



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS DO PONTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM QUÍMICA**



JONATHAN RAFAEL VIEIRA DOS SANTOS

**ANÁLISE DA ABORDAGEM HISTÓRICA PARA O CONTEÚDO DE
ELETROQUÍMICA NOS LIVROS DIDÁTICOS DE CIÊNCIAS DA
NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS - PNLD 2021**

**ITUIUTABA
2023**

JONATHAN RAFAEL VIEIRA DOS SANTOS

**ANÁLISE DA ABORDAGEM HISTÓRICA PARA O CONTEÚDO DE
ELETROQUÍMICA NOS LIVROS DIDÁTICOS DE CIÊNCIAS DA
NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS - PNLD 2021**

Monografia de Conclusão de Curso apresentada à Comissão Avaliadora como parte das exigências do Curso de Graduação em Química: Licenciatura do Instituto de Ciências Exatas e Naturais do Pontal da Universidade Federal de Uberlândia.

Orientador: prof. Dr. José Gonçalves Teixeira Júnior

Ituiutaba, 2023



ATA DE DEFESA - GRADUAÇÃO

Curso de Graduação em:	103027 LN - Curso de Graduação em Química Grau Licenciatura				
Defesa de:	GQI108 Trabalho de Conclusão de Curso				
Data:	29/06/2023	Hora de início:	19h00min	Hora de encerramento:	22h30min
Matrícula do Discente:	21411QMI220				
Nome do Discente:	JONATHAN RAFAEL VIEIRA DOS SANTOS				
Título do Trabalho:	Análise da abordagem histórica para o conteúdo de eletroquímica nos livros didáticos de Ciências da Natureza e suas tecnologias - PNLD 2021				

A carga horária curricular foi cumprida integralmente? Sim Não

Reuniu-se no Auditório 2, no Campus Pontal da Universidade Federal de Uberlândia em Ituiutaba – MG, os membros da Comissão Avaliadora designada pelo Colegiado dos Cursos de Graduação em Química (graus: bacharelado e licenciatura) do ICENP-UFU, assim composta: Profa. Dra. Fernanda Monteiro Rigue (ICENP/UFU), Prof. Dr. Juliano Soares Pinheiro (IQUFU), Profa. Me. Tatiane Aparecida Silva Rocha (E. E. Gov. Israel Pinheiro) e Prof. Dr. José Gonçalves Teixeira Júnior (ICENP/UFU), orientador do estudante.

Iniciando os trabalhos, o presidente da mesa, Prof. Dr. José Gonçalves Teixeira Júnior apresentou a Comissão Avaliadora e o estudante, agradeceu a presença do público e concedeu ao estudante a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do estudante e o tempo de arguição e resposta foram realizados conforme as normativas do curso.

A seguir o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, às avaliadoras e ao avaliador, que passaram a arguir o estudante. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a comissão, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o estudante:

(X) Aprovado - Nota 95,0

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e aprovada foi assinada pelos membros da Comissão Avaliadora.



Documento assinado eletronicamente por **José Gonçalves Teixeira Junior, Professor(a) do Magistério Superior**, em 01/07/2023, às 09:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Juliano Soares Pinheiro, Professor(a) do Magistério Superior**, em 01/07/2023, às 10:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **TATIANE APARECIDA SILVA ROCHA, Usuário Externo**, em 02/07/2023, às 00:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fernanda Monteiro Rigue, Professor(a) do Magistério Superior**, em 03/07/2023, às 11:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4617942** e o código CRC **9F1AC9FF**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me mantido na trilha certa durante este projeto de pesquisa com saúde e forças para chegar até o final.

Sou grato à minha família pelo apoio, carinho, amor e atenção que sempre me deram durante toda a minha vida.

Deixo um agradecimento especial ao meu orientador, o prof. Dr. José Gonçalves Teixeira Júnior, pela paciência, por todo o incentivo e pela dedicação do seu precioso tempo ao meu projeto de pesquisa.

Também quero agradecer à Universidade Federal de Uberlândia, em especial meus professores André Santos, Anizio, Bogado, Dinelli, Flash, Gilberto, Hugo, Bogado, Regina, Renata, Rosana e Panatieri e a todo corpo docente do ICENP. E, em especial, aos professores que aceitaram participar da banca de defesa deste trabalho.

Agradeço também aos meus amigos e colegas de laboratório por todo suporte e por compartilharem dos inúmeros desafios que enfrentamos, sempre com o espírito colaborativo.

Meus agradecimentos a todos que de alguma maneira foram presentes em minha vida e da minha jornada universitária, mesmo que aqui não foram citados, tenho em meu coração uma enorme gratidão por cada um/uma.

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo analisar como os livros didáticos do ensino médio, aprovados no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2021, abordam elementos da história associada ao conteúdo de eletroquímica. Parte do pressuposto de que a história da Ciência pode conferir uma dimensão humana aos conteúdos científicos e conectá-los aos interesses éticos, culturais e políticos da sociedade. Assim, utilizou-se da metodologia da análise documental para examinar os livros didáticos de Ciências da Natureza e suas tecnologias, envolvendo uma avaliação sobre a abordagem histórica relacionada ao conteúdo de eletroquímica presentes nas obras aprovadas no PNLD 2021, para o Ensino Médio. Foram selecionados cinco critérios de análise: i) Posicionamento da história da Química no capítulo e a forma de apresentação da história; ii) Nomes dos cientistas e ano das descobertas; iii) Explicação da contribuição de outros cientistas; iv). Abordagem sobre a aceitação das teorias propostas pelos cientistas; v) Erros experimentais ou outros equívocos na interpretação. Com estes critérios foi possível observar a baixa importância que a história da Ciência ocupa nos livros, em específico a história relacionada às descobertas da eletroquímica nos livros didáticos. Essa baixa importância é notada pela pouca relevância que os capítulos que abordam a eletroquímica trazem para a contextualização histórica dos trabalhos desenvolvidos por Galvani e Volta, visto que estes são citados, muitas vezes como uma curiosidade ou de forma superficial, apenas com nomes e datas. Porém, dentre os sete livros analisados, três trazem mais detalhes sobre os trabalhos de Galvani e Volta, deixando evidente a importância dos seus trabalhos e suas interpretações para os fenômenos, assim como suas contribuições para os trabalhos desenvolvidos por Daniell. Em relação aos outros livros, dois deles trazem apenas Volta como precursor das pilhas e baterias utilizadas atualmente, sem fazer menção a Galvani. E um dos livros, apesar de mencionar estes cientistas em outras partes do capítulo, atribui a Daniell, como o inventor da pilha – sem creditar as contribuições de outros pesquisadores. Com os resultados deste trabalho, compreende-se que a abordagem histórica proposta nos capítulos de eletroquímica não é empregada de forma adequada nos livros didáticos de Ciências da Natureza. Entende-se que é necessário que os livros apresentassem contextualizações com a história da Ciência, para combater visões deformadas como a de que esta é infalível ou inquestionável.

Palavras-chave: *história da Química; livro didático; eletroquímica.*

ABSTRACT

The present study aims to analyze how high school textbooks, approved in the National Textbook Program (PNLD) 2021, address elements of history associated with the content of electrochemistry. It assumes that the history of Science can provide a human dimension to scientific content and connect it to the ethical, cultural, and political interests of society. Thus, the methodology of document analysis was used to examine the textbooks of Natural Sciences and their technologies, involving an evaluation of the historical approach related to the content of electrochemistry present in the approved works in PNLD High School 2021. Five criteria for analysis were selected: i) Placement of the history of chemistry in the chapter and the way history is presented; ii) Names of scientists and year of discoveries; iii) Explanation of the contribution of other scientists; iv) Approach to the acceptance of theories proposed by scientists; v) Experimental errors or other mistakes in interpretation. With these criteria, it was possible to observe the low importance that the history of Science occupies in the books, specifically the history related to the discoveries of electrochemistry in textbooks. This low importance is noticed by the little relevance that the chapters addressing electrochemistry bring to the historical contextualization of the work developed by Galvani and Volta, as they are often mentioned only as a curiosity or superficially, with just names and dates. However, among the seven analyzed books, three provide more details about the work of Galvani and Volta, making evident the importance of their work and interpretations for the phenomena, as well as their contributions to the work developed by Daniell. Regarding the other books, two of them only mention Volta as the precursor of the batteries currently used, without mentioning Galvani. And one of the books, although mentioning these scientists in other parts of the chapter, attributes the invention of the battery to Daniell without crediting the contributions of other researchers. With the results of this study, it is understood that the historical approach proposed in the electrochemistry chapters is not properly employed in the textbooks of Natural Sciences. It is understood that it is necessary for the books to provide contextualization with the history of Science to counter distorted views such as the idea that Science is infallible or unquestionable.

Keywords: *history of Chemistry; textbooks; electrochemistry.*

SUMÁRIO

1-INTRODUÇÃO	8
2- REVISÃO DA LITERATURA	11
Importância da história da Ciência no ensino.	11
Importância dos livros didáticos em sala de aula	13
Eletroquímica e sua importância nos conteúdos de Química	14
3- METODOLOGIA	17
4- RESULTADOS E DISCUSSÕES	21
4.1. Relação de posicionamento da história da Química nos livros e a forma de apresentação da história	21
4.2. Nomes dos cientistas e ano das descobertas.....	24
4.3. Explicação da contribuição de outros cientistas.....	26
4.4. Abordagem sobre a aceitação das teorias propostas pelos cientistas	29
4.5. Erros experimentais ou outros equívocos na interpretação	31
5- CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
REFERÊNCIAS	35

1-INTRODUÇÃO

O livro didático desempenha um papel fundamental no trabalho dos professores de Química. Ele é uma ferramenta essencial que auxilia nos processos de ensino, fornecendo aporte para o desenvolvimento dos conteúdos, apoio para a proposição de exercícios, exemplos, ilustrações e gráficos que ajudam os estudantes a compreenderem os conceitos químicos. Os livros didáticos geralmente fornecem um guia de apoio aos professores, que inclui uma sequência sugerida de tópicos, objetivos de aprendizagem e atividades complementares. Isso inclui sugestões de metodologias de ensino, estratégias de aprendizagem, formas de abordar dificuldades comuns dos alunos e sugestões de atividades práticas. Essas informações ajudam os professores a diversificarem suas aulas e a adaptarem os conteúdos às necessidades e características dos alunos. As pesquisas sobre os livros didáticos incluem temas de análise diversos, por exemplo as funções orgânicas (AMARAL; XAVIER; MACIEL, 2009), cinética química (MARTORANO, 2009), dissolução (LEMES; SOUZA; CARDOSO, 2010), ácidos e bases (LIMA; MORADILLO, 2019), modelos atômicos (BIGNARDI; GIBIN, 2021) e, ligações químicas (RODRIGUES *et al.*, 2022), dentre outros.

Entretanto, embora o livro didático seja uma ferramenta essencial, é importante destacar que este não deve ser o único recurso utilizado pelos professores, sendo necessário buscar outras fontes de informação para complementar seu trabalho, como materiais de laboratório, recursos digitais e exemplos do mundo real, para enriquecer a experiência de aprendizagem dos alunos e promover uma compreensão mais profunda da Química.

Além disso, de acordo com Jiménez e Bravo (2000 *apud* TEIXEIRA JÚNIOR; SILVA, 2009, p. 572) quando um professor tem dificuldades conceituais, “têm maior dependência do livro-texto, tanto na instrução, como na avaliação; dependem mais da memorização da informação; e podem fomentar atitudes negativas das Ciências nos estudantes”. Ainda neste sentido, Echeverría, Mello e Gauche (2010, p. 268) destacam que “O professor leigo [que não tem qualificação ou formação pedagógica] não sabe por que ensina os conteúdos que ensina nem por que “é adotado” por esse ou aquele livro didático. Mais ainda: não tem condições de avaliar o livro didático que está usando”. Por isso, a importância de que estes livros estejam isentos de erros conceituais e que apresentem diferentes possibilidades para o trabalho docente.

Assim, uma das principais estratégias de análise e avaliação da qualidade dos livros didáticos é o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), que desde 1996, o governo federal constitui uma comissão especial com professores universitários e da educação básica para analisar a qualidade das obras, a presença de erros conceituais, a atualização dos conteúdos,

dentre outros aspectos. O programa tem o objetivo de democratizar o acesso aos livros didáticos, à medida que propicia a distribuição gratuita a todos os estudantes das escolas públicas brasileiras, visando melhorar a qualidade dos processos de ensino e de aprendizagem. Em 2004, o PNLD passa a avaliar os livros do ensino médio e, em 2008 chega às escolas os primeiros livros de Química aprovados pelo programa (BOTON, 2014). Desde então, diferentes pesquisadores têm analisado aspectos relacionados à esta avaliação como a presença de obstáculos epistemológicos (STADLER *et al.*, 2012), as atividades experimentais (MORI; CURVELO, 2013), as questões ambientais (MARTINS *et al.*, 2015), a história da Ciência (FRANCO-PATROCÍNIO; FREITAS-REIS, 2017); os cálculos químicos (LEITE; SOARES, 2018), as relações étnico-raciais (SANTOS; TOLENTINO NETO, 2018) e a interdisciplinaridade (LEITE; SOARES, 2022), dentre outros.

Em relação aos aspectos históricos, verifica-se que os livros, em sua grande maioria, trazem uma linearidade quando aborda os conceitos científicos. Se o professor não se atentar a isso, a forma como alguns conteúdos são abordados dão a entender que o desenvolvimento de hipóteses e teorias seguiram de forma linear até os dias atuais. Entretanto, a análise histórica de conceitos científicos proporciona um triunfo em relação a essa perspectiva, deixando de lado visões ingênuas e distorcidas da Ciência. Essa importância dada para a história da Ciência é relativamente nova, tendo em vista que não são todos os livros ou materiais didáticos que têm esse cuidado. Contudo, algumas gerações sofreram com essa desatenção, passando então a ter uma noção linear da Ciência, sem entender que tais teorias foram desenvolvidas por pessoas, que de forma coletiva erraram e acertaram, tendo o uso de trabalhos e materiais produzidos por outros, que de certa forma, foram influenciados pelos contextos em que viveram (SEQUEIRA; LEITE, 1988).

Além disso, a ideia distorcida do que é Ciência promove cada vez mais um distanciamento com a sociedade com quem produz, divulga e ensina Ciência. E foi com essa discussão que, em uma aula de história da Química fui apresentado a esse problema. Na etapa final da disciplina, o professor propôs que cada um dos alunos elaborasse um seminário, cada estudante sobre um conteúdo de Química que mais tivesse dificuldade em aprender – seja na educação básica ou no ensino superior, utilizando a historiografia como base. Logo lembrei das dificuldades que tive em entender eletroquímica, desde o ensino médio, pois não compreendia como algo tão complexo como as pilhas foi construído. Esse trabalho me marcou muito, pois acreditava que minha dificuldade estava no desenvolvimento dos conteúdos de eletroquímica, mas no fim do trabalho entendi que minha maior dificuldade, na verdade, era entender sua origem, sua construção e sua relação com outros conceitos.

Na mesma época, eu atuava como bolsista do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) na Escola Estadual Governador Israel Pinheiro, onde presenciei algo que me marcou. Durante uma das aulas de Química, o professor estava explicando o conteúdo das reações de oxirredução, fazendo uma introdução a pilhas de Daniell; vi que alguns alunos associaram a eletricidade produzida por uma pilha com a eletricidade das tomadas, logo com a empolgação associaram também com a eletricidade produzida por fricção. Nesse momento, vi uma oportunidade única de trazer o que aprendi preparando o seminário para a disciplina de História da Química e minhas pesquisas sobre a identidade entre o galvanismo e a eletricidade e os trabalhos de Alessandro Volta, ou até em trazer uma explicação do porquê uma pilha é capaz de produzir efeitos que a eletricidade estática não produz, como acender uma lâmpada. Nesse caso, entendo que uma breve introdução histórica poderia esclarecer essas dúvidas, mas logo o professor interrompeu a discussão para dar continuidade às explicações sobre as propriedades das pilhas. Ou seja, perdeu uma oportunidade interessante de trazer as dúvidas dos estudantes e relacioná-las aos aspectos históricos.

Neste momento, fiquei pensando se a ausência de aspectos históricos relacionados à eletroquímica nas aulas que acompanhei durante o PIBID ou mesmo durante minha formação inicial era em função da falta de conhecimento por parte dos professores ou se estes aspectos se faziam presentes nos livros didáticos adotados pela escola. Como não era possível analisar as compreensões dos meus professores de Química da educação básica, optei por verificar se os livros de Química para o ensino médio abordam aspectos históricos durante os capítulos sobre eletroquímica. Entretanto, em função das mudanças propostas na Base Nacional Comum Curricular, a partir de 2021 o PNL D deixou de oferecer livros específicos de Química e passou a disponibilizar obras da área de Ciências da Natureza e suas tecnologias – envolvendo os conteúdos de Química, Física e Biologia. De acordo com o Guia do PNL D 2021, “Entende-se que os conteúdos científicos não são estáticos ou independentes uns dos outros e podem ser trabalhados conjuntamente, de maneira contextual e interdisciplinar, integrando suas semelhanças e discutindo suas diferenças epistemológicas” (BRASIL, 2021, p. 20). Assim, o objetivo deste trabalho é realizar análises de livros didáticos aprovados no PNL D 2021, acerca de como os aspectos da história da química, especificamente sobre os conteúdos de eletroquímica, presentes em todas as obras aprovadas no PNL D 2021 para a área de Ciências da Natureza e suas tecnologias.

2- REVISÃO DA LITERATURA

Importância da história da Ciência no ensino.

É importante destacar a linha de pesquisa da história da Ciência como uma importante área para o desenvolvimento do ensino dos conteúdos de Química. Esta área sendo utilizada no ensino, com destaque na Química, traz uma compressão do desenvolvimento do histórico científico e sua relação com contextos sociais na formação do senso crítico dos alunos, como por exemplo na estrutura da compreensão de aspectos tecnológicos e culturais. Neste sentido, vários trabalhos foram publicados sobre a utilização da história no ensino de Química, com o objetivo de discutir a importância dessa ferramenta e seus resultados.

Dentre os trabalhos publicados, uma das principais linhas de discussões é a crescente crise do ensino de Ciências, que foi detectada pela relação da evasão escolar com os dados assustadores no crescimento do analfabetismo científico dos alunos (MATTHEWS, 1995). Esta relação destacada anteriormente trata-se da evasão tanto de alunos que deixaram de frequentar as aulas e abandonaram o ano letivo quanto da evasão de professores, com o analfabetismo científico explicado pela dificuldade de alunos em entender os conceitos científicos, conseqüentemente ocorre uma grande dificuldade dos discentes na perspectiva de interpretar e associar a Ciência como resultado de trabalhos e de uma construção humana.

Mas como detalhar as suas principais importâncias e características dessa ferramenta na construção da área da educação? A resposta para essa pergunta pode ser encontrada na literatura, visto que, um dos maiores destaques dessa ferramenta é potencializar o progresso do entendimento conceitual (MATTHEWS, 1995).

Uma grande quantidade de autores e trabalhos encontrados na literatura que discute a importância da história da Ciência atrelada ao ensino, traz como referências as ideias de Matthews (1995), que defende os resultados da utilização dessa ferramenta para combater um dos principais problemas que o ensino de Ciências enfrenta, que é a construção de um ensino caracteristicamente conteudista e com um olhar totalmente linear e positivista sobre como foi a construção de um conceito.

Esses aspectos corroboram com o distanciamento dos alunos com o real desenvolvimento do ensino e aprendizagem das Ciências, construindo uma ideia totalmente longe e desfocada do que realmente é Ciência, corroborando para a crença de que a Ciência tem em suas estruturas a concepção de ser dominada por classes sociais e destinadas aos “gênios” popularmente falado pelo senso comum (PORTO, 2010, p. 170). Essas referências que os

autores trazem como base no trabalho de Matthews (1995) sobre as contribuições da história da Ciência, diz que:

podem humanizar as Ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de Ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do mar de falta de significação que se diz ter inundado as salas de aula de Ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam; podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da Ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estruturadas Ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas. (MATTHEWS, 1995, p.165).

Utilizando a história da Química, pode-se estimular a novas propostas de atividades em sala de aula que possam desenvolver e facilitar a aprendizagem de conceitos estudados pela Química e também auxiliar na compreensão de que os conceitos científicos estudados tiveram um processo de desenvolvimento.

É possível apontar que a falta de compreensão de alguns conceitos da Química se dá pela ausência de lógica dos alunos em entender esse progresso que a Ciência teve ao longo dos anos, entendendo a Ciência como completa sem falhas e sem “problemas” e de certa forma muito distante da sua realidade. Por esta razão, a utilização da história da Química no ensino pode contribuir para a construção de uma visão mais completa da Ciência e do contexto social, para que possa deixar de ser tão abstrato alguns conceitos e se torne algo mais real.

Em relação à abordagem histórica nos livros didáticos, Carneiro e Gastal (2005) destacam que os livros didáticos possuem a característica de mostrar apenas as concordâncias e os consensos, que levaram a determinada teoria científica. Também é observado que em alguns livros não possuem contexto histórico. Uma relação sólida com a história da Ciência, permite a observação de que a construção científica é transpassada por ideias que às vezes eram contraditórias e confusas, acarretando discussões e levando ao desenvolvimento e na solidificação das proposições. Por isso, o ensino de Química associado a história da Ciência, proporciona um olhar mais crítico, entendendo a Ciência como ela verdadeiramente é e não distorcida aparentemente inabalável, favorecendo o entendimento do aluno, tendo então uma base de como é a elaboração do conhecimento científico (TAVARES, 2009, p. 1007).

Importância dos livros didáticos em sala de aula

Para entender a importância do livro didático, é necessário entender sua escolha e utilização em sala de aula, sendo assim é valioso entender que o livro didático é uma escolha dos professores, levando em consideração a regência em escolas públicas. Segundo as normas do PNLD, os professores selecionam os livros que mais trazem referências e coerência ao conteúdo das disciplinas, para serem usados em sala de aula e como referência na elaboração de aulas em um período de 4 anos (tempo de utilização do livro). Todo o processo de utilização dos livros e alteração deles pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD), é coordenado pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) que é uma autarquia, vinculada ao Ministério da Educação com o propósito de transferir recursos financeiros e prestar assistência técnica aos estados, municípios e ao Distrito Federal, para garantir uma educação de qualidade a todos. De acordo com o Guia PNLD 2021,

O livro didático é um instrumento de apoio para as professoras e professores de todas as etapas do ensino; por meio da garantia do acesso ao livro, se promove uma relação frutífera e contínua com atividades pedagógicas e com a aprendizagem. O Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) existe desde 1937 e evoluiu, desde então, como uma das maiores políticas públicas de educação do Brasil. O programa busca garantir que estudantes da rede pública de ensino tenham acesso ao livro didático da melhor qualidade. (BRASIL, 2022, p. 12)

Tendo em vista essas informações e também estabelecido a importância dos livros didáticos, é necessário ressaltar que alguns trabalhos mostram que a análise dos livros didáticos, trazem resultados significativos na observação de como os conteúdos são trabalhados nas escolas. Sendo assim, Santos e Martins (2011) estabeleceram possíveis contribuições que o livro didático oferece, quando é usado como ferramenta no processo de ensino,

Ao longo dos anos, portanto, o livro didático vem se constituindo em uma ferramenta de caráter pedagógico capaz de provocar e nortear possíveis mudanças e aperfeiçoamento na prática pedagógica: “não é à toa que a imagem estilizada do professor apresenta-o com um livro nas mãos, dando a entender que o ensino, o livro e o conhecimento são elementos inseparáveis, indicotimizáveis” (SILVA, 1996, p. 8). Mas, o livro não pode ser considerado como um instrumento de informações prontas, onde o educando reproduza apenas pensamentos e respostas elaboradas, a partir de conhecimentos simplificados apresentados pelos mesmos, que nem sempre estão conectados à realidade da comunidade em que o aluno está inserido. (SANTOS; MARTINS, 2011, p. 21)

Desta forma, na tentativa de selecionar elementos que proporcionem ao aluno um estímulo e instiguem a construção de curiosidade nas aulas de Química, os professores de Química se esforçam para adotar procedimentos e estratégias metodológicas que envolvam

mais os alunos. Porém é possível observar que o livro didático de Química tem um papel fundamental no ensino, deixando de ser um mero simples instrumentos de leitura, pois nas mãos dos professores se torna um objetivo com o objetivo na formação de cidadãos críticos, capazes de opinar, de investigar, de formular hipóteses, de deduzir dados e formular conclusões (VASCONCELOS; SOUTO, 2003).

Essas informações juntamente com o trabalho de Santos (2016), mostram a importância dos livros didáticos serem constantemente atualizados, visto que devem ser reformulados e reconstruídos com visões e ideias novas pelos autores e editoras e analisados por profissionais da área. Assim, de acordo com Marcelino Junior (2014), o livro didático desempenha um papel fundamental, sendo uma fonte essencial a ser considerada na organização do conteúdo. No entanto, seu uso não deve se limitar a uma mera transposição sem análise crítica. Por isso, se faz necessário destacar suas potencialidades e limitações diante das necessidades e objetivos estabelecidos para a formação do futuro professor de Química, em relação à sua atividade profissional.

Eletroquímica e sua importância nos conteúdos de Química

O ensino de eletroquímica desempenha um papel fundamental no currículo do ensino médio, pois oferece uma compreensão abrangente dos processos químicos que ocorrem em sistemas eletroquímicos, como o funcionamento das pilhas usadas nos controles remotos ou nas baterias do celular. Ao estudar os princípios básicos da eletroquímica, os alunos são capazes de compreender e explicar fenômenos como a oxidação e redução, a transferência de elétrons, a formação de íons e a geração de corrente elétrica. Além disso, o ensino de eletroquímica permite aos estudantes compreenderem a importância desses conceitos em aplicações práticas, como pilhas e baterias, eletrólise, células de combustível e outros dispositivos eletroquímicos. Com uma base sólida em eletroquímica, os alunos desenvolvem habilidades analíticas e críticas, bem como a capacidade de aplicar seus conhecimentos em diversos contextos científicos e tecnológicos.

De forma sucinta, a Química explica esses mecanismos como transformações que resultam de um processo de transferência de elétrons chamado reações de oxirredução. Essas reações são explicadas utilizando os conceitos de oxidação, redução, agente redutor e oxidante, entre outros, e é muito comum encontrar na literatura, modelos e formas de fazer paralelos com exemplos mais simples como a vitamina C que frequentemente é utilizada para a explicação de propriedades antioxidantes (SILVA *et al.*, 2016). A revisão da literatura realizada por Vieira e

colaboradores (2021) mostra que a maior parte das pesquisas relacionadas ao ensino de eletroquímica focam nas dificuldades de aprendizagem e nas estratégias para remediar estas dificuldades, destacando-se que a superação de visões simplistas das concepções de Ciências, da natureza da Ciência e de concepções de ensino e aprendizagem, na formação inicial e continuada de professores.

Outros mecanismos abordados junto com as reações de oxirredução envolvem a corrosão (RODRIGUES; GIBIN, 2022) e a obtenção de metais (MAINIER, 1999). Esses conteúdos, são extremamente importantes no ensino de Química, em razão de possibilitar aos alunos a entender as transformações químicas e identificá-las no cotidiano, favorecendo assim uma aprendizagem significativa e se distanciando cada vez mais do método limitado “ao uso de fórmulas, resolução de exercícios e memorização” (LEAL, SCHETINGER, PEDROSO, 2019, p. 143).

É importante ressaltar que a abordagem do conteúdo de eletroquímica proporciona um enorme leque de possibilidades envolvendo vários assuntos de interesse social e econômico que possivelmente podem ser associados ao dia a dia dos discentes como descarte correto de pilhas e baterias (AMARO JÚNIOR, *et al.*, 2022) e poluição ambiental (PITANGA, 2014). Há ainda relatos de experiências na educação básica sobre o ensino de eletroquímica envolvendo aspectos da educação CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) (FAUSTINO, 2017).

Entretanto, há inúmeras pesquisas que apontam o conteúdo de eletroquímica como um dos mais difíceis de ensinar e de aprender. Este conteúdo envolve conceitos abstratos, como potencial de redução, potencial de oxidação, equações químicas balanceadas e transferência de elétrons. Esses conceitos podem ser desafiadores para os estudantes visualizarem e compreenderem completamente. O uso de representações simbólicas, como equações químicas balanceadas e diagramas de células eletroquímicas também é apontado como um problema, pois muitos estudantes encontram dificuldade em interpretar e manipular essas representações simbólicas adequadamente. Outras pesquisas apontam os cálculos matemáticos, como o uso de equações de Nernst e cálculos de energia elétrica dentre os mais difíceis; os estudantes podem ter dificuldade em aplicar corretamente as fórmulas matemáticas relevantes e entender como utilizá-las para resolver problemas específicos. Além disso, alguns conceitos da eletroquímica podem entrar em conflito com a intuição dos estudantes. Por exemplo, o fato de que uma corrente elétrica pode ser produzida por uma reação química não é imediatamente óbvio para muitos alunos. Outro aspecto identificado nas pesquisas é o fato de que a eletroquímica possui um vocabulário técnico específico, como ânodo, cátodo, eletrólito, ponte salina, entre outros. O domínio adequado desses termos pode ser um desafio para os estudantes e dificultar a

compreensão dos princípios fundamentais da eletroquímica. Por isso, é importante que os professores tenham conhecimento e cuidado com estes aspectos para possibilitar uma melhor compreensão dos conceitos envolvidos (KLEIN; BRAIBANTE, 2017; ANDRADE, *et al.*, 2021; MEDEIROS; SILVA JÚNIOR, 2021; VIEIRA *et al.*, 2021).

3- METODOLOGIA

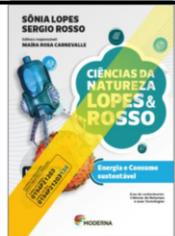
Para esta pesquisa, realizou-se uma análise documental, onde foram selecionados os livros que foram aprovados pelo PNLD para o ano de 2022. A pesquisa documental é um método de investigação que utiliza fontes de informações escritas, como documentos, livros, artigos, relatórios e registros, para obter dados e evidências sobre um determinado tema. Suas principais características incluem a análise de fontes primárias e secundárias, a busca por informações confiáveis e relevantes, a compilação e interpretação de dados para produzir conhecimento novo ou aprofundado, e a aplicação de técnicas de organização e sistematização para estruturar e apresentar os resultados obtidos. A pesquisa documental é amplamente utilizada nas Ciências sociais, história, biblioteconomia e outras áreas que requerem o estudo de fontes escritas (CECHINEL *et al.*, 2016).

Foram analisados todos os livros aprovados no PNLD 2021, de acordo com as informações obtidas no Guia da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (BRASIL, 2021). Foram analisadas sete coleções: Ciências da Natureza – Lopes & Rosso; Conexões - Ciências da Natureza e suas Tecnologias; Diálogo – Ciências da Natureza e suas Tecnologias; Matéria, Energia e Vida: uma abordagem interdisciplinar; Moderna Plus – Ciências da Natureza e suas Tecnologias; Multiversos - Ciências da Natureza e, Ser Protagonista: Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Diferente do que ocorria nos PNLD anteriores, que apresentavam três volumes para cada obra, no PNLD atual, são seis volumes para cada obra. Além disso, os volumes não são numerados. De acordo com o Guia do PNLD 2021, os professores têm flexibilidade para adequar a sequência dos conteúdos de acordo com sua realidade: “A proposta das obras passa por volumes autocontidos nos quais os diversos assuntos e conteúdos possam ser trabalhados sem que os conceitos tenham dependência entre si, propiciando o trabalho por temáticas contextuais e interdisciplinares” (BRASIL, 2021, p. 20). Assim, as obras foram analisadas em totalidade, buscando identificar os volumes – que não são numerados, mas recebem subtítulos – como “Energia e ambiente”, “Energia e sociedade” e, “Transformações e conservações” e, os capítulos que continham discussões sobre eletroquímica.

Em todas as coleções foram analisados os sumários, buscando identificar os capítulos que tratavam do conteúdo de eletroquímica. No Quadro 1, há detalhes de todas as obras analisadas. Para chegar a esses volumes como escolha para a análise, foi feita uma análise inicial, para identificar em qual dos volumes se encontraria os conteúdos de eletroquímica e se possuía aspectos históricos. Destaca-se que a coleção Ser Protagonista tem um capítulo

intitulado “Reações de oxirreduçãoe metabolismo celular”, mas que não traz os conceitos relacionados à eletroquímica, como as pilhas e a eletrólise. Por isso, esta obra não foi analisada neste trabalho.

Identificação	Coleção	Volume	Localização	Capa	Editora
Livro A	Conexões: Ciências da Natureza	Energia e ambiente	<i>Capítulo 2: Geradores de energia portátil (p. 38-63)</i>		Moderna
Livro B	Diálogo: Ciências da Natureza e Suas Tecnologias	Energia e Sociedade: Uma Reflexão Necessária	<i>Capítulo 4: Eletroquímica (p. 46-64)</i> <i>Capítulo 5: Eletrólise (p. 65-75)</i>		Moderna
Livro C	Ciências da Natureza: Lopes e Rosso	Energia e Consumo Sustentável	<i>Tema 3: Pilhas e baterias comerciais (p. 115-122)</i>		Moderna
Livro D	Matéria Energia e Vida	Materiais e Energia: Transformações e Conservação	<i>Capítulo 8: Armazenando energia elétrica (p. 135-158)</i>		Scipione
Livro E	Moderna Plus	Ciência e Tecnologia	<i>Capítulo 6: Pilhas e baterias (celas galvânicas) (p. 73-83)</i> <i>Capítulo 7: Oxidantes e redutores (p. 84-97)</i>		Moderna
Livro F	Multiversos	Eletricidade na Sociedade e na Vida	<i>Unidade 3: Eletroquímica e bioeletricidade (p. 92-116)</i>		FTD

Quadro 1. Livros analisados e aprovados pelo PNLD 2021.

Na sequência, cada capítulo sobre eletroquímica foi lido em totalidade, seguindo as orientações de Bardin (2010) para a análise de conteúdo, que é um método utilizado para analisar dados qualitativos, como textos, imagens, vídeos, entre outros. Essa abordagem permite extrair significados, identificar padrões e interpretar o conteúdo de forma sistemática. As principais etapas desse método são: i) Leitura flutuante, ii) Categorização e, iii) Análise e interpretação. A primeira etapa, a **Leitura flutuante**, é uma técnica específica utilizada dentro da análise de conteúdo, mais precisamente na etapa inicial da leitura exploratória dos dados. Ela consiste em uma leitura superficial e inicial dos livros didáticos selecionados, com o objetivo de obter uma visão geral das obras, identificar os principais exemplos e abordagens relacionados à histórica da Ciência e estabelecer uma familiaridade inicial com o conteúdo. A leitura flutuante é uma etapa preliminar antes da codificação e categorização sistemáticas dos dados, permitindo que o pesquisador absorva o material de forma livre e aberta, sem uma análise detalhada. Como exemplo desta primeira análise, segue o quadro 2, resultado da análise dos volumes da coleção de Conexões.

Livro:	Contexto abordado	Contexto histórico	Citação dos cientistas	Linearidade	Manual do professor
Matéria e Energia (Livro: 1)	No capítulo: Mundo Que Nos Cerca: Do Que a Matéria é Feita, cita pilha para falar sobre energia elétrica	Não possui contexto histórico	Não possui citação	-----	Não possui citação
Energia e Ambiente (Livro: 2)	No capítulo: Geradores de energia portáteis, conta um pouco das pesquisas de Galvani e Volta. Ao longo do livro fala da pilha de Daniell, mas sem trazer nada sobre a história de seus trabalhos Pag.: 38	Conta as pesquisas de Luigi Galvani, Alessandro Volta	Luigi Galvani e Alessandro Volta	Não	Traz as pesquisas de Volta e Galvani e suas ideias.
Saúde e Tecnologia (Livro: 3)	Não possui citação ao conteúdo. Pilhas aparece em contexto ambiental	Não possui contexto histórico	Não possui citação	-----	Não possui citação
Conservação e transformação (Livro: 4)	Não possui citação ao conteúdo.	Não possui contexto histórico	Não possui citação	-----	Não possui citação
Terra e Equilíbrios (Livro: 5)	Não possui citação ao conteúdo.	Não possui contexto histórico	Não possui citação	-----	Não possui citação
Universo, Materiais e Evolução (Livro: 6)	Não possui citação ao conteúdo. Pilhas aparece em contexto ambiental	Não possui contexto histórico	Não possui citação	-----	Não possui citação

Quadro 2. Primeira análise dos volumes da coleção de Conexões.

A segunda etapa da análise foi a **Categorização**: nesta etapa, foram agrupadas as unidades de análise em categorias, com base nas características comuns identificadas durante a codificação. Segundo Bardin (2010), as categorias devem ser mutuamente exclusivas e abrangentes, de forma a abarcar todos os trechos de dados. Essas categorias podem ser predefinidas, a partir de teorias existentes, ou emergirem dos próprios dados durante o processo de análise. No caso desta pesquisa, as categorias foram criadas de forma mista, algumas foram predefinidas a partir das leituras de outros trabalhos e outras emergiram a partir dos dados analisados. As categorias utilizadas para a análise serão explicadas na sequência.

E, por fim, a terceira etapa foi a **Análise e interpretação**, que é a etapa da interpretação do conteúdo, identificando padrões, tendências, relações ou significados subjacentes aos dados. Essa etapa envolve uma análise detalhada das categorias e dos trechos de dados associados, buscando compreender as relações entre eles e os insights que podem ser extraídos. É importante contextualizar os achados em relação aos objetivos da pesquisa e às teorias relevantes. As interpretações devem ser embasadas nos dados e apresentadas de forma clara e fundamentada (BARDIN, 2010).

As categorias predefinidas e que emergiram a partir dos dados foram: 1) *posicionamento da história da Química no capítulo e a forma de apresentação da história*: – buscando compreender como o livro relaciona o conteúdo de eletroquímica com sua descoberta ou com fatos históricos. Nesta análise, são apresentadas as relações históricas ao longo dos capítulos – para introdução dos conteúdos, ao longo das discussões ou em um quadro isolado do texto; 2) *nomes dos cientistas e ano das descobertas*: – buscando localizar quais são os cientistas citados ao longo dos capítulos e a menção aos anos das descobertas; 3) *explicação da contribuição de outros cientistas* - identificando a quebra da linearidade do avanço científico com as citações de trabalhos de outros cientistas no desenvolvimento do conceito de Química; 4) *abordagem sobre a aceitação das teorias propostas pelos cientistas* - contextualização de como se desenvolveu os trabalhos dos cientistas ao decorrer do tempo; 5) *erros experimentais ou outros equívocos na interpretação*: - relatos de algum dado observado e se de alguma forma foi analisado ou apresentado de forma equivocada na explicação de algum fenômeno ou de alguma observação. A análise destes dados será apresentada na sequência.

4- RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. *Relação de posicionamento da história da Química nos livros e a forma de apresentação da história*

O primeiro critério escolhido para analisar o uso da história da Química nos livros didáticos, foi a posição e a forma como a história aparece nos livros, indicando se os aspectos históricos são apresentados no decorrer do conteúdo ou se ela é apresentada em um quadro separado, não se relacionando diretamente com o texto. Nesta categoria, utilizou-se a abordagem proposta por Pagliarini (2007, p. 58). O primeiro subitem desta categoria caracteriza-se por sua *ausência*, ou seja, a obra não apresenta nenhum tipo de abordagem histórica. O segundo subitem se caracteriza pela *apresentação isolada* dos aspectos históricos, ou seja, estes aparecem em seções introdutórias, em caixas (ou boxes) separadas ou em textos complementares ao final dos capítulos – por vezes, esta forma de apresentação da história pode aparecer de forma próxima ou não das discussões dos assuntos correlatos ao longo do livro. Já o terceiro subitem se caracteriza pela *abordagem diluída* dos aspectos históricos ao longo do texto, juntamente com o desenvolvimento formal de teorias, conceitos, definições e equações do livro didático.

Compreende-se que este posicionamento do contexto histórico nos livros denota a importância que os autores dão à história da Ciência, possibilitando diferentes abordagens ou a contextualização e a construção científica, permitindo um olhar crítico por parte dos alunos (ILHA, ADAIME, 2020). Além disso, segundo Silva, Xavier e Souza (2019) as informações apresentadas na forma de caixas ou boxes aparecem durante o desenvolvimento dos conteúdos e trata geralmente da história vivida pelo cientista ou de um fato interessante relacionado ao que o aluno está aprendendo.

Na análise das obras, verificou-se que todos os livros apresentam algum tipo de abordagem histórica. Por isso, nenhuma obra foi categorizada no subitem *ausência*. O livro A foi classificado no subitem *apresentação isolada* e, os demais livros trazem a abordagem histórica na forma de *abordagem diluída*. O livro A, traz o contexto histórico em um boxe (p. 39-40) denominado Interligações, como mostra a Figura 1, cruzando as relações das pesquisas de Luigi Galvani e Alessandro Volta. Neste livro, foi identificado um segundo boxe, também intitulado Interligações, com a história de Faraday (p. 60). O livro A traz um experimento intitulado "Reconstruindo o gerador de Volta" (p. 41-42); entretanto, a abordagem histórica se restringe ao título do experimento. No restante do capítulo, os autores não apresentam outros aspectos históricos.

Os múltiplos usos desses geradores portáteis, bem como as vantagens e desvantagens de cada tipo e as características que os tornam mais ou menos adequados a cada finalidade, explicam o crescimento da variedade de tipos de pilhas e baterias. Diante do uso crescente de celulares, *smartphones*, *notebooks*, *tablets*, entre outros, a importância deles é cada vez maior.

É importante lembrar que muitas dessas conquistas, que trouxeram avanços no campo da saúde, maior conforto e melhorias nas condições de vida em geral, só foram possíveis graças à ampliação dos conhecimentos científicos incorporados às inovações tecnológicas. Nossa condição humana, no entanto, permanentemente nos coloca novos desafios e, diante deles, é certo que diferentes tipos de geradores de energia elétrica surgirão.

Para entender como funcionam as pilhas atuais, vamos começar analisando os processos de construção das primeiras pilhas, no século XVIII.



O desenvolvimento de novas pilhas e baterias permitiu a mobilidade de diversos aparelhos eletrônicos, os quais, para maior comodidade do usuário, tornaram-se cada vez menores.

Interligações Não escreva no livro.

Como surgiram as pilhas elétricas?

O italiano Luigi Galvani (1737-1798) graduou-se em Medicina e Filosofia pela Universidade de Bolonha, onde também foi professor. Em suas atividades acadêmicas, dividiu-se entre a cirurgia e as pesquisas no campo da **anatomia**, no qual deixou muitas contribuições, como sua publicação sobre a estrutura e funções dos ossos. No entanto, seus estudos de fisiologia do sistema nervoso e muscular, desenvolvidos a partir da década de 1770, acabaram por levá-lo à realização de experimentos relacionados à eletricidade; tais estudos representaram um marco no campo da neurofisiologia.

Figura 1 – Recorte da página 39 do livro A (Conexões - Energia e Ambiente)

TEMA 3

Pilhas e baterias comerciais

Inicie perguntando aos estudantes se eles possuem celulares ou outros dispositivos portáteis e se sabem de que materiais são feitas as baterias desses aparelhos. Explore com eles a imagem apresentada na abertura deste Tema, comentando a questão da evolução tecnológica cada vez mais acelerada, que leva ao descarte desses dispositivos eletroeletrônicos considerados "ultrapassados".

Em princípio, o termo "pilha" designa dispositivos constituídos por dois eletrodos e eletrólitos arranjados de maneira que produzam energia elétrica, e o termo "bateria" refere-se a um conjunto de pilhas agrupadas em série ou em paralelo. Entretanto, no dia a dia, esses termos têm sido utilizados indistintamente para descrever sistemas eletroquímicos fechados e portáteis que armazenam energia. Associações em série e em paralelo são estudadas na Unidade Mundo tecnológico.

Embora qualquer reação de oxirredução possa servir de base para construir pilhas, fabricá-las comercialmente, com dimensões e características de desempenho específicos, requer especificidades. A bateria necessária para dar partida em um carro, por exemplo, deve fornecer 12 volts, e sua durabilidade média é de dois a três anos, dependendo dos dispositivos eletroeletrônicos ligados a ela. Já a bateria que faz funcionar os marca-passos deve ser capaz de fornecer uma tensão da ordem de milivolts por um longo período.

Vários tipos de pilha foram – e ainda estão sendo – criados para diversas finalidades. O desenvolvimento dessas fontes portáteis de energia, bem como os problemas ambientais associados ao seu descarte inadequado, pode ser mais bem compreendido por meio do estudo do funcionamento e dos materiais que as compõem, como veremos neste Tema.

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 5; 6; 7; 10

Habilidades: EM13CNT101; EM13CNT104; EM13CNT106; EM13CNT107; EM13CNT307; EM13CNT309; EM13CHS304

Fique por dentro

Sobre Volta, batatas e fótons
GALLI, C. (org.). Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003.
O livro foi escrito em

:: Pilha de Daniell

Estimulado pelas pesquisas sobre fisiologia muscular e sua relação com a eletricidade realizadas por volta de 1790 pelo médico italiano Luigi Galvani (1737-1798), o físico italiano Alessandro Volta (1745-1827) realizou experimentos que levaram à construção, em 1800, do que pode ser considerado, provavelmente, o primeiro gerador eletroquímico capaz de produzir corrente elétrica contínua (**Fig. 3.1**).

Figura 2 – Recorte da página 115 do livro C (Ciências da Natureza Lopes e Rosso - Energia e Consumo Sustentável)

Abordagem semelhante tem o livro B, que traz algumas informações sobre os experimentos de Volta e Daniell na primeira página do capítulo, com ilustrações dos dispositivos usados por eles, mas não volta a mencionar sobre estas questões no decorrer da obra.

De forma diferente, os livros C, D, E e F trazem o contexto histórico em forma de texto corrido ao longo do capítulo de eletroquímica. A abordagem histórica aparece em diferentes momentos ao longo de todo o texto. Por exemplo, como mostra a figura 2, no livro C traz uma seção intitulada “A pilha de Daniell”. Já nas páginas seguintes, os autores comentam sobre os experimentos de Galvani e Volta (p. 116), sobre a invenção da pilha seca – por Leclanché em 1866 (p. 117), da pilha alcalina – em meados do século XX (p. 118), da bateria de chumbo-ácido – em 1859 (p. 118) e, da bateria de níquel-cádmio – em 1899 pelo engenheiro sueco Jungner (p. 119). Ou seja, nesta obra, a abordagem histórica se encontra diluída ao longo do capítulo, destacando as principais invenções relacionadas ao assunto.

Já no livro D, a abordagem histórica aparece após 12 páginas do início do capítulo, na seção intitulada “Explorando pilhas e baterias” (p. 146) com explicações sobre as descobertas de Galvani e Volta e, na seção “Pilha de Daniell” (p. 147). O livro E traz a abordagem histórica na terceira seção do capítulo, intitulada “Oxidação e redução” (p. 76) – com a descoberta de Volta e, na página seguinte, como experimento de Daniell (p. 77). E, no livro F, os aspectos históricos aparecem em diferentes momentos do capítulo, quando explica o processo de galvanização (p. 100), nos experimentos de Volta e Daniell (p. 103), da pilha seca de Leclanché (p. 107) e da eletrólise (p. 115).

Desta forma, verifica-se que a maior parte dos livros analisados traz a história da Ciência de forma diluída ao longo dos capítulos. Isso mostra que, para os autores destas obras, a história parece ser considerada como elemento importante para que os estudantes entendam os fatores que ocorreram para que houvesse mudanças nas visões e nas explicações dos fenômenos. Entretanto, como destacam Vidal e Porto (2012), verifica-se que muitas vezes as menções aos aspectos históricos são feitas de forma sucintas, não garantindo que os estudantes compreendam a complexidade das atividades científicas ou para evitar a visão distorcida de que ocorre um acúmulo de informações para a construção das ideias científicas (VIDAL, PORTO, 2012). Por isso, nos próximos tópicos, serão analisados outros aspectos relacionados às abordagens da história nos livros didáticos.

4.2. *Nomes dos cientistas e ano das descobertas*

Todos os critérios de análise selecionados neste trabalho, foram escolhidos por suas importâncias no uso da história da Ciência. É importante lembrar que a utilização da história da Ciência no ensino de Química tem como um de seus objetivos qualificar o ensino de Ciências. Assim como afirma Chassot (2006, p. 32), a história da Ciência pode ser “uma facilitadora da alfabetização científica do cidadão e da cidadã”. Cada critério selecionado compõe a melhor performance para contextualizar a explicação dos conteúdos para os estudantes. Essa contextualização é de extrema importância, pois possibilita:

Localizar o momento histórico em que um determinado conhecimento científico foi produzido é de especial importância no meio escolar, especialmente na sala de aula, pois, o professor pode inovar suas aulas, contribuir para o desenvolvimento do pensamento crítico em seus alunos e discutir com os mesmos que as teorias científicas não são definitivas e incontestáveis, e sim, que o mundo está sendo interpretado diferentemente a cada dia e que cabe a nós perceber essas interpretações, registrá-las e contestá-las. (BATISTA, MOHR, FERRARI, 2007, p. 2).

Entretanto, percebe-se que grande parte das informações históricas que aparecem nos livros didáticos restringe-se a aspectos sobre a vida dos personagens, se limitando ao nome, data de nascimento e morte. Na pesquisa realizada por Vidal e Porto (2012), por exemplo, raramente foram encontradas descrições sobre as vidas pessoais dos cientistas. Segundo estes autores, ao não oferecer uma perspectiva humana dos personagens da Ciência, a abordagem histórica não contribui para a desconstrução de estereótipos amplamente difundidos, como o de que os cientistas são indivíduos isolados, possuindo uma inteligência exclusiva de uma pequena parcela da população. Por isso, buscamos analisar nesta categoria, quais os nomes citados nos capítulos relacionados à eletroquímica e, se as datas relacionadas a estes pesquisadores se restringiam ao ano da descoberta/invenção ou ao ano de nascimento/morte destes.

Este é o único tópico que todos os livros analisados se enquadram, pois trazem menções aos cientistas precursores das descobertas relacionadas ao conteúdo de eletroquímica, em especial para na construção da pilha, como Volta e Daniell. Estes cientistas são citados em todas as seis obras analisadas, porém Daniell é mencionado mais vezes. Galvani é mencionado em cinco obras (somente o Livro B não cita este personagem), Faraday é citado nos livros A, B e F e Leclanché é mencionado nos livros A, C e F. Entretanto, nem todas as obras trazem menções sobre a nacionalidade, o ano da descoberta ou alguma questão pessoal sobre estes personagens. Destaca-se que o Livro A é o único que traz o período de publicações dos

cientistas, o ano que iniciaram as pesquisas e um breve relato do impacto dos resultados no ano da publicação, como pode ser observado na Figura 3.

Considera-se importante também citar o trecho retirado do Livro F que mostra algumas questões pessoais sobre Galvani, destacando seus estudos por outros fenômenos e a relação com outros pesquisadores – que será foco da análise no próximo tópico.

O cientista italiano Luigi Galvani, em Bologna, na Itália, voltou seus estudos para eletricidade, principalmente nos organismos vivos. Galvani incentivou inúmeros cientistas a estudarem os fenômenos elétricos. Em 1837, após a morte de Galvani, o engenheiro francês Stanislaus Tranquille Modeste Sorel (1803–1871) patenteou o processo de zincagem a quente do ferro, que evita sua corrosão, e o nomeou de galvanização em homenagem a Galvani. (Livro F, p. 100).

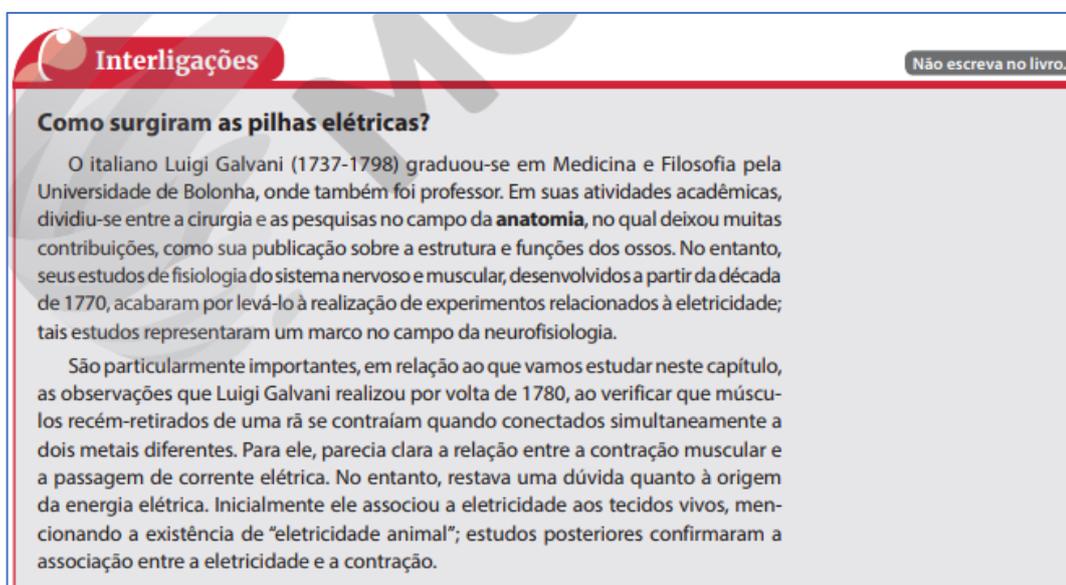


Figura 3 – Recorte da página 39 do livro A (Conexões: Ciências da Natureza - Energia e Ambiente)

Apesar do manual do professor não ter sido o foco deste trabalho, considera-se importante destacar o fato do livro A trazer uma série de datas e associá-las a diferentes personagens da história da eletroquímica. Entretanto, como pode ser observado, são apenas citados, sem nenhuma contextualização e, muitos dos nomes mencionados nesta parte do livro não voltam a ser citados no capítulo sobre eletroquímica.

Os cientistas e feitos relacionados ao campo da eletroquímica que são apresentados ao longo do capítulo são: 1706 – nascimento de Benjamin Franklin, 1737 – nascimento de Luigi Galvani, 1745 – nascimento de Alessandro Giuseppe Volta, 1752 – Benjamin Franklin propõe que eletricidade flui do polo positivo para o polo negativo, ≈ 1770 – Luigi Galvani realiza experimentos relacionados à eletricidade, ≈ 1780 – Luigi Galvani realiza o experimento da rã e conclui que a eletricidade é animal, 1790 – falecimento de Benjamin Franklin, 1791 – nascimento de Michael Faraday, 1798 – falecimento de Luigi Galvani, 1800 – experimento da pilha de Volta, 1827 – falecimento de Alessandro Giuseppe Volta, 1834 – Publicação de um trabalho de Faraday que introduziu o vocabulário básico de eletroquímica,

1839 – nascimento de Georges Leclanché, 1859 – nascimento de Svante August Arrhenius, 1866 – invenção das pilha seca, 1867 – falecimento de Michael Faraday, 1882 – falecimento de Georges Leclanché, 1884 – Teoria de Dissociação de Arrhenius que elucidou parte do trabalho de Faraday, ≈1920 – baterias automotivas, 1922 – nascimento de John Bannister Goodenough, 1927 – nascimento de Lewis Frederick Urry, 1927 – falecimento de Svante August Arrhenius, 1941 – nascimento Michael Stanley Whittingham, ≈1945 – uso massivo da baterias de mercúrio, 1948 – nascimento Akira Yoshino, ≈1950 – forte contaminação por mercúrio na baía de Minamata (Japão), ≈1950 – experimentos com uso de eletrólito alcalino em pilhas, 1950 – radinho de pilha, 1968 – Interrupção das indústrias da região da baía de Minamata (Japão), ≈1970 – descoberta da bateria íon-lítio (Li-íon), ≈1990 – decadência do uso de baterias de níquel-cádmio (Ni-Cd), ≈1990 – início do uso de baterias de hidreto-metálico de níquel (Ni-MH), 1997 – Protocolo de Quioto defende o uso de medidas anticorrosivas como combate às alterações climáticas, 2004 – falecimento de Lewis Frederick Urry, 2019 – Prêmio Nobel para John Bannister Goodenough, Michael Stanley Whittingham e Akira Yoshino pelas contribuições no campo da eletroquímica e desenvolvimento de baterias. (LIVRO A, p. LIII, LIV).

Desta forma, verifica-se que na maior parte das vezes, os livros de Ciências da Natureza apresentam apenas o cientista principal relacionado àquele saber científico, reforçando a ideia de que as descobertas são “produto de mentes brilhantes e inacessíveis” (BRASIL, 2017b, p. 12). Do contrário, seria importante que a menção a estes pesquisadores auxiliasse na compreensão da Química a partir da produção do conhecimento e das relações entre diferentes cientistas, das influências políticas, econômicas e sociais daquela época, assim como das dificuldades encontradas por eles ou até da provisoriedade daquele conhecimento. Além disso, destaca-se o fato de que todos os nomes citados são de homens brancos e, na maioria, europeus, reforçando uma visão estereotipada da Ciência.

4.3. *Explicação da contribuição de outros cientistas*

Este critério foi selecionado com o objetivo de identificar a quebra da linearidade do avanço científico com as citações de trabalhos de outros cientistas no desenvolvimento do conceito de eletroquímica. Compreende-se que os resultados desta análise possam indicar se a história da eletroquímica é apresentada nos livros didáticos como fruto do trabalho de um único cientista, que desenvolveu a pesquisa, que fez as descobertas, que interpretou os resultados... ou se é considerada a contribuição de outros pesquisadores no desenvolvimento do conceito.

De forma mais clara, vamos considerar que será caracterizado como contribuição o uso de menções mais detalhadas ou sem muitas explicações, ou seja, se os autores dos livros fizeram alguma menção a uma ideia científica com poucas explicações (por exemplo, "cientista X descobriu o fenômeno Y) e quando as citações ou menções aparecerem de forma mais

elaboradas e detalhadas, trazendo por exemplo a metodologia usada e sua contribuição para aquela descoberta.

Os resultados obtidos na investigação deste critério mostram o predomínio da simples menção às ideias científicas na construção da Pilha de Daniell, com um breve enredo mencionando a participação dos italianos Alessandro Volta e Luigi Galvani. Porém, como foi mencionado no tópico anterior, não são todos os livros que trazem menções a esses dois cientistas juntos. Apesar dos nomes de Daniell e Volta serem citados em todos os livros, estes não aparecem de forma associada. Os Livros B, E e F fazem menções apenas a um deles, como por exemplo pode ser observado na figura 4, que traz uma citação sobre Alessandro Volta, como responsável pelo início dos estudos sobre a pilha, mas atribui a Daniell a criação.

O início desses estudos se deu com o cientista italiano Alessandro Volta (1745-1827), em meados de 1800, mas foi John Frederic Daniell (1790-1845), químico criador da famosa pilha de Daniell, que, em 1836, desenvolveu o mecanismo para se entender como a energia química pode fornecer energia elétrica.

Ele foi muito competente em perceber, por exemplo, a ocorrência de um processo de oxirredução espontâneo entre alguns metais, como o cobre e o zinco.

Seria interessante retomar que oxidação é a capacidade que uma espécie química tem de transferir elétrons e redução é a capacidade que uma espécie química tem em receber elétrons.

» Representação genérica do processo de oxirredução (imagem sem escala; e cores-fantasia).

FOTOGRAFIAS: THE HISTORY COLLECTION/ALAMY STOCK

» Daniell e um modelo de sua pilha.

PHOTOFOTOBRENA: GRANGER, NYC/ALAMY/EDITABEM

Figura 4 – Recorte da página 103 do livro F (Multiversos - Eletricidade na Sociedade e na Vida)

Os livros: A, C e D contêm uma simples menção às ideias científicas de outros cientistas na construção da pilha de Daniell, com um breve enredo mencionando a participação de Volta e Galvani. Com destaque para o livro C, pois traz de forma detalhada e contextualizada a participação dos cientistas que contribuíram com seus trabalhos e suas motivações para suas atividades experimentais, como pode ser observado no fragmento do livro – na figura 5.

Ao mencionar outros cientistas e suas contribuições, os livros poderiam situar o fenômeno ou descoberta dentro de um contexto mais amplo, permitindo que os leitores

compreendam melhor como aquele conhecimento científico se desenvolveu ao longo do tempo e como diferentes ideias e descobertas se relacionam entre si.

:: Pilha de Daniell

Estimulado pelas pesquisas sobre fisiologia muscular e sua relação com a eletricidade realizadas por volta de 1790 pelo médico italiano Luigi Galvani (1737-1798), o físico italiano Alessandro Volta (1745-1827) realizou experimentos que levaram à construção, em 1800, do que pode ser considerado, provavelmente, o primeiro gerador eletroquímico capaz de produzir corrente elétrica contínua (**Fig. 3.1**).

Embora Volta não tenha elaborado explicações teóricas para todos os fenômenos verificados em sua pilha – vale lembrar que os modelos atômicos vigentes à época não previam a existência de elétrons –, ele fez observações interessantes. Por exemplo, notou que a corrente elétrica obtida poderia ser maior ou menor dependendo do par de metais utilizados, que ela era tanto maior quanto maior fosse o número de discos metálicos empilhados e que era menor quando se utilizava água no lugar de solução eletrolítica entre os metais.

Os estudos de Volta estimularam outros pesquisadores a investigar a associação entre energia elétrica e reações químicas. Um deles foi o químico britânico John Frederic Daniell (1790-1845), que desenvolveu, em 1836, um dispositivo gerador de eletricidade mais eficiente, o qual ficou conhecido como **pilha de Daniell**. A equação química global que representa o processo que ocorre nesse dispositivo é:



Segundo o entendimento atual, nessa reação química ocorre transferência de elétrons entre os átomos de zinco e os íons Cu^{2+} (**Fig. 3.2**). Mas como essa reação pode fornecer eletricidade aproveitável, visto que os elétrons se transferem diretamente do zinco para o cobre?



Figura 3.1 Protótipo da pilha de Volta, constituído por discos empilhados de metais diferentes, separados uns dos outros por pedaços de tecido encharcados em solução ácida e com os discos terminais conectados por fios condutores.

GUIDO/CC BY-SA 3.0/WIKIMEDIA FOUNDATION INC. – TEMPIO VOLTIANO, COMO

Figura 5 – Recorte da página 115 do livro C (Ciências da Natureza Lopes e Rosso - Energia e Consumo Sustentável)

Além disso, compreende-se que apresentar as contribuições de outros cientistas seria uma forma de reconhecer o trabalho árduo e as conquistas daqueles que vieram antes, pois muitas descobertas são construídas sobre os ombros de outros pesquisadores, e reconhecer essas influências é uma maneira de honrar seu legado. Destaca-se ainda a importância dos estudantes da educação básica compreenderem que a Ciência é um empreendimento colaborativo, no qual os cientistas constroem sobre o conhecimento existente e verificam suas descobertas através de revisões por pares. Ao mencionar cientistas anteriores, a obra poderia mostrar que aquele

experimento, aquele conhecimento, aquela descoberta ou aquela interpretação estão enraizados em uma base sólida. Assim, compreende-se que quando o livro de Ciências traz diferentes contribuições de pesquisadores e diferentes perspectivas se unindo para expandir nosso entendimento para um conceito científico, pode inspirar os leitores a se interessarem pela Ciência (TAVARES, 2010; VITAL; PORTO, 2012).

4.4. *Abordagem sobre a aceitação das teorias propostas pelos cientistas*

Neste tópico são analisados como os livros didáticos de Ciências da Natureza e suas tecnologias apresentam o desenvolvimento e as discussões das ideias para a formação dos conceitos relacionados à eletroquímica. Compreende-se que a presença desta abordagem nas obras possibilita a contextualização dos conhecimentos químicos. Nesta perspectiva, é importante ressaltar que contextualizar não é promover uma ligação artificial entre o conhecimento e o cotidiano e sim criar situações problemáticas, que para serem desvendadas é preciso entender as diferentes relações que tem aquele conhecimento (BRASIL, 2017b; SILVA; XAVIER; SOUZA, 2019).

Porém, neste trabalho, qualquer indício desta prática identificada nos livros será dado como uma proposta de contextualização, por mais singela que seja. Nesse tópico, serão analisadas as propostas de contextualização de como se desenvolveram os trabalhos dos cientistas ao decorrer do tempo até a formação dos conceitos atualmente aceitos para a eletroquímica.

Afinal, como foram desenvolvidos tais dispositivos elétricos comumente presentes em nosso dia a dia? O precursor das pilhas e baterias utilizadas atualmente foi desenvolvido pelo físico italiano Alessandro Volta (1745-1827). Em 1799, em seus experimentos visando investigar eventos relacionados à eletricidade, Volta construiu um equipamento formado por discos metálicos do tamanho de moedas, empilhados uns sobre os outros, com o qual conseguiu obter faíscas e choques elétricos.

Apesar da importância da pilha de Volta, por se tratar da primeira fonte de eletricidade contínua desenvolvida, seu uso era limitado, uma vez que ela perdia carga rapidamente à medida que a corrente elétrica era consumida.

Em 1836, o químico e meteorologista inglês John Daniell (1790-1845) criou uma pilha aprimorada que fornecia uma corrente elétrica uniforme durante seu funcionamento. A pilha de Daniell, também chamada célula de Daniell, deu um novo impulso à pesquisa elétrica e encontrou muitas aplicações comerciais.

Figura 6 – Recorte da página 46 do livro B (Diálogos - Energia e Sociedade)

Como já citado em outros tópicos, alguns livros trazem apenas citações aos nomes de Luigi Galvani e Alessandro Volta como cientistas fundamentais para o desenvolvimento das pilhas. Os livros B, C, E e F trazem de forma linear a contribuição de Alessandro Volta como precursor da pilha, mas deixa claro que foi Daniell o criador da pilha que ganha seu nome, como pode ser observado na figura 6. Da mesma forma, nos fragmentos apresentados nas figuras 4 e 5, apresentadas no tópico anterior, percebem-se as abordagens dos livros C e F, mostrando que Volta iniciou os estudos, mas Daniell quem desenvolveu o mecanismo para entender como a energia química pode fornecer energia elétrica e criou a pilha.

Já os livros A e D, trazem de forma mais detalhada os trabalhos e o contexto social que ambos estavam inseridos. Estes livros trazem as contribuições dos trabalhos de ambos, porém deixa bem claro as contradições que Alessandro Volta identificou nos trabalhos de Luigi Galvani. Além disso, destacam que, partindo de uma ideia diferente de Galvani, Volta realizou experimentos para construção de um dispositivo que o chamou de gerador de Volta, como pode ser observado no fragmento do livro A, na figura 7.

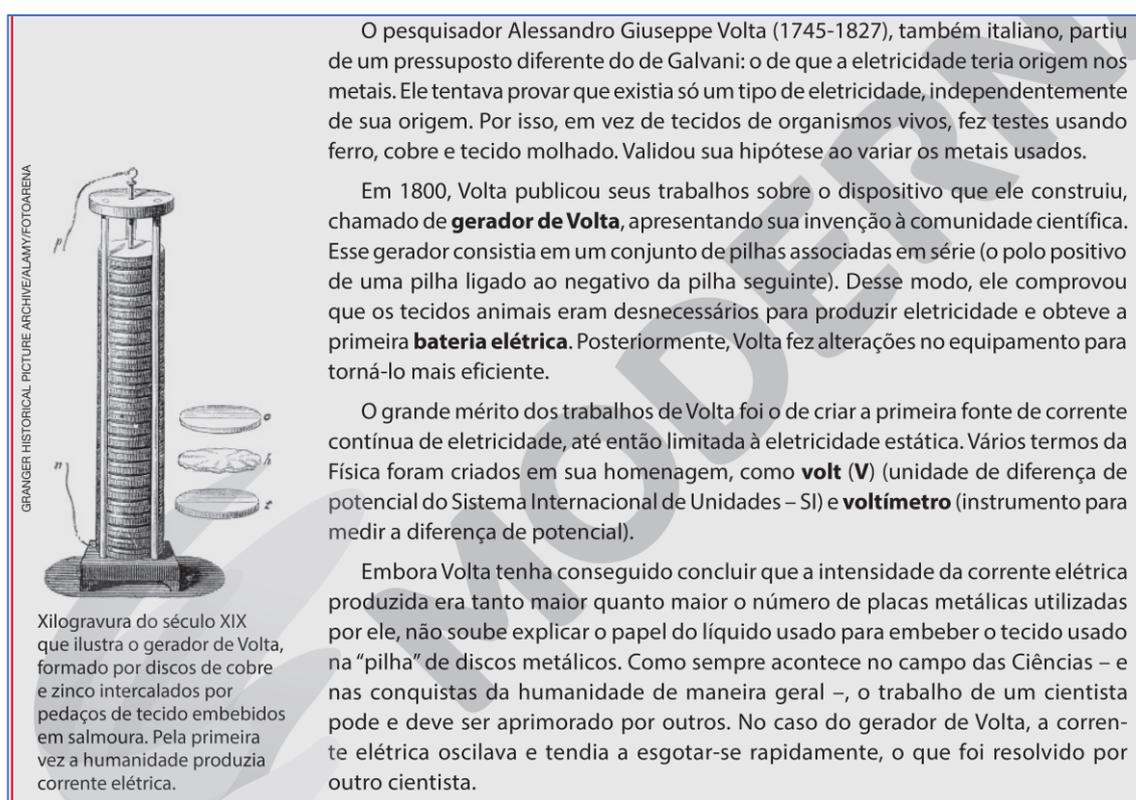


Figura 7 – Recorte da página 40 do livro A (Conexões - Energia e Ambiente)

De acordo com Fernandes e Porto (2012, p. 420), “não deixa de ser paradoxal que, para ensinar Ciência, seja omitida a análise de uma de suas características essenciais, que é o modo como ela é produzida”. Por isso, compreende-se que apresentar as contribuições de outros cientistas ao trabalhar a história da Ciência é importante para fornecer contexto, reconhecer o

trabalho de outros pesquisadores, fortalecer a credibilidade do trabalho científico e inspirar outros a se envolverem na busca pelo conhecimento.

4.5. Erros experimentais ou outros equívocos na interpretação

O objetivo deste tópico não é analisar se há erros nos livros didáticos. Compreende-se que as obras aprovadas no PNLD passam pela avaliação minuciosa de professores e pesquisadores selecionados pelo Ministério da Educação antes de serem aprovadas para a escolha das escolas da educação básica. Um dos critérios do edital do PNLD para eliminação de uma obra é “apresentarem, de modo equivocado ou desatualizado conceitos, informações e procedimentos” (BRASIL, 2017a, p. 31). Compreende-se que, apesar desta avaliação é possível que alguns erros conceituais sejam identificados nas obras, como já foram apontados por outros pesquisadores, como mostram os trabalhos de Scheifele e colaboradores (2019) e de Stadler e colaboradores (2012).

Entretanto, a ideia de analisar este critério partiu das leituras sobre história da Ciência, em especial na análise feita por Vidal e Porto (2012), quando discutem as visões equivocadas de que:

os experimentos fornecem um olhar isento sobre a Natureza e, assim, bastaria uma evidência contrária para que uma teoria fosse abandonada. Sabe-se, porém, que a prática científica ocorre de maneira bastante diversa e, em geral, as teorias somente são abandonadas quando podem ser substituídas por outras consideradas mais satisfatórias. Além disso, é preciso lembrar que a própria observação é orientada por uma série de pré-concepções, podendo ser “ajustadas” a diferentes panoramas teóricos (VIDAL; PORTO, 2012, p. 427).

Assim, buscou-se analisar se as obras traziam as explicações relacionadas à eletroquímica de forma a apresentar os experimentos isentos de erros ou se apresentavam as diferentes interpretações que os cientistas deram aos resultados. Como já discutido em tópicos anteriores, verificou-se que alguns livros citam poucas contribuições de outros cientistas, logo, não há espaço para diferentes interpretações de um mesmo fenômeno. Os livros A, C, D e E trazem tanto Galvani como Volta como precursores do trabalho desenvolvido para a construção da pilha de Daniell. Os livros B e F citam apenas o trabalho de Volta.

No livro B, como pode ser observado na figura 6, os autores afirmam que: “Apesar da importância da pilha de Volta, por se tratar da primeira fonte de eletricidade contínua desenvolvida, seu uso era limitado, uma vez que ela perdia carga rapidamente à medida que a corrente elétrica era consumida”. Ou seja, mostram que o procedimento apresentava erros e limitações.

Porém, apenas no livro A encontram-se dados de observação ou de experimentação contraditórias, como pode ser observado no recorte apresentado na figura 7 – no tópico anterior. O livro traz a diferença nas ideias e nas interpretações de Alessandro Volta e de Luigi Galvani, deixando clara a proposta defendida por Volta de que existia só um tipo de eletricidade, independentemente de sua origem, contradizendo a ideia de Galvani, que associava a eletricidade aos tecidos vivos, mencionando a existência de “eletricidade animal”. No livro A mostra que estudos posteriores confirmaram a associação entre a eletricidade e a contração.

Luigi Galvani realizou por volta de 1780, ao verificar que músculos recém-retirados de uma rã se contraíam quando conectados simultaneamente a dois metais diferentes. Para ele, parecia clara a relação entre a contração muscular e a passagem de corrente elétrica. No entanto, restava uma dúvida quanto à origem da energia elétrica. Inicialmente ele associou a eletricidade aos tecidos vivos, mencionando a existência de “eletricidade animal”; estudos posteriores confirmaram a associação entre a eletricidade e a contração. O pesquisador Alessandro Giuseppe Volta (1745-1827), também italiano, partiu de um pressuposto diferente do de Galvani: o de que a eletricidade teria origem nos metais. Ele tentava provar que existia só um tipo de eletricidade, independentemente de sua origem. Por isso, em vez de tecidos de organismos vivos, fez testes usando ferro, cobre e tecido molhado. (LIVRO A, p. 39-40).

Verifica-se assim, que no livro A é possível observar contradições e interpretações diferentes entre os cientistas. Como destacado por Pagliarini (2007), apresentar a história da Ciência isenta de erros e contradições potencializa visões simplistas e equivocadas sobre o trabalho dos cientistas, como a de que a simples observação de um fenômeno culmina na obtenção de uma nova lei ou teoria científica, de forma desarticulada de fatores humanos como a criatividade e a imaginação. Por isso, considera-se importante que os professores que trabalham com outros livros de Ciências da Natureza e suas tecnologias, busquem aporte em diferentes obras para evitar visões distorcidas da Ciência.

5- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho enfatiza o uso dos livros didáticos como ferramenta essencial para o trabalho dos docentes. Compreende-se que o livro didático é uma importante ferramenta para os professores, podendo influenciar sua prática e até definir o currículo escolar. Assim, buscou-se analisar como os livros de Ciências da Natureza e suas tecnologias, aprovados no PNLD 2021 para o ensino médio, apresentam a abordagem histórica dos conceitos de eletroquímica. Destaca-se o fato de que estes livros iniciam uma nova etapa para o ensino nacional, visto que, em função das mudanças propostas na Base Nacional Comum Curricular, a partir de 2021 o PNLD deixou de oferecer livros específicos de Química e passou a disponibilizar obras da área de Ciências da Natureza e suas tecnologias – envolvendo os conteúdos de Química, Física e Biologia.

Como foi destacado na introdução deste trabalho, pesquisas mostram visões ingênuas e distorcidas da Ciência, como a noção linear das descobertas científicas, o contexto em que ocorreram ou desconsiderando as contribuições de diferentes pessoas – seus erros e acertos para a elaboração daquela teoria (SEQUEIRA; LEITE, 1988). Sendo assim, a utilização da história da Ciência passou a ser usada como proposta para combater a ideia distorcida do que é Ciência e minimizar o distanciamento com a sociedade com quem produz, divulga e ensina Ciência.

Assim, dentre os sete livros analisados, foi observado que três deles (livros A, C e D) trazem referências a Luigi Galvani (1737-1798) e Alessandro Volta (1745-1827), indicando que estes tiveram participações importantes para a elaboração dos experimentos e das interpretações dos fenômenos, que levaram aos trabalhos de John Frederic Daniell (1790 - 1845). Destaca-se as abordagens dos livros A e D, que além de trazer a menção a Galvani e Volta, traz também um breve contexto aos seus trabalhos e resultados, deixando claro as diferenças de ideias entre eles e a contribuição das conclusões de Galvani que inspiraram Volta e, posteriormente, Daniell. Além disso, estes livros trazem, mesmo que de forma breve, os experimentos e a construção da primeira pilha por Volta, denominada como pilha voltaica. Já os livros B e F trazem apenas Volta como precursor das pilhas e baterias utilizadas atualmente, sem fazer menção a Galvani. E o livro E, apesar de mencionar estes cientistas em outras partes do capítulo, atribui a Daniell, como o inventor da pilha.

Esses resultados, mostram a baixa presença da história da Ciência, em específico a história da Química nos livros didáticos aprovados no PNLD 2021. Assim, compreende-se que a abordagem histórica proposta nos capítulos de eletroquímica não é empregada de forma adequada nos livros didáticos de Química, pois muitas vezes são citados apenas os nomes e as

datas, como apenas uma curiosidade ou de forma superficial. Compreende-se que seria necessário que as obras apresentassem discussões mais aprofundadas sobre a natureza da Ciência, possibilitando aos estudantes superar visões deformadas, como o trabalho individual dos cientistas, a linearidade da história da Ciência ou de uma Ciência infalível ou inquestionável. Por isso, seria importante que os capítulos relacionados à eletroquímica apresentassem os experimentos realizados por diferentes cientistas e os modelos propostos por eles para explicar os fenômenos, mostrando os motivos que os levaram a realizar estes experimentos, as dificuldades que cada um encontrou ou as mudanças propostas por eles.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, C. L. C.; XAVIER, E. S.; MACIEL, M. D. Abordagem das relações ciência/tecnologia/sociedade nos conteúdos de funções orgânicas em livros didáticos de Química do Ensino Médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 1, p. 101–114, 2016. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/412>.
- AMARO JUNIOR, A. C.; SILVA, D. R.; CAMPOS, R. S. A.; SILVA, S. A., MONTANUCI, R. Abordagem do lixo eletrônico no ensino de química: uma revisão bibliográfica. **Scientia Naturalis**, v. 4, n. 2, p. 672-684, 2022. <https://doi.org/10.29327/269504.4.2-19>.
- ANDRADE, A. K. S.; SANTOS, C. A. B.; SANTOS, M. L.; REIS, N. A. Discussões conceituais sobre eletroquímica entre licenciandos em Química. **Scientia Naturalis**, v. 3, n. 4, p. 1562-1575, 2021. <https://doi.org/10.29327/269504.3.4-3>
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 4. ed. Lisboa: Edições70, 2010.
- BATISTA, R. P; MOHR, A.; FERRARI, N. Análise da História da Ciência nos livros didáticos do Ensino Fundamental em Santa Catarina. **ANAIS do VI ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2011.
- BIGNARDI, C.; GIBIN, G. B. Análise sobre modelos atômicos em Livros Didáticos de Química segundo a História e Filosofia da Ciência. **Caderno Amazonense de Pesquisa em Ensino de Ciências e Matemática**, v. 1, n. 1, p. e202105, 2021. <https://doi.org/10.52894/CECi.2763-6623.v1.n1.e202105>.
- BOTON, J. M. O processo de escolha do livro didático por professores: a evolução do PNLD e seus efeitos no ensino de Ciências. **Dissertação** (Mestrado em Educação em Ciências) Universidade Federal de Santa Maria, 2014, 95p.
- BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. **Guia Digital PNLD 2021** - Obras didáticas por áreas do conhecimento e específicas: Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEB/FNDE, 2021. https://pnld.nees.ufal.br/assets-pnld/guias/Guia_pnld_2021_didatico_pnld-2021-obj2-ciencias-natureza-suas-tecnologias.pdf.
- BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. **Guia do PNLD 2022**. Brasília: MEC/SEB/FNDE, 2022. https://pnld.nees.ufal.br/assets-pnld/guias/Guia_pnld_2022_didatico_Apresentacao.pdf.
- BRASIL, Ministério da Educação. **PNLD** - Edital de convocação 01/2017. Brasília, MEC/FNDE/SEB, 2017a.
- BRASIL, Ministério da Educação. **PNLD 2018**: Química - guia de livros didáticos - Ensino Médio, Brasília: MEC/SEB/FNDE, 2017b, 56p.
- CARNEIRO, M. H. S.; GASTAL, M. L. História e filosofia das ciências no ensino de biologia. **Ciência e Educação**, v. 11, n. 1, p. 33-39, 2005. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132005000100003>

CECHINEL, A.; FONTANA, S. A. P.; GIUSTINA, K. P. D.; PEREIRA, A. S.; PRADO, S. S. Estudo/Análise documental: uma revisão teórica e metodológica. **Revista do Programa de Pós-graduação em Educação - UNESC**, v. 5, n. 1, p. 1-7, 2016. <https://doi.org/10.18616/ce.v5i1.2446>.

CHASSOT, A. I. **Alfabetização científica: questões e desafios para a Educação**. 4 ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2006

ECHEVERRIA, A. R.; MELLO, I. C.; GAUCHE, R. Livro Didático: análise e utilização no ensino de Química. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Orgs.). **Ensino de Química em foco**. Ijuí: Unijuí, 2010. p. 263-283.

FAUSTINO, S. N. As TICs como ferramenta colaborativa no processo de ensino e aprendizagem de eletroquímica com enfoque CTSA. **Dissertação** (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2017, 110f.

FERNANDES, M. A. M.; PORTO, P. A. Investigando a presença da História da Ciência em livros didáticos de Química Geral para o ensino superior. **Química Nova**, v. 35, n. 2, p. 420-429, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000200034>

FRANCO-PATROCÍNIO, S. O.; FREITAS-REIS, I. Os livros didáticos de Química indicados pelo PNLD 2015: a história da Ciência empregada na temática “quantidade de matéria” e sua unidade, mol. **HOLOS**, vol. 2, , p. 375-392, 2017. <https://doi.org/10.15628/holos.2017.4676>

ILHA, G. C.; ADAIME, M. B. História e filosofia da Ciência no ensino de Química: entre a negação e o dever. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 13, n. 2, p. 261-279, 2020. <https://doi.org/10.53727/rbhc.v13i2.38>

KLEIN, S. G.; BRAIBANTE, M. E. F. Reações de oxidação-redução e suas diferentes abordagens. **Química Nova na Escola**. v. 39, n. 1, p. 35-45, 2017.

LEAL, R. R.; SCHETINGER, M. R. C.; PEDROSO, G. B. Experimentação investigativa em Eletroquímica e argumentação no Ensino Médio em uma Escola Federal em Santa Maria/RS. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 10, n. 6, p. 142–162, 2019. <https://doi.org/10.26843/rencima.v10i6.2009>.

LEITE, . B.; SOARES, . H. F. B. Cálculos químicos nos capítulos de solução e estequiometria em livros didáticos de Química aprovados pelo PNLD/2012/2015. **Educação Química em Ponto de Vista**, v. 2, n. 1, 2018. <https://doi.org/10.30705/eqpv.v2i1.983>.

LEITE, M. B.; SOARES, M. H. F. B. Abordagem Interdisciplinar nos Capítulos de Equilíbrio Químico e Eletroquímica em Livros Didáticos de Química Aprovados pelo PNLD / 2008 / 2012 / 2015 / 2018. **Revista Virtual de Química**, v. 14, n. 5, p. 798-813, 2022. <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20220034>.

LEMES, A. F. G.; SOUZA, K. A. F. D.; CARDOSO, A. A. Representações para o Processo de Dissolução em Livros Didáticos de Química: o Caso do PNLEM. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 3, p. 184-190, 2010.

LIMA, C.; MORADILLO, E. F. Ácidos e Bases nos Livros Didáticos: ainda duas das quatro funções da Química Inorgânica? **Química Nova na Escola**, v. 41, n. 3, p. 242-247, 2019. <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160167>.

MAINIER, F. B. Eletroquímica Industrial: uma nova abordagem de ensino. **Anais: XXVII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia – COBENGE 99**, Natal, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 1999. Disponível em: <https://www.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/20/st/q/q201.pdf>.

MARCELINO JÚNIOR, C. A. C. Desenvolvimento de um sistema didático para a formação da habilidade de explicar as propriedades dos isômeros em licenciandos em Química na perspectiva da teoria de P. Y. A. Galperin. **Tese (Doutorado em Educação)** Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2016, 317f.

MARTINS, A. N. A.; LEITE, C. P.; MARTINS, J. J. A.; SILVA, G. N.; ARAÚJO, G. T. Descarte de pilhas e baterias - A problemática da abordagem nos livros didáticos de Química do PNLD 2015 para o conteúdo de eletroquímica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 5, p. 31–35, 2015. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/3335>.

MARTORANO, S. A. de A. As concepções de Ciência dos livros didáticos de Química, dirigidos ao ensino médio, no tratamento da cinética química no período de 1929 a 2004. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 3, p. 341–355, 2016. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/346>.

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7084/6555>.

MEDEIROS, J. S. S.; SILVA JÚNIOR, C. N. Revisão das principais propostas do processo de ensino e aprendizagem da eletroquímica no período de 2007 a 2017 no Brasil. **REDEQUIM - Revista Debates em Ensino de Química**, v. 7, n. 1, p. 281–309, 2021. <https://journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/3354>.

MORI, R. C.; CURVELO, A. A. S. O grau de participação requerido dos estudantes em atividades experimentais de Química: Uma análise dos livros de Ciências aprovados no PNLD/2007. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 1, p. 65–86, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4252>.

PAGLIARINI, C. R. Uma análise da história e filosofia da Ciência presente em livros didáticos de física para o ensino médio. **Dissertação (Mestrado em Ciências)** Universidade de São Paulo, 2007, 117f.

PITANGA, Â. F. O estudo da eletroquímica e suas implicações numa perspectiva para a Educação Ambiental. **Revista Sergipana de Educação Ambiental**, v. 1, n. 1, p. 181-199, 2014 <https://doi.org/10.47401/revisea.v1i1.3216>.

PORTO, P. A.; História e Filosofia da Ciência no Ensino de Química: em busca dos objetivos educacionais da atualidade, em W. L. P. dos Santos e O. A. Maldaner (orgs.) **Ensino de Química em Foco**, Ijuí: Editora Unijuí, p. 159 – 180, 2010.

RODRIGUES, A. M.; GIBIN, G. B. O uso do stop motion na investigação de modelos mentais de alunos do ensino médio sobre conceitos relacionados com a eletrólise.

Investigações em Ensino de Ciências, v. 27, n. 2, p. 222-242, 2022.

<http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2022v27n2p222>.

RODRIGUES, T. S.; SILVA, F. K. D.; PASTORIZA, B. S.; SANGIOGO, F. A.; SOARES, A. C.; SILVA, V. S. Análise sobre as formas de apresentação do conhecimento químico: o conceito de ligações químicas em livros didáticos. **Química Nova na Escola**, v. 44, n. 4, p. 428-438, 2022, <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160324>.

SANTOS, F. F. O Professor e Livro Didático: Implicações Metodológicas na Prática de Ensino em Geografia. In: **Anais do 8º Encontro Internacional de Formação de Professores**, v. 9, n. 1, p. 1-15, 2016. Disponível em <https://eventos.set.edu.br/enfope/article/view/2363/1300>.

SANTOS, L. S.; TOLENTINO NETO, L. C. B. De que forma pessoas negras têm sido representadas em livros didáticos de Ciências utilizados em escolas públicas de Santa Maria-RS?. **Research, Society and Development**, v. 7, n. 9, p. e1479450, 2018.

<https://doi.org/10.17648/rsd-v7i9.450>.

SANTOS, V. A.; MARTINS, L. A importância do livro didático. **Candombá – Revista Virtual**, v. 7, n. 1, p. 20-33, 2011. Disponível em:

<http://web.unijorge.edu.br/sites/candomba/pdf/artigos/2011/a1.pdf>.

SCHEIFELE, A. MONTALVÃO NETO, A. L.; MIGUEL, K. S.; JUSTINA, L. A. D. Reflexões sobre a relação entre PNLD e livro didático: um olhar discursivo para publicações no ENPEC. **Anais do XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Natal, 2019.

SEQUEIRA, M.; LEITE, L. A História da Ciência no Ensino-Aprendizagem das Ciências, **Revista Portuguesa de Educação**, v. 30, n. 2, p. 29-40, 1988.

SILVA, N. O.; XAVIER, M. J. M. S.; SOUZA, G. A. P. História da Química uma proposta de ensino nos livros didáticos. **Scientia Naturalis**, v. 1, n. 1, p. 163-170, 2019.

SILVA, R. M.; SILVA, R. C.; ALMEIDA, M. G. O.; AQUINO, K. A. S. Conexões entre Cinética Química e Eletroquímica: A Experimentação na Perspectiva de Uma Aprendizagem Significativa. **Química Nova na Escola**, v. 38, n. 3, p. 237-243, 2016.

<http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160033>.

STADLER, J. P.; SOUSA JÚNIOR, F. S.; GEBARA, M. J. F.; HUSSEIN, F. R. G. S. Análise de obstáculos epistemológicos em livros didáticos de Química do ensino médio do PNLD 2012. **HOLOS**, v. 2, p. 234-243, 2012. <https://doi.org/10.15628/holos.2012.863>.

TAVARES, L. H. W. Os tipos de abordagem histórica no ensino: Algumas possibilidades encontradas na literatura. **História da Ciência e Ensino**, v. 2, p. 14-24, 2010.

TAVARES, L. H. W. Possibilidades de deformação conceitual nos livros didáticos de química brasileiros: o conceito de substância. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 8, n. 3, p. 1004-1018, 2009.

TEIXEIRA JÚNIOR, J. G.; SILVA, R. M. G. Investigando a temática sobre equilíbrio químico na formação inicial docente. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 2, p. 571-592, 2009.

VASCONCELOS, S. D.; SOUTO, E. O livro didático de Ciências no Ensino Fundamental - proposta de critérios para análise do conteúdo zoológico. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 1, p. 93-104, 2003. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132003000100008>

VIDAL, P. H. O.; PORTO, P. A. A história da Ciência nos livros didáticos de Química do PNLEM 2007. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 2, p. 291-308, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132012000200004>

VIEIRA, D. O.; BRAGA, M. B. P.; PASSOS, R. R.; FARIAS, S. A. Estudos sobre o ensino e aprendizagem de conceitos em eletroquímica: uma revisão. **ENCITEC - Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, v. 11, n. 1, p. 172-188, 2021. <http://dx.doi.org/10.31512/encitec.v11i1.388>.