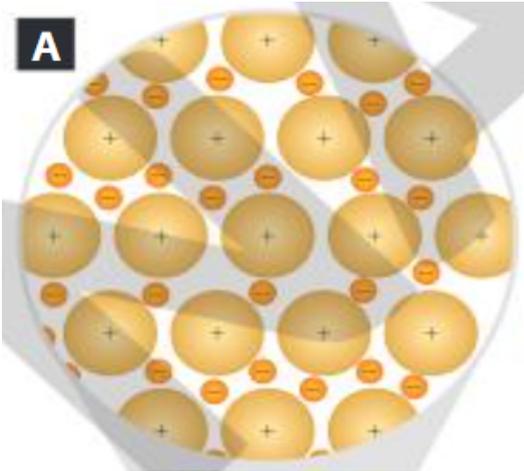
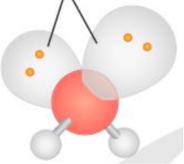
pág. 152

Fonte: Silva, 2022.

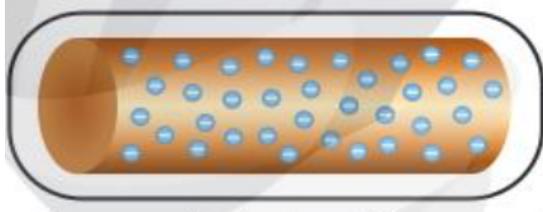
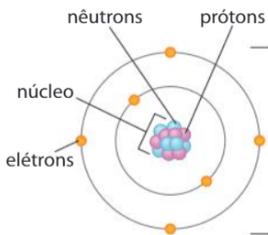
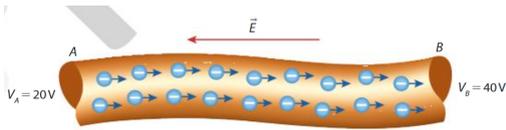
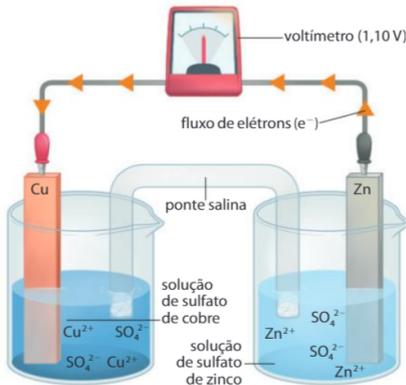
**APÊNDICE C - Representações de elétron presentes nos livros didáticos da editora Moderna, coleção Diálogo.**

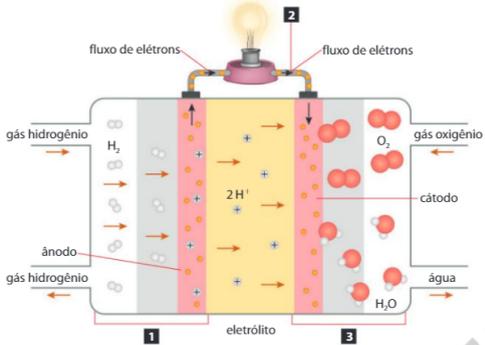
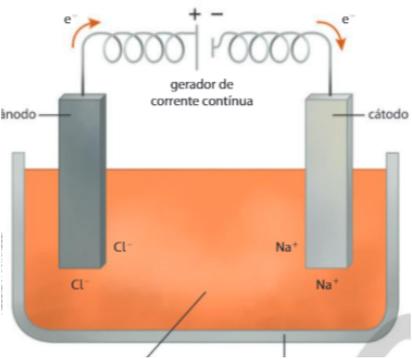
Quadro 7 - Livros da editora Moderna, coleção Diálogo.

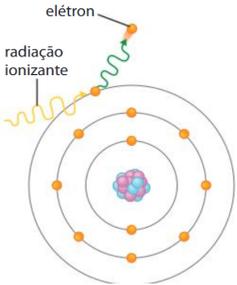
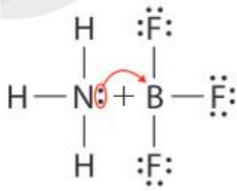
Livro: O universo da ciência e a ciência do universo		
Representação	Capítulo do livro	Referência
	2 - Organizando a matéria	pág. 43
 <p>partículas negativas (elétrons)      esfera positiva e maciça</p>	2 - Organizando a matéria	pág. 51
	2 - Organizando a matéria	pág. 52
	2 - Organizando a matéria	pág. 52
<b>Elétron (e<sup>-</sup>)</b>	2 - Organizando a matéria	pág. 53

	2 - Organizando a matéria	pág. 54
	2 - Organizando a matéria	pág. 55
<b>Livro: Vida na terra: como é possível?</b>		
<b>Representação</b>	<b>Capítulo do livro</b>	<b>Referência</b>
	1 - A união dos átomos	pág. 16
	1 - A união dos átomos	pág. 18
	1 - A união dos átomos	pág. 19
<p data-bbox="432 1749 571 1794">pares de elétrons não ligantes</p> 	2 - As interações entre as moléculas	pág. 22

Livro: Energia e sociedade: uma reflexão necessária

Representação	Capítulo do livro	Referência										
	2 - Transmissão de energia elétrica	pág. 19										
	2 - Transmissão de energia elétrica	pág. 21										
	2 - Transmissão de energia elétrica	pág. 26										
$\text{Zn(s)} \longrightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-}$	4 - Eletroquímica	pág. 47										
	4 - Eletroquímica	pág. 51										
<table border="1" data-bbox="304 1653 715 1805"> <thead> <tr> <th colspan="2">Potenciais padrão de redução</th> </tr> <tr> <th>Semirreação</th> <th><math>E_{\text{red}}^{\circ}(\text{V})</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\text{F}_2(\text{g}) + 2 \text{e}^{-} \rightleftharpoons 2 \text{F}^{-}(\text{aq})</math></td> <td>+2,87</td> </tr> <tr> <td><math>\text{Co}^{3+}(\text{aq}) + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Co}^{2+}(\text{aq})</math></td> <td>+1,81</td> </tr> <tr> <td><math>\text{Au}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Au}(\text{s})</math></td> <td>+1,40</td> </tr> </tbody> </table>	Potenciais padrão de redução		Semirreação	$E_{\text{red}}^{\circ}(\text{V})$	$\text{F}_2(\text{g}) + 2 \text{e}^{-} \rightleftharpoons 2 \text{F}^{-}(\text{aq})$	+2,87	$\text{Co}^{3+}(\text{aq}) + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Co}^{2+}(\text{aq})$	+1,81	$\text{Au}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Au}(\text{s})$	+1,40	4 - Eletroquímica	pág. 52
Potenciais padrão de redução												
Semirreação	$E_{\text{red}}^{\circ}(\text{V})$											
$\text{F}_2(\text{g}) + 2 \text{e}^{-} \rightleftharpoons 2 \text{F}^{-}(\text{aq})$	+2,87											
$\text{Co}^{3+}(\text{aq}) + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Co}^{2+}(\text{aq})$	+1,81											
$\text{Au}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Au}(\text{s})$	+1,40											
$\text{Zn(s)} \longrightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-}$	4 - Eletroquímica	pág. 56										

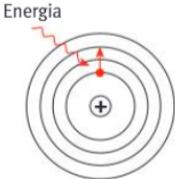
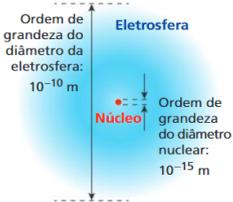
$\text{Zn(s)} + 2\text{OH}^{\text{-}}(\text{aq}) \longrightarrow \text{Zn(OH)}_2(\text{aq}) + 2\text{e}^{\text{-}}$ $2\text{MnO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^{\text{-}} \longrightarrow \text{Mn}_2\text{O}_3(\text{s}) + 2\text{OH}^{\text{-}}(\text{aq})$	4 - Eletroquímica	pág. 57
$2\text{Li(s)} \longrightarrow 2\text{Li}^{\text{+}}(\text{aq}) + 2\text{e}^{\text{-}}$ $2\text{Li}^{\text{+}}(\text{aq}) + \text{I}_2(\text{s}) + 2\text{e}^{\text{-}} \longrightarrow 2\text{LiI}(\text{s})$	4 - Eletroquímica	pág. 57
	4 - Eletroquímica	pág. 59
$2\text{H}_2(\text{g}) + 4\text{OH}^{\text{-}}(\text{aq}) \longrightarrow 4\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 4\text{e}^{\text{-}}$ $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{e}^{\text{-}} \longrightarrow 4\text{OH}^{\text{-}}(\text{aq})$	4 - Eletroquímica	pág. 59
	5 - Eletrólise	pág. 68
$2\text{H}^{\text{+}}(\text{aq}) + 2\text{e}^{\text{-}} \longrightarrow \text{H}_2(\text{g})$ $4\text{OH}^{\text{-}}(\text{aq}) \longrightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 4\text{e}^{\text{-}}$	5 - Eletrólise	pág. 68
$\text{Al}^{\text{3+}} + 3\text{e}^{\text{-}} \longrightarrow \text{Al}$ $3\text{ mol de e}^{\text{-}} \longrightarrow 1\text{ mol de Al (27 g)}$	5 - Eletrólise	pág. 73
	3 - Reações nucleares	pág. 111

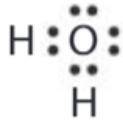
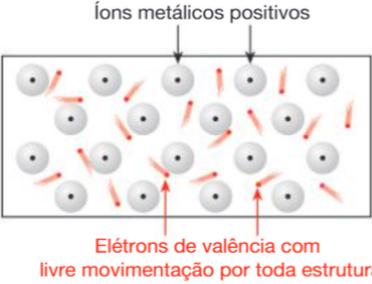
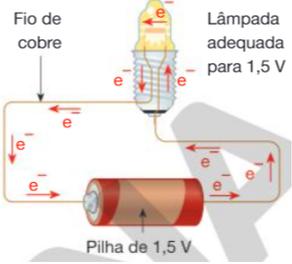
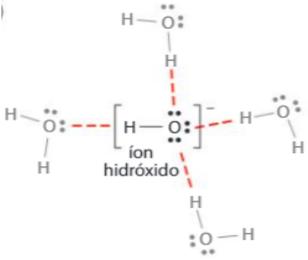
	4 - Os seres vivos e a radiação ionizante	pág. 114
<b>Livro: Ser humano e meio ambiente: relações e consequências</b>		
<b>Representação</b>	<b>Capítulo do livro</b>	<b>Referência</b>
	4 - Ácidos, bases e sais	pág. 55
<b>Livro: Terra: um sistema dinâmico de matéria e energia</b>		
<b>Livro: Ser humano: origem e funcionamento</b>		

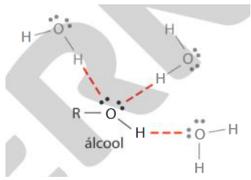
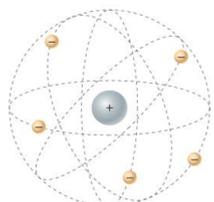
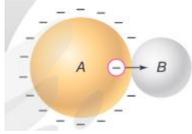
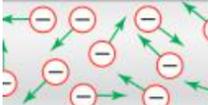
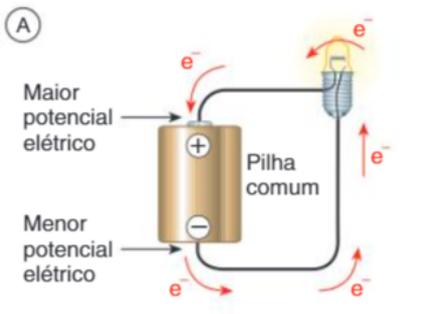
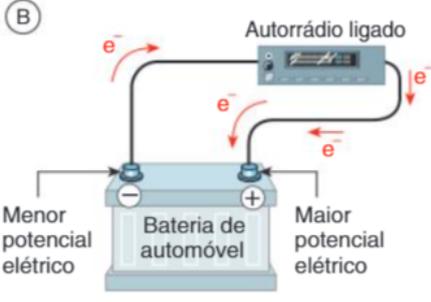
Fonte: Silva, 2022.

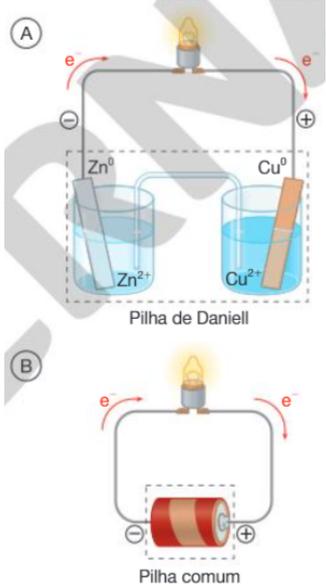
## APÊNDICE D - Representações de elétron presentes nos livros didáticos da editora Moderna, coleção Plus.

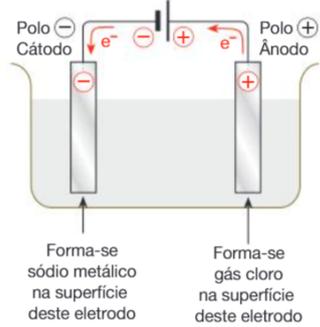
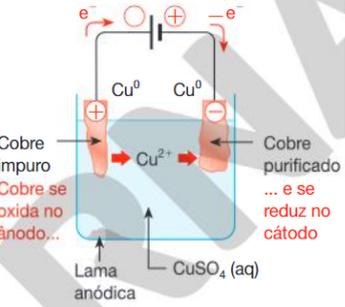
Quadro 8 - Livros da editora Moderna, coleção Plus.

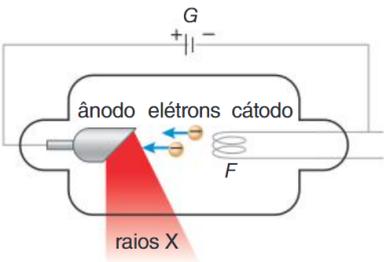
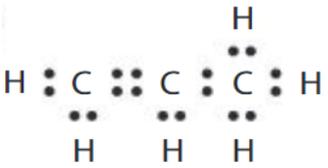
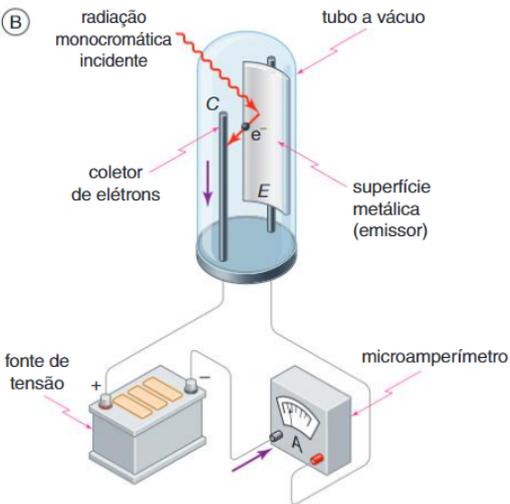
<b>Livro: O conhecimento científico</b>		
<b>Representação</b>	<b>Capítulo do livro</b>	<b>Referência</b>
	4 - Modelos atômicos e tabela periódica	pág. 56
	4 - Modelos atômicos e tabela periódica	pág. 58

	9 - Ligações químicas interatômicas	pág. 107
	9 - Ligações químicas interatômicas	pág. 109
 <p>Íons metálicos positivos</p> <p>Elétrons de valência com livre movimentação por toda estrutura</p>	9 - Ligações químicas interatômicas	pág. 111
 <p>Fio de cobre</p> <p>Lâmpada adequada para 1,5 V</p> <p>Pilha de 1,5 V</p>	9 - Ligações químicas interatômicas	pág. 111
<b>Livro: Água e vida</b>		
<b>Representação</b>	<b>Capítulo do livro</b>	<b>Referência</b>
	3 - Geometria molecular e interações intramoleculares	pág. 38
	3 - Geometria molecular e interações intramoleculares	pág. 44
 <p>íon hidróxido</p>	9 - Concentração de soluções	pág. 90

	10 - Solubilidade e precipitação	pág. 130
<b>Livro: Ciência e tecnologia</b>		
<b>Representação</b>	<b>Capítulo do livro</b>	<b>Referência</b>
<p>Corpo eletrizado negativamente</p>  <p>(excesso de elétrons)</p>	4 - Eletrostática: eletricidade estática	pág. 51
	4 - Eletrostática: eletricidade estática	pág. 51
	4 - Eletrostática: eletricidade estática	pág. 52
	5 - Circuitos elétricos	pág. 62
<p>(A)</p>  <p>(B)</p> 	6 - Pilhas e baterias (celas galvânicas)	pág. 74

$\begin{aligned} \text{Zn(s)} &\rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \\ \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- &\rightarrow \text{Cu(s)} \\ \hline \text{Zn(s)} + \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) &\rightarrow \text{Cu(s)} + \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) \end{aligned}$	<p>6 - Pilhas e baterias (celas galvânicas)</p> <p>Oxidação e redução</p>	<p>pág. 75</p>
 <p>(A) Pilha de Daniell</p> <p>(B) Pilha comum</p>	<p>6 - Pilhas e baterias (celas galvânicas)</p>	<p>pág. 77</p>
$\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^-$	<p>6 - Pilhas e baterias (celas galvânicas)</p>	<p>pág. 79</p>
$\text{NH}_4^+ + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NO}_2^- + 8\text{H}^+ + 6\text{e}^-$	<p>7 - Oxidantes e redutores</p>	<p>pág. 85</p>
$\text{H} \cdot \text{Cl} \cdot$	<p>7 - Oxidantes e redutores</p>	<p>pág. 88</p>
$\text{NH}_4^+ + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NO}_2^- + 8\text{H}^+ + 6\text{e}^-$ <p style="text-align: center;"> <span style="margin-right: 100px;">-3</span> <span style="margin-right: 100px;">+3</span> <span style="margin-right: 100px;">6</span> </p> <p style="text-align: center;"> <span style="margin-right: 100px;">Δ = 6</span> <span style="margin-right: 100px;">Δ = 6</span> </p> <p style="text-align: center;"> <span style="margin-right: 100px;">oxidação</span> </p>	<p>7 - Oxidantes e redutores</p>	<p>pág. 91</p>
<p style="text-align: center;">maior tendência à redução</p> <p style="text-align: center;">→</p> <p>oxidante mais forte <math>\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag(s)}</math></p> <p><math>\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu(s)}</math></p> <p><math>\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn(s)}</math></p> <p><math>\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mg(s)}</math> redutor mais forte</p> <p style="text-align: center;">←</p> <p style="text-align: center;">maior tendência à oxidação</p>	<p>7 - Oxidantes e redutores</p>	<p>pág. 94</p>

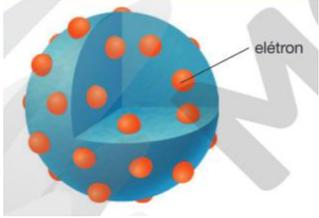
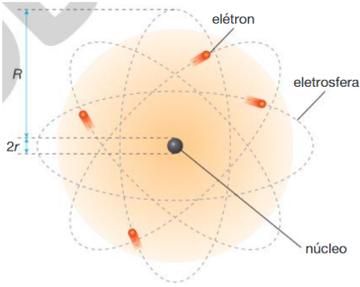
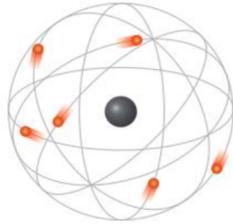
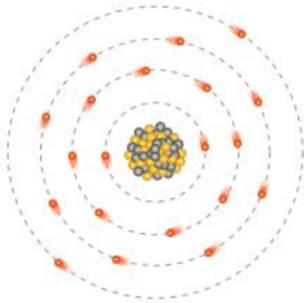
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{s})$ $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{s})$	7 - Oxidantes e redutores	pág. 95																																		
	9 - Eletrólise	pág. 111																																		
<p>Equação da semirreação de redução da água no cátodo:</p> $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^{-}(\text{aq})$ <p>Equação da semirreação de oxidação da água no ânodo:</p> $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^{+}(\text{aq}) + 4\text{e}^{-}$	9 - Eletrólise	pág. 113																																		
$2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^{+}(\text{aq}) + 4\text{e}^{-}$	9 - Eletrólise	pág. 115																																		
	9 - Eletrólise	pág. 116																																		
<table border="1" data-bbox="261 1384 756 1733"> <thead> <tr> <th>Equação da semirreação</th> <th><math>E^{\circ}</math> (V)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\text{Li}^{+} + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Li}^{\circ}</math></td> <td>-3,04</td> </tr> <tr> <td><math>\text{K}^{+} + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{K}^{\circ}</math></td> <td>-2,93</td> </tr> <tr> <td><math>\text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Ca}^{\circ}</math></td> <td>-2,87</td> </tr> <tr> <td><math>\text{Na}^{+} + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Na}^{\circ}</math></td> <td>-2,71</td> </tr> <tr> <td><math>\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Mg}^{\circ}</math></td> <td>-2,38</td> </tr> <tr> <td><math>\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Al}^{\circ}</math></td> <td>-1,66</td> </tr> <tr> <td><math>\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Zn}^{\circ}</math></td> <td>-0,76</td> </tr> <tr> <td><math>\text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Cr}^{\circ}</math></td> <td>-0,74</td> </tr> <tr> <td><math>\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Pb}^{\circ}</math></td> <td>-0,13</td> </tr> <tr> <td><math>\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Fe}^{\circ}</math></td> <td>-0,04</td> </tr> <tr> <td><math>\text{Sn}^{4+} + 4\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Sn}^{\circ}</math></td> <td>+0,01</td> </tr> <tr> <td><math>\text{Mn}^{4+} + 4\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Mn}^{\circ}</math></td> <td>+0,02</td> </tr> <tr> <td><math>\text{Cu}^{+} + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Cu}^{\circ}</math></td> <td>+0,52</td> </tr> <tr> <td><math>\text{Ag}^{+} + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Ag}^{\circ}</math></td> <td>+0,80</td> </tr> <tr> <td><math>\text{Pt}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Pt}^{\circ}</math></td> <td>+1,18</td> </tr> <tr> <td><math>\text{Au}^{3+} + 3\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Au}^{\circ}</math></td> <td>+1,50</td> </tr> </tbody> </table> <p>Obtidos por meio de redução em processo de eletrólise ígnea.</p> <p>Obtidos por meio da redução do minério utilizando C, CO ou Al<sup>0</sup> como agente redutor.</p> <p>Encontrados não combinados ou, então, facilmente obtidos a partir dos minérios.</p>	Equação da semirreação	$E^{\circ}$ (V)	$\text{Li}^{+} + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Li}^{\circ}$	-3,04	$\text{K}^{+} + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{K}^{\circ}$	-2,93	$\text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Ca}^{\circ}$	-2,87	$\text{Na}^{+} + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Na}^{\circ}$	-2,71	$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Mg}^{\circ}$	-2,38	$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Al}^{\circ}$	-1,66	$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Zn}^{\circ}$	-0,76	$\text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Cr}^{\circ}$	-0,74	$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Pb}^{\circ}$	-0,13	$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Fe}^{\circ}$	-0,04	$\text{Sn}^{4+} + 4\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Sn}^{\circ}$	+0,01	$\text{Mn}^{4+} + 4\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Mn}^{\circ}$	+0,02	$\text{Cu}^{+} + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Cu}^{\circ}$	+0,52	$\text{Ag}^{+} + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Ag}^{\circ}$	+0,80	$\text{Pt}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Pt}^{\circ}$	+1,18	$\text{Au}^{3+} + 3\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Au}^{\circ}$	+1,50	9 - Eletrólise	pág. 117
Equação da semirreação	$E^{\circ}$ (V)																																			
$\text{Li}^{+} + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Li}^{\circ}$	-3,04																																			
$\text{K}^{+} + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{K}^{\circ}$	-2,93																																			
$\text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Ca}^{\circ}$	-2,87																																			
$\text{Na}^{+} + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Na}^{\circ}$	-2,71																																			
$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Mg}^{\circ}$	-2,38																																			
$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Al}^{\circ}$	-1,66																																			
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Zn}^{\circ}$	-0,76																																			
$\text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Cr}^{\circ}$	-0,74																																			
$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Pb}^{\circ}$	-0,13																																			
$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Fe}^{\circ}$	-0,04																																			
$\text{Sn}^{4+} + 4\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Sn}^{\circ}$	+0,01																																			
$\text{Mn}^{4+} + 4\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Mn}^{\circ}$	+0,02																																			
$\text{Cu}^{+} + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Cu}^{\circ}$	+0,52																																			
$\text{Ag}^{+} + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Ag}^{\circ}$	+0,80																																			
$\text{Pt}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Pt}^{\circ}$	+1,18																																			
$\text{Au}^{3+} + 3\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Au}^{\circ}$	+1,50																																			
Livro: Universo e evolução																																				
Representação	Capítulo do livro	Referência																																		

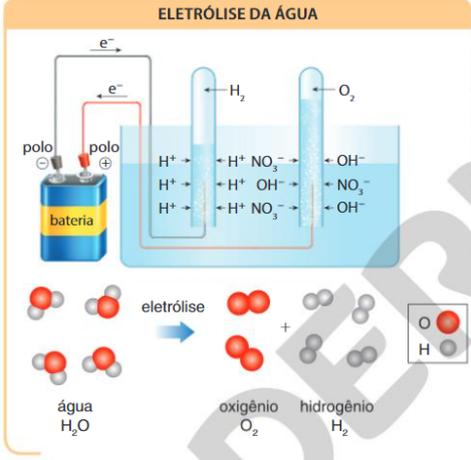
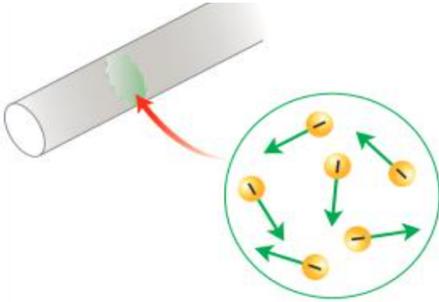
	2 - Ondas eletromagnéticas e tecnologia das telecomunicações	pág. 29
	4 - Classes funcionais orgânicas	pág. 49
	8 - Noções da física quântica e física nuclear	pág. 98
$e^{-}$	8 - Noções da física quântica e física nuclear	pág. 105
${}_{-1}^{0}e$	11 - Radioatividade	pág. 133
Livro: Matéria e energia		
Livro: Humanidade e ambiente		

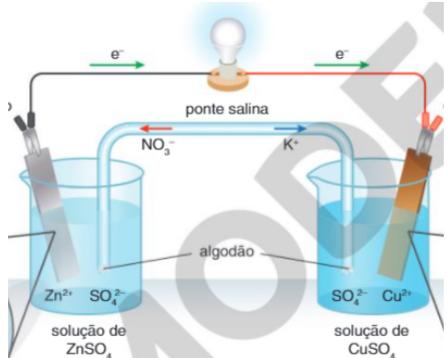
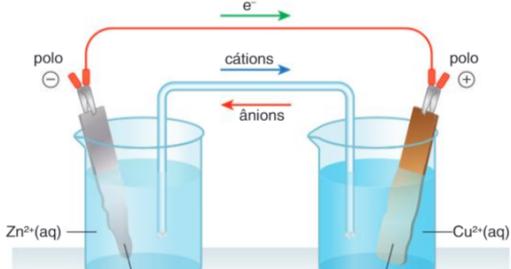
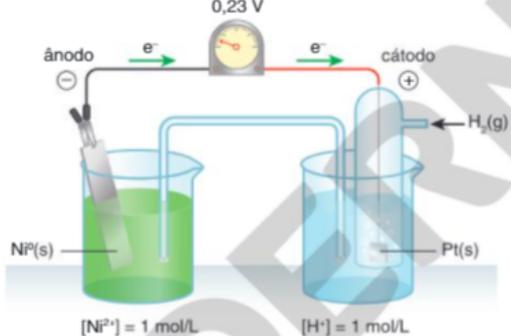
Fonte: Silva, 2022.

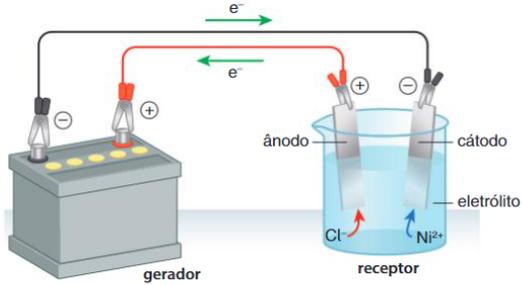
**APÊNDICE E - Representações de elétron presentes nos livros didáticos da editora Moderna, coleção Conexões.**

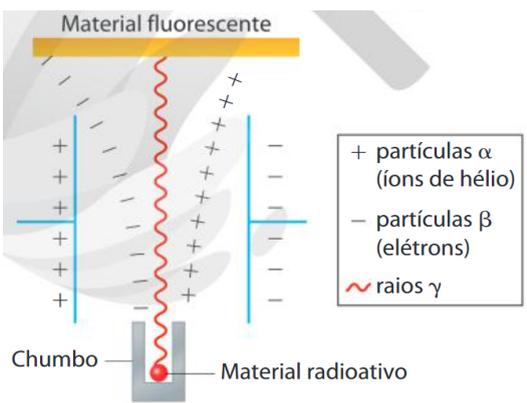
Quadro 9 - Livros da editora Moderna, coleção Conexões.

Livro: Matéria e energia										
Representação	Capítulo do livro	Referência								
	1 - O mundo que nos cerca: do que a matéria é feita	pág. 30								
	1 - O mundo que nos cerca: do que a matéria é feita	pág. 30								
	1 - O mundo que nos cerca: do que a matéria é feita	pág. 31								
<table border="1" data-bbox="290 1308 730 1554"> <thead> <tr> <th>Partículas</th> <th>Massa (kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>próton (<math>p^+</math>)</td> <td><math>1,67 \cdot 10^{-27}</math></td> </tr> <tr> <td>nêutron (<math>n^0</math>)</td> <td><math>1,67 \cdot 10^{-27}</math></td> </tr> <tr> <td>elétron (<math>e^-</math>)</td> <td><math>9,11 \cdot 10^{-31}</math></td> </tr> </tbody> </table>	Partículas	Massa (kg)	próton ( $p^+$ )	$1,67 \cdot 10^{-27}$	nêutron ( $n^0$ )	$1,67 \cdot 10^{-27}$	elétron ( $e^-$ )	$9,11 \cdot 10^{-31}$	1 - O mundo que nos cerca: do que a matéria é feita	pág. 31
Partículas	Massa (kg)									
próton ( $p^+$ )	$1,67 \cdot 10^{-27}$									
nêutron ( $n^0$ )	$1,67 \cdot 10^{-27}$									
elétron ( $e^-$ )	$9,11 \cdot 10^{-31}$									
	1 - O mundo que nos cerca: do que a matéria é feita	pág. 34								

<p><b>Na</b> (átomo) 11 p<sup>+</sup>    -1 e<sup>-</sup>    11 p<sup>+</sup> 11 e<sup>-</sup>    →    10 e<sup>-</sup> <math>n_{p^+} = n_{e^-}</math>    <math>n_{p^+} &gt; n_{e^-}</math></p> <p><b>Na<sup>+</sup></b> (cátion) 11 p<sup>+</sup> 10 e<sup>-</sup> <math>n_{p^+} &gt; n_{e^-}</math></p> <p><b>Cl</b> (átomo) 17 p<sup>+</sup> 17 e<sup>-</sup> <math>n_{p^+} = n_{e^-}</math></p>	1 - O mundo que nos cerca: do que a matéria é feita	pág. 37
<p><math>\text{Na}^+ + \cdot\ddot{\text{Cl}}:</math></p>	1 - O mundo que nos cerca: do que a matéria é feita	pág. 37
<p><b>ELETRÓLISE DA ÁGUA</b></p> 	5 - As transformações ao nosso redor	pág. 110
<p><math>\delta^+ \text{H} - \delta^- \text{Cl} + \delta^- \text{O} - \delta^+ \text{H}</math></p>	5 - As transformações ao nosso redor	pág. 119
<p><math>\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2e^-</math></p> <p><math>\ddot{\text{O}}::\ddot{\text{O}} + 4e^- \rightarrow \ddot{\text{O}}:^{2-} + \ddot{\text{O}}:^{2-}</math></p>	5 - As transformações ao nosso redor	pág. 124
<b>Livro: Energia e ambiente</b>		
<b>Representação</b>	<b>Capítulo do livro</b>	<b>Referência</b>
	1 - Eletricidade: de onde vem e para onde vai?	pág. 18

$\left. \begin{array}{l} 1 e^- \text{ --- } 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\ x e^- \text{ --- } 1 \text{ C} \end{array} \right\} x = 6,25 \cdot 10^{18} e^-$	1 - Eletricidade: de onde vem e para onde vai?	pág. 19
	2 - Geradores de energia portáteis	pág. 44
<p>⊖ ânodo: <math>\text{Zn}^0(\text{s}) \xrightarrow{\text{oxidação}} \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2e^-</math></p> <p>⊕ cátodo: <math>\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \xrightarrow{\text{redução}} \text{Cu}^0(\text{s})</math></p> <hr/> $\text{Zn}^0(\text{s}) + \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Cu}^0(\text{s}) + \text{Zn}^{2+}(\text{aq})$	2 - Geradores de energia portáteis	pág. 45
	2 - Geradores de energia portáteis	pág. 46
	2 - Geradores de energia portáteis	pág. 48

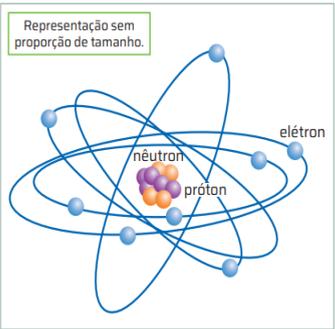
<p style="text-align: center;"><b>Potenciais-padrão de redução (25 °C, 100 kPa, concentração dos íons: 1 mol/L)</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Semiequação de redução</th> <th>Potencial-padrão de redução E°(V)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Li<sup>+</sup>(aq)</td><td>+ 1 e<sup>-</sup></td><td>→ Li<sup>0</sup>(s)</td><td>-3,05</td></tr> <tr><td>Mg<sup>2+</sup>(aq)</td><td>+ 2 e<sup>-</sup></td><td>→ Mg<sup>0</sup>(s)</td><td>-2,36</td></tr> <tr><td>Al<sup>3+</sup>(aq)</td><td>+ 3 e<sup>-</sup></td><td>→ Al<sup>0</sup>(s)</td><td>-1,66</td></tr> <tr><td>Zn<sup>2+</sup>(aq)</td><td>+ 2 e<sup>-</sup></td><td>→ Zn<sup>0</sup>(s)</td><td>-0,76</td></tr> <tr><td>Fe<sup>2+</sup>(aq)</td><td>+ 2 e<sup>-</sup></td><td>→ Fe<sup>0</sup>(s)</td><td>-0,44</td></tr> <tr><td>Ni<sup>2+</sup>(aq)</td><td>+ 2 e<sup>-</sup></td><td>→ Ni<sup>0</sup>(s)</td><td>-0,23</td></tr> <tr><td>Sn<sup>2+</sup>(aq)</td><td>+ 2 e<sup>-</sup></td><td>→ Sn<sup>0</sup>(s)</td><td>-0,14</td></tr> <tr><td>2 H<sup>+</sup>(aq)</td><td>+ 2 e<sup>-</sup></td><td>→ H<sub>2</sub>(g)</td><td>0,00 (por definição)</td></tr> <tr><td>Cu<sup>2+</sup>(aq)</td><td>+ 2 e<sup>-</sup></td><td>→ Cu<sup>0</sup>(s)</td><td>+0,34</td></tr> <tr><td>I<sub>2</sub>(s)</td><td>+ 2 e<sup>-</sup></td><td>→ 2 I<sup>-</sup>(aq)</td><td>+0,54</td></tr> <tr><td>Fe<sup>3+</sup>(aq)</td><td>+ 1 e<sup>-</sup></td><td>→ Fe<sup>2+</sup>(aq)</td><td>+0,77</td></tr> <tr><td>Ag<sup>+</sup>(aq)</td><td>+ 1 e<sup>-</sup></td><td>→ Ag<sup>0</sup>(s)</td><td>+0,80</td></tr> <tr><td>Cl<sub>2</sub>(g)</td><td>+ 2 e<sup>-</sup></td><td>→ 2 Cl<sup>-</sup>(aq)</td><td>+1,36</td></tr> <tr><td>Au<sup>3+</sup>(aq)</td><td>+ 3 e<sup>-</sup></td><td>→ Au<sup>0</sup>(s)</td><td>+1,40</td></tr> <tr><td>F<sub>2</sub>(g)</td><td>+ 2 e<sup>-</sup></td><td>→ 2 F<sup>-</sup>(aq)</td><td>+2,87</td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">caráter oxidante crescente ↓      ↑ caráter redutor crescente</p>	Semiequação de redução			Potencial-padrão de redução E°(V)	Li <sup>+</sup> (aq)	+ 1 e <sup>-</sup>	→ Li <sup>0</sup> (s)	-3,05	Mg <sup>2+</sup> (aq)	+ 2 e <sup>-</sup>	→ Mg <sup>0</sup> (s)	-2,36	Al <sup>3+</sup> (aq)	+ 3 e <sup>-</sup>	→ Al <sup>0</sup> (s)	-1,66	Zn <sup>2+</sup> (aq)	+ 2 e <sup>-</sup>	→ Zn <sup>0</sup> (s)	-0,76	Fe <sup>2+</sup> (aq)	+ 2 e <sup>-</sup>	→ Fe <sup>0</sup> (s)	-0,44	Ni <sup>2+</sup> (aq)	+ 2 e <sup>-</sup>	→ Ni <sup>0</sup> (s)	-0,23	Sn <sup>2+</sup> (aq)	+ 2 e <sup>-</sup>	→ Sn <sup>0</sup> (s)	-0,14	2 H <sup>+</sup> (aq)	+ 2 e <sup>-</sup>	→ H <sub>2</sub> (g)	0,00 (por definição)	Cu <sup>2+</sup> (aq)	+ 2 e <sup>-</sup>	→ Cu <sup>0</sup> (s)	+0,34	I <sub>2</sub> (s)	+ 2 e <sup>-</sup>	→ 2 I <sup>-</sup> (aq)	+0,54	Fe <sup>3+</sup> (aq)	+ 1 e <sup>-</sup>	→ Fe <sup>2+</sup> (aq)	+0,77	Ag <sup>+</sup> (aq)	+ 1 e <sup>-</sup>	→ Ag <sup>0</sup> (s)	+0,80	Cl <sub>2</sub> (g)	+ 2 e <sup>-</sup>	→ 2 Cl <sup>-</sup> (aq)	+1,36	Au <sup>3+</sup> (aq)	+ 3 e <sup>-</sup>	→ Au <sup>0</sup> (s)	+1,40	F <sub>2</sub> (g)	+ 2 e <sup>-</sup>	→ 2 F <sup>-</sup> (aq)	+2,87	<p>2 - Geradores de energia portáteis</p>	<p>pág. 49</p>
Semiequação de redução			Potencial-padrão de redução E°(V)																																																															
Li <sup>+</sup> (aq)	+ 1 e <sup>-</sup>	→ Li <sup>0</sup> (s)	-3,05																																																															
Mg <sup>2+</sup> (aq)	+ 2 e <sup>-</sup>	→ Mg <sup>0</sup> (s)	-2,36																																																															
Al <sup>3+</sup> (aq)	+ 3 e <sup>-</sup>	→ Al <sup>0</sup> (s)	-1,66																																																															
Zn <sup>2+</sup> (aq)	+ 2 e <sup>-</sup>	→ Zn <sup>0</sup> (s)	-0,76																																																															
Fe <sup>2+</sup> (aq)	+ 2 e <sup>-</sup>	→ Fe <sup>0</sup> (s)	-0,44																																																															
Ni <sup>2+</sup> (aq)	+ 2 e <sup>-</sup>	→ Ni <sup>0</sup> (s)	-0,23																																																															
Sn <sup>2+</sup> (aq)	+ 2 e <sup>-</sup>	→ Sn <sup>0</sup> (s)	-0,14																																																															
2 H <sup>+</sup> (aq)	+ 2 e <sup>-</sup>	→ H <sub>2</sub> (g)	0,00 (por definição)																																																															
Cu <sup>2+</sup> (aq)	+ 2 e <sup>-</sup>	→ Cu <sup>0</sup> (s)	+0,34																																																															
I <sub>2</sub> (s)	+ 2 e <sup>-</sup>	→ 2 I <sup>-</sup> (aq)	+0,54																																																															
Fe <sup>3+</sup> (aq)	+ 1 e <sup>-</sup>	→ Fe <sup>2+</sup> (aq)	+0,77																																																															
Ag <sup>+</sup> (aq)	+ 1 e <sup>-</sup>	→ Ag <sup>0</sup> (s)	+0,80																																																															
Cl <sub>2</sub> (g)	+ 2 e <sup>-</sup>	→ 2 Cl <sup>-</sup> (aq)	+1,36																																																															
Au <sup>3+</sup> (aq)	+ 3 e <sup>-</sup>	→ Au <sup>0</sup> (s)	+1,40																																																															
F <sub>2</sub> (g)	+ 2 e <sup>-</sup>	→ 2 F <sup>-</sup> (aq)	+2,87																																																															
<p><math>Mg^{2+}(aq) + 2 e^{-} \longrightarrow Mg^0(s) \quad E^{\circ} = -2,36 V</math></p> <p><math>Ag^{+}(aq) + 1 e^{-} \longrightarrow Ag^0(s) \quad E^{\circ} = +0,80 V</math></p>	<p>2 - Geradores de energia portáteis</p>	<p>pág. 50</p>																																																																
<p style="text-align: center;"> <math>Zn^0(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^{-}</math>  <math>Fe^{2+}(aq) + 2e^{-} \longrightarrow Fe^0(s)</math>  <math>Zn^0(s) + Fe^{2+}(aq) \rightleftharpoons Zn^{2+}(aq) + Fe^0(s)</math> </p>	<p>2 - Geradores de energia portáteis</p>	<p>pág. 53</p>																																																																
	<p>2 - Geradores de energia portáteis</p>	<p>pág. 59</p>																																																																
<b>Livro: Saúde e tecnologia</b>																																																																		
<b>Representação</b>	<b>Capítulo do livro</b>	<b>Referência</b>																																																																
	<p>5 - Algumas substâncias utilizadas na área da saúde</p>	<p>pág. 119</p>																																																																
<p style="text-align: center;"> <math>:\ddot{O}::C::\ddot{O}:</math>      <math>O=C=O</math>      <math>\text{molécula linear}</math>  fórmula eletrônica      fórmula estrutural </p>	<p>5 - Algumas substâncias utilizadas na área da saúde</p>	<p>pág. 119</p>																																																																

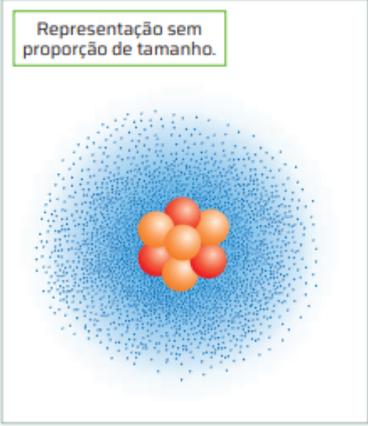
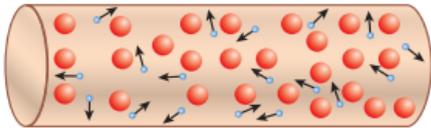
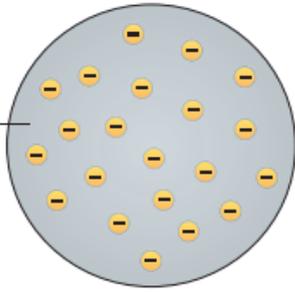
	6 - Ondas eletromagnéticas e a medicina	pág. 143
<b>Livro: Universo, materiais e evolução</b>		
<b>Livro: Conservação e transformação</b>		
<b>Livro: Terra e equilíbrios</b>		

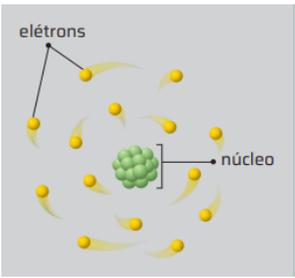
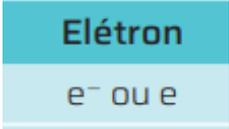
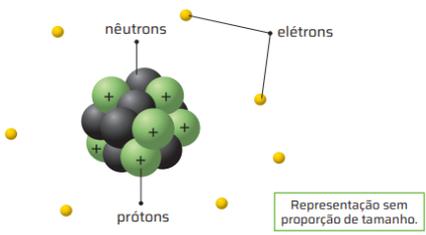
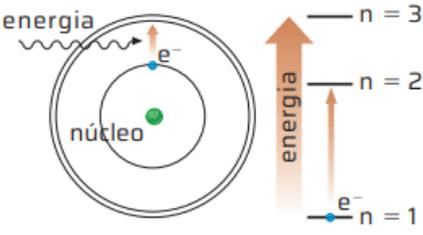
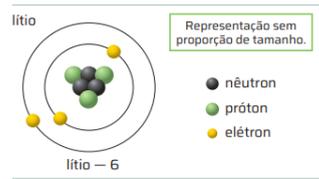
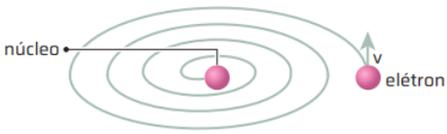
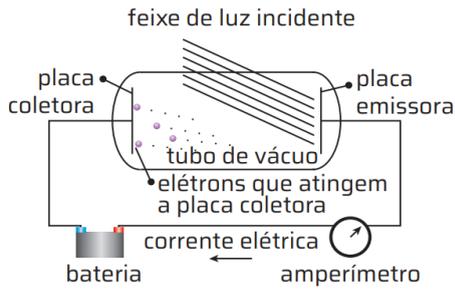
Fonte: Silva, 2022.

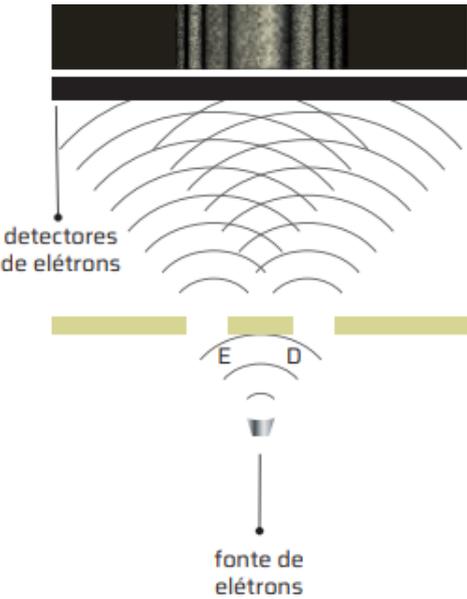
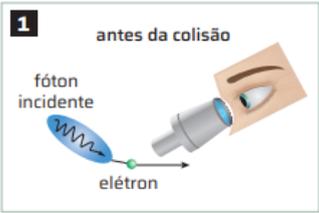
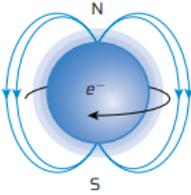
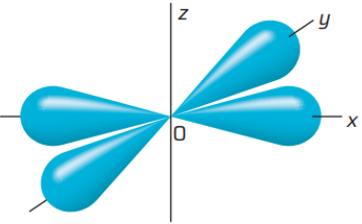
## APÊNDICE F - Representações de elétron presentes nos livros didáticos da editora Fm Educação, coleção Ser Protagonista.

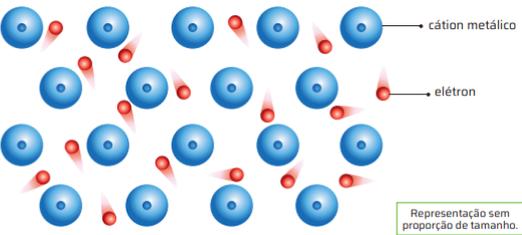
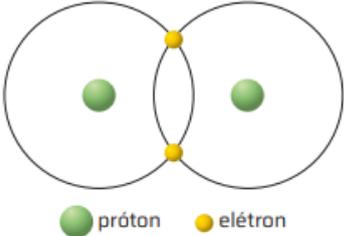
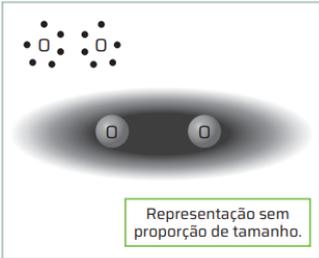
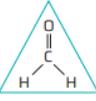
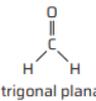
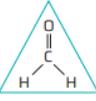
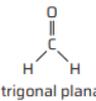
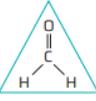
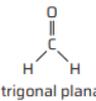
Quadro 10 - Livros da editora Fm Educação, coleção Ser Protagonista.

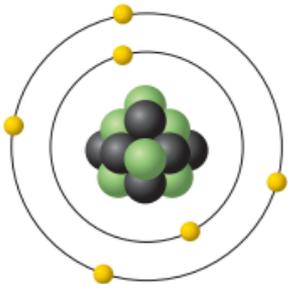
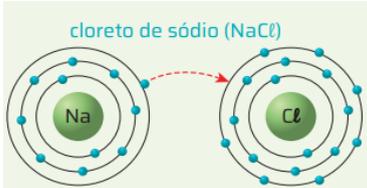
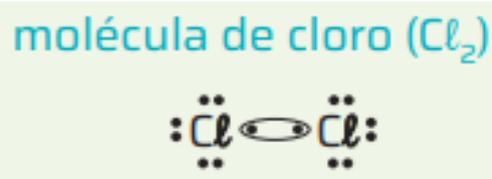
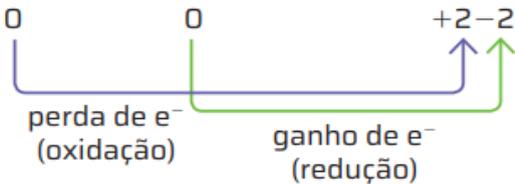
<b>Livro: Energia e Transformações</b>		
<b>Representação</b>	<b>Capítulo do livro</b>	<b>Referência</b>
	1 - Força elétrica e campo elétrico	pág. 49

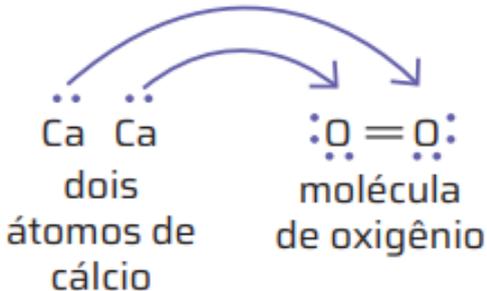
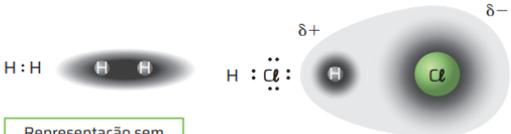
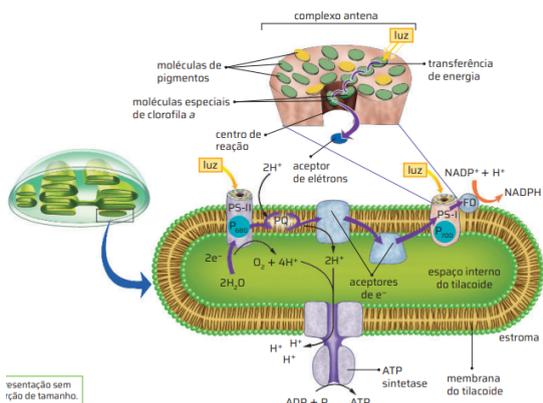
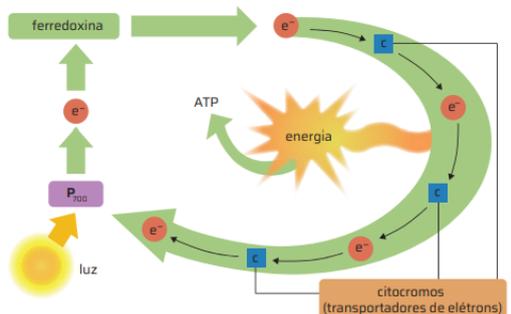
<p>Representação sem proporção de tamanho.</p> 	1 - Força elétrica e campo elétrico	pág. 49
<p>Dois elétrons:</p> 	1 - Força elétrica e campo elétrico	pág. 49
<p>elétrons (<math>-e</math>).</p>	1 - Força elétrica e campo elétrico	pág. 49
 <p> <span style="color: red;">●</span> átomo de cobre  <span style="color: blue;">●</span> elétron livre </p>	2 - Corrente elétrica e circuitos elétricos	pág. 57
<b>Livro: Composição e Estrutura dos Corpos</b>		
<b>Representação</b>	<b>Capítulo do livro</b>	<b>Referência</b>
	2 - Modelos atômicos e características dos átomos	pág. 29

	<p>2 - Modelos atômicos e características dos átomos</p>	<p>pág. 30</p>
	<p>2 - Modelos atômicos e características dos átomos</p>	<p>pág. 30</p>
	<p>2 - Modelos atômicos e características dos átomos</p>	<p>pág. 31</p>
	<p>2 - Modelos atômicos e características dos átomos</p>	<p>pág. 35</p>
	<p>2 - Modelos atômicos e características dos átomos</p>	<p>pág. 36</p>
	<p>2 - Modelos atômicos e características dos átomos</p>	<p>pág. 39</p>
	<p>3 - Física quântica</p>	<p>pág. 42</p>

	3 - Física quântica	pág. 44									
	3 - Física quântica	pág. 45									
	3 - Física quântica	pág. 46									
	3 - Física quântica	pág. 46									
<table border="1" data-bbox="306 1684 715 1886"> <thead> <tr> <th colspan="3">LÉPTONS</th> </tr> <tr> <th>Nome</th> <th>Símbolo</th> <th>Carga</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Elétron</td> <td><math>e^-</math></td> <td><math>-e</math></td> </tr> </tbody> </table>	LÉPTONS			Nome	Símbolo	Carga	Elétron	$e^-$	$-e$	3 - Física quântica	pág. 48
LÉPTONS											
Nome	Símbolo	Carga									
Elétron	$e^-$	$-e$									

	1 - Ligações químicas	pág. 72												
	1 - Ligações químicas	pág. 76												
<table border="0" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>16</td> <td>17</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td><math>\cdot\ddot{O}\cdot</math></td> <td><math>\cdot\ddot{F}\cdot</math></td> <td><math>\cdot\text{He}\cdot</math></td> </tr> <tr> <td><math>\cdot\ddot{S}\cdot</math></td> <td><math>\cdot\ddot{Cl}\cdot</math></td> <td><math>\cdot\ddot{Ne}\cdot</math></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td><math>\cdot\ddot{Ar}\cdot</math></td> </tr> </table>	16	17	18	$\cdot\ddot{O}\cdot$	$\cdot\ddot{F}\cdot$	$\cdot\text{He}\cdot$	$\cdot\ddot{S}\cdot$	$\cdot\ddot{Cl}\cdot$	$\cdot\ddot{Ne}\cdot$			$\cdot\ddot{Ar}\cdot$	1 - Ligações químicas	pág. 76
16	17	18												
$\cdot\ddot{O}\cdot$	$\cdot\ddot{F}\cdot$	$\cdot\text{He}\cdot$												
$\cdot\ddot{S}\cdot$	$\cdot\ddot{Cl}\cdot$	$\cdot\ddot{Ne}\cdot$												
		$\cdot\ddot{Ar}\cdot$												
$\text{H}\cdot\cdot\text{C}\cdot\cdot\text{N}\cdot$	1 - Ligações químicas	pág. 76												
	1 - Ligações químicas	pág. 77												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <th>Fórmula eletrônica</th> <th>Distribuição dos pares de elétrons ao redor do átomo central</th> <th>Geometria molecular</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\cdot\ddot{O}\cdot\cdot\text{C}\cdot\cdot\ddot{O}\cdot</math> 2 pares</td> <td style="text-align: center;"><math>\text{O}=\text{C}=\text{O}</math></td> <td><math>\text{O}=\text{C}=\text{O}</math> linear</td> </tr> <tr> <td><math>\begin{array}{c} \cdot\ddot{O}\cdot \\ \vdots \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \vdots \end{array}</math> 3 pares</td> <td style="text-align: center;"></td> <td> trigonal plana</td> </tr> <tr> <td><math>\cdot\ddot{O}\cdot\cdot\ddot{S}\cdot\cdot\ddot{O}\cdot</math> 3 pares</td> <td style="text-align: center;"></td> <td> angular</td> </tr> </tbody> </table>	Fórmula eletrônica	Distribuição dos pares de elétrons ao redor do átomo central	Geometria molecular	$\cdot\ddot{O}\cdot\cdot\text{C}\cdot\cdot\ddot{O}\cdot$ 2 pares	$\text{O}=\text{C}=\text{O}$	$\text{O}=\text{C}=\text{O}$ linear	$\begin{array}{c} \cdot\ddot{O}\cdot \\ \vdots \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \vdots \end{array}$ 3 pares		 trigonal plana	$\cdot\ddot{O}\cdot\cdot\ddot{S}\cdot\cdot\ddot{O}\cdot$ 3 pares		 angular	1 - Ligações químicas	pág. 78
Fórmula eletrônica	Distribuição dos pares de elétrons ao redor do átomo central	Geometria molecular												
$\cdot\ddot{O}\cdot\cdot\text{C}\cdot\cdot\ddot{O}\cdot$ 2 pares	$\text{O}=\text{C}=\text{O}$	$\text{O}=\text{C}=\text{O}$ linear												
$\begin{array}{c} \cdot\ddot{O}\cdot \\ \vdots \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \vdots \end{array}$ 3 pares		 trigonal plana												
$\cdot\ddot{O}\cdot\cdot\ddot{S}\cdot\cdot\ddot{O}\cdot$ 3 pares		 angular												

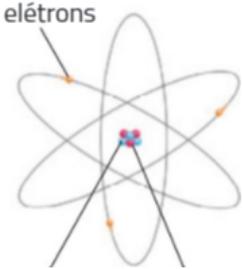
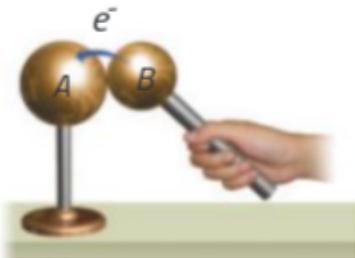
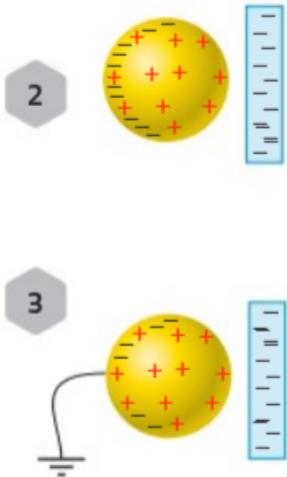
	<p>1 - Carbono e cadeias carbônicas</p>	<p>pág. 115</p>
<p><b>Livro: Ambiente e Ser Humano</b></p>		
<p><b>Representação</b></p>	<p><b>Capítulo do livro</b></p>	<p><b>Referência</b></p>
	<p>3 - Funções orgânicas</p>	<p>pág. 88</p>
<p><b>Livro: Matéria e Transformações</b></p>		
<p><b>Representação</b></p>	<p><b>Capítulo do livro</b></p>	<p><b>Referência</b></p>
	<p>1 - Contando átomos e moléculas</p>	<p>pág. 17</p>
	<p>1 - Contando átomos e moléculas</p>	<p>pág. 17</p>
 <p>Representação de elétrons deslocalizados ao redor dos núcleos. Cores-fantasia.</p>	<p>1 - Contando átomos e moléculas</p>	<p>pág. 17</p>
	<p>1 - Contando átomos e moléculas</p>	<p>pág. 19</p>

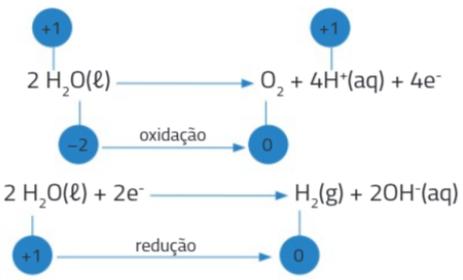
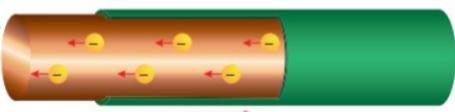
 <p>Ca Ca dois átomos de cálcio</p> <p>molécula de oxigênio</p>	1 - Contando átomos e moléculas	pág. 19
$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^- \longrightarrow 2\text{Cl}^-(\text{aq})$ $2\text{I}^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{I}_2(\text{s}) + 2\text{e}^-$	1 - Contando átomos e moléculas	pág. 21
 <p>H:H      H:Cl</p> <p>Representação sem proporção de tamanho.</p>	1 - Contando elétrons	pág. 78
 <p>complexo antena</p> <p>moléculas de pigmentos</p> <p>moléculas especiais de clorofila a</p> <p>centro de reação</p> <p>2H<sub>2</sub>O → 2e<sup>-</sup> + O<sub>2</sub> + 4H<sup>+</sup></p> <p>2H<sup>+</sup> + 2e<sup>-</sup> → 2H<sub>2</sub></p> <p>aceptor de elétrons</p> <p>aceptores de e<sup>-</sup></p> <p>ATP sintetase</p> <p>ADP + P<sub>i</sub> → ATP</p> <p>espaço interno do tilacoide</p> <p>estroma</p> <p>membrana do tilacoide</p> <p>luz</p> <p>transferência de energia</p> <p>NADP<sup>+</sup> + H<sup>+</sup> → NADPH</p> <p>representação sem proporção de tamanho.</p>	2 - Metabolismo celular	pág. 99
 <p>ferredoxina</p> <p>ATP</p> <p>energia</p> <p>luz</p> <p>citocromos (transportadores de elétrons)</p>	2 - Metabolismo celular	pág. 100
Livro: Vida, Saúde e Genética		
Livro: Evolução, Tempo e Espaço		

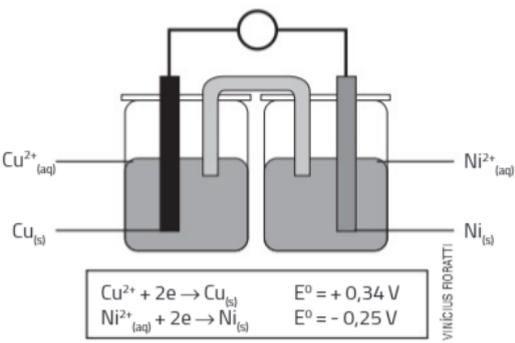
Fonte: Silva, 2022.

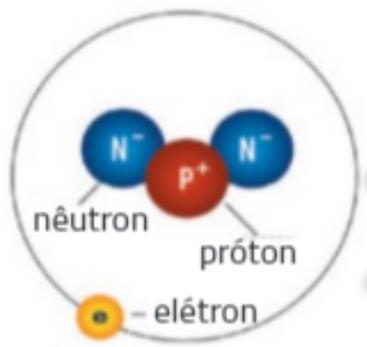
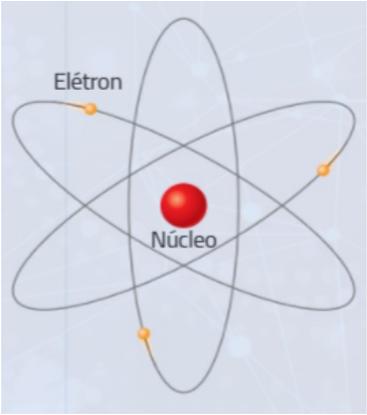
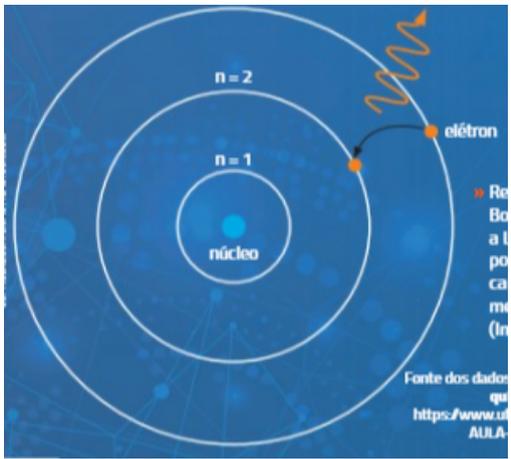
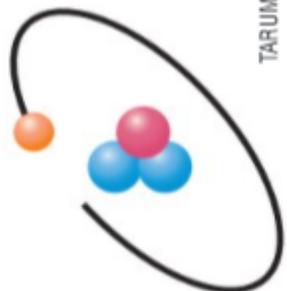
**APÊNDICE G - Representações de elétron presentes nos livros didáticos da editora FDT, coleção Multiversos.**

Quadro 11 - Livros da editora FDT, coleção Multiversos.

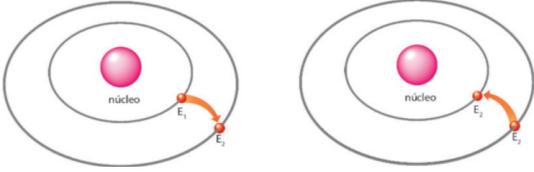
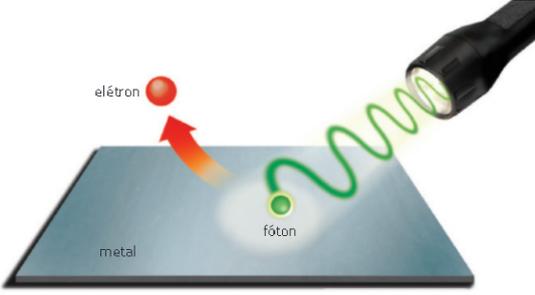
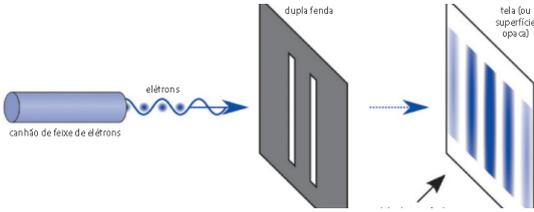
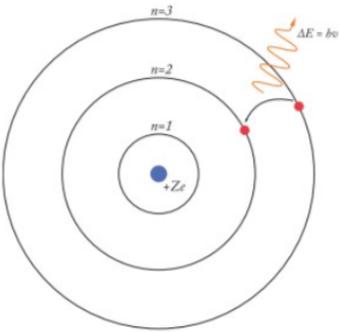
Livro: Eletricidade na sociedade e na vida		
Representação	Capítulo do livro	Referência
	1 - Carga elétrica e eletrização	pág. 50
	1 - Carga elétrica e eletrização	pág. 50
	1 - Carga elétrica e eletrização	pág. 53
	1 - Carga elétrica e eletrização	pág. 53

	1 - Oxidação, redução e corrosão	pág. 97																								
$\text{Zn}^0(\text{s}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$ $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^0(\text{s})$ <hr/> $\text{Zn}^0(\text{s}) + \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cu}^0(\text{s})$	2 - Pilhas	pág. 104																								
$\text{Al}^0(\text{s}) \rightarrow \text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^-$ $3\text{Ag}^+(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow 3\text{Ag}^0(\text{s})$ <hr/> $\text{Al}^0(\text{s}) + 3\text{Ag}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{Ag}^0(\text{s})$	2 - Pilhas	pág. 105																								
<table border="1" data-bbox="247 1048 769 1496"> <thead> <tr> <th colspan="2">Potenciais-padrão de redução nas condições-padrão</th> </tr> <tr> <th>Semiequação de redução</th> <th><math>E^\circ(\text{V})</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\text{Li}^+(\text{aq}) + 1\text{e}^- \rightarrow \text{Li}(\text{s})</math></td> <td>-3,04</td> </tr> <tr> <td><math>\text{K}^+(\text{aq}) + 1\text{e}^- \rightarrow \text{K}(\text{s})</math></td> <td>-2,93</td> </tr> <tr> <td><math>\text{Na}^+(\text{aq}) + 1\text{e}^- \rightarrow \text{Na}(\text{s})</math></td> <td>-2,71</td> </tr> <tr> <td><math>\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mg}(\text{s})</math></td> <td>-2,37</td> </tr> <tr> <td><math>\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}(\text{s})</math></td> <td>-1,66</td> </tr> <tr> <td><math>2\text{H}_2\text{O}(\ell) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})</math></td> <td>-0,83</td> </tr> <tr> <td><math>\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{s})</math></td> <td>-0,76</td> </tr> <tr> <td><math>\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{s})</math></td> <td>-0,44</td> </tr> <tr> <td><math>\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni}(\text{s})</math></td> <td>-0,26</td> </tr> <tr> <td><math>\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}(\text{s})</math></td> <td>-0,14</td> </tr> </tbody> </table>	Potenciais-padrão de redução nas condições-padrão		Semiequação de redução	$E^\circ(\text{V})$	$\text{Li}^+(\text{aq}) + 1\text{e}^- \rightarrow \text{Li}(\text{s})$	-3,04	$\text{K}^+(\text{aq}) + 1\text{e}^- \rightarrow \text{K}(\text{s})$	-2,93	$\text{Na}^+(\text{aq}) + 1\text{e}^- \rightarrow \text{Na}(\text{s})$	-2,71	$\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mg}(\text{s})$	-2,37	$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}(\text{s})$	-1,66	$2\text{H}_2\text{O}(\ell) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$	-0,83	$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{s})$	-0,76	$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{s})$	-0,44	$\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni}(\text{s})$	-0,26	$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}(\text{s})$	-0,14	2 - Pilhas	pág. 106
Potenciais-padrão de redução nas condições-padrão																										
Semiequação de redução	$E^\circ(\text{V})$																									
$\text{Li}^+(\text{aq}) + 1\text{e}^- \rightarrow \text{Li}(\text{s})$	-3,04																									
$\text{K}^+(\text{aq}) + 1\text{e}^- \rightarrow \text{K}(\text{s})$	-2,93																									
$\text{Na}^+(\text{aq}) + 1\text{e}^- \rightarrow \text{Na}(\text{s})$	-2,71																									
$\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mg}(\text{s})$	-2,37																									
$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}(\text{s})$	-1,66																									
$2\text{H}_2\text{O}(\ell) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$	-0,83																									
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{s})$	-0,76																									
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{s})$	-0,44																									
$\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni}(\text{s})$	-0,26																									
$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}(\text{s})$	-0,14																									
<p>Ânodo: <math>\text{Zn}^0(\text{s}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-</math>  Cátodo: <math>2\text{MnO}_2(\text{s}) + 2\text{NH}_4^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}_2\text{O}_3(\text{s}) + 2\text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\ell)</math></p>	2 - Pilhas	pág. 107																								
	2 - Pilhas	pág. 108																								
<p>Dados:</p> $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^0 \quad E^\circ = +0,34 \text{ V}$ $\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^0 \quad E^\circ = -0,44 \text{ V}$ $\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}^0 \quad E^\circ = -1,66 \text{ V}$ $\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mg}^0 \quad E^\circ = -2,37 \text{ V}$	2 - Pilhas	pág. 109																								

 <p> <math>\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}_{(s)} \quad E^0 = +0,34 \text{ V}</math>  <math>\text{Ni}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Ni}_{(s)} \quad E^0 = -0,25 \text{ V}</math> </p> <p style="text-align: right; font-size: small;">VINICIUS FORBATTI</p>	2 - Pilhas	pág. 110																		
$\text{NaCl}_{(s)} \rightarrow \text{Na}^+_{(l)} + \text{Cl}^-_{(l)}$ <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> $2\text{Cl}^-_{(l)} \rightarrow \text{Cl}_{2(g)} + 2e^-$ $2\text{Na}^+_{(l)} + 2e^- \rightarrow 2\text{Na}^0_{(s)}$ <hr style="border-top: 1px solid black;"/> $2\text{Na}^+_{(l)} + 2\text{Cl}^-_{(l)} \rightarrow 2\text{Na}^0_{(s)} + \text{Cl}_{2(g)}$	3 - Eletrólise	pág. 112																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #e1f5fe;"> <th colspan="3">Prioridade de descarga na eletrólise do NaCl</th> </tr> <tr style="background-color: #e1f5fe;"> <th></th> <th>Cátodo</th> <th>Ânodo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #e1f5fe;">Competição entre íons</td> <td>H<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup></td> <td>Cl<sup>-</sup> e OH<sup>-</sup></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #e1f5fe;">Facilidade de descarga</td> <td>H<sup>+</sup> &gt; Na<sup>+</sup></td> <td>Cl<sup>-</sup> &gt; OH<sup>-</sup></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #e1f5fe;">Semirreação nos eletrodos</td> <td>Redução: 2H<sup>+</sup> + 2e<sup>-</sup> → H<sub>2</sub></td> <td>Oxidação: 2Cl<sup>-</sup> → Cl<sub>2</sub> + 2e<sup>-</sup></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #e1f5fe;">Íons presentes na solução</td> <td>Na<sup>+</sup></td> <td>OH<sup>-</sup></td> </tr> </tbody> </table>	Prioridade de descarga na eletrólise do NaCl				Cátodo	Ânodo	Competição entre íons	H <sup>+</sup> e Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup> e OH <sup>-</sup>	Facilidade de descarga	H <sup>+</sup> > Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup> > OH <sup>-</sup>	Semirreação nos eletrodos	Redução: 2H <sup>+</sup> + 2e <sup>-</sup> → H <sub>2</sub>	Oxidação: 2Cl <sup>-</sup> → Cl <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup>	Íons presentes na solução	Na <sup>+</sup>	OH <sup>-</sup>	3 - Eletrólise	pág. 114
Prioridade de descarga na eletrólise do NaCl																				
	Cátodo	Ânodo																		
Competição entre íons	H <sup>+</sup> e Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup> e OH <sup>-</sup>																		
Facilidade de descarga	H <sup>+</sup> > Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup> > OH <sup>-</sup>																		
Semirreação nos eletrodos	Redução: 2H <sup>+</sup> + 2e <sup>-</sup> → H <sub>2</sub>	Oxidação: 2Cl <sup>-</sup> → Cl <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup>																		
Íons presentes na solução	Na <sup>+</sup>	OH <sup>-</sup>																		
$6\text{Cl}^-_{(aq)} \rightarrow 3\text{Cl}_{2(g)} + 6e^-$ $2\text{Cr}^{3+}_{(aq)} + 6e^- \rightarrow 2\text{Cr}^0_{(s)}$ <hr style="border-top: 1px solid black;"/> $6\text{Cl}^-_{(aq)} + 2\text{Cr}^{3+}_{(aq)} \rightarrow 3\text{Cl}_{2(g)} + 2\text{Cr}^0_{(s)}$	3 - Eletrólise	pág. 115																		
<p><b>3º passo:</b> Descobrimo a massa de cobre depositada.</p> $\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}^0$ <p>2 mol e<sup>-</sup> _____ 63,5 g de Cu<sup>0</sup></p> <p>0,1 mol e<sup>-</sup> _____ X</p> <p>X = <b>3,175 g de Cu</b> foram depositados sobre a chave.</p> <p>A massa total da chave após eletrólise será de:</p> $20 + 3,175 = \mathbf{23,175 \text{ g}}$	3 - Eletrólise	pág. 115																		
Livro: Origens																				
Representação	Capítulo do livro	Referência																		

	<p>2 - Ciclo estelar e formação dos elementos químicos</p>	<p>pág. 21</p>
<p>Livro: Matéria, energia e a vida</p>		
Representação	Capítulo do livro	Referência
	<p>1 - Átomos</p>	<p>pág. 62</p>
	<p>1 - Átomos</p>	<p>pág. 63</p>
	<p>1 - Átomos</p>	<p>pág. 65</p>

	<p>1 - Átomos</p>	<p>pág. 66</p>										
<p>→ Fórmula de Lewis</p> <p> <math>\text{Na}^{\bullet} + \cdot\ddot{\text{Cl}}\cdot \rightarrow \text{Na}^+ \text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:}^-</math>  <small>2-8-1      2-8-7      2-8      2-8-8</small>          atração iônica → NaCl       </p> <p>         i) -se Na<sup>+</sup>          O cloro (Cl) transforma-se em ânion Cl<sup>-</sup> </p> <p>cristal de cloreto de sódio</p>	<p>3 - Ligações químicas</p>	<p>pág. 78</p>										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Fórmula molecular Número de átomos de cada elemento</th> <th>Fórmula eletrônica ou de Lewis Elétrons da camada de valência e compartilhamento eletrônico</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cl<sub>2</sub> (gás cloro)</td> <td><math>\text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:}</math></td> </tr> <tr> <td>O<sub>2</sub> (gás oxigênio)</td> <td><math>\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}</math></td> </tr> <tr> <td>N<sub>2</sub> (gás nitrogênio)</td> <td><math>\text{:}\text{N}\text{:}\text{N}\text{:}</math></td> </tr> <tr> <td>H<sub>2</sub>O (água)</td> <td><math>\text{H}\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}\text{H}</math></td> </tr> </tbody> </table>	Fórmula molecular Número de átomos de cada elemento	Fórmula eletrônica ou de Lewis Elétrons da camada de valência e compartilhamento eletrônico	Cl <sub>2</sub> (gás cloro)	$\text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:}$	O <sub>2</sub> (gás oxigênio)	$\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}$	N <sub>2</sub> (gás nitrogênio)	$\text{:}\text{N}\text{:}\text{N}\text{:}$	H <sub>2</sub> O (água)	$\text{H}\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}\text{H}$	<p>3 - Ligações químicas</p>	<p>pág. 79</p>
Fórmula molecular Número de átomos de cada elemento	Fórmula eletrônica ou de Lewis Elétrons da camada de valência e compartilhamento eletrônico											
Cl <sub>2</sub> (gás cloro)	$\text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:}$											
O <sub>2</sub> (gás oxigênio)	$\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}$											
N <sub>2</sub> (gás nitrogênio)	$\text{:}\text{N}\text{:}\text{N}\text{:}$											
H <sub>2</sub> O (água)	$\text{H}\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}\text{H}$											
<p> <math>\text{A} \rightarrow \text{A}^+ + e^-</math> (oxidação)  <math>\text{B} + e^- \rightarrow \text{B}^-</math> (redução)       </p>	<p>2 - Metabolismo celular</p>	<p>pág. 105</p>										
<div style="border: 1px solid orange; padding: 10px; display: inline-block;"> <math display="block">2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{Luz}} 4e^- + 4\text{H}^+ + \text{O}_2</math> </div>	<p>2 - Metabolismo celular</p>	<p>pág. 108</p>										
<p><b>Livro: Ciência, tecnologia e cidadania</b></p>												
<p><b>Representação</b></p>	<p><b>Capítulo do livro</b></p>	<p><b>Referência</b></p>										
<p><math>(\text{}_{-1}^0\text{e})</math>: elétron</p>	<p>2 - Reações nucleares</p>	<p>pág. 102</p>										

	<p>3 - Tópicos da física moderna</p>	<p>pág. 143</p>
	<p>3 - Tópicos da física moderna</p>	<p>pág. 144</p>
	<p>3 - Tópicos da física moderna</p>	<p>pág. 146</p>
	<p>3 - Tópicos da física moderna</p>	<p>pág. 151</p>
<p>Livro: Ciência, sociedade e ambiente</p>		
<p>Livro: Movimentos e equilíbrios na natureza</p>		

Fonte: Silva, 2022.