

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Instituto de Ciências Exatas

Departamento de Química

Luiz Gustavo Gomes de Miranda

**O ENSINO DE ELETROQUÍMICA COM FOCO EM PILHAS: UMA PROPOSTA DE
SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

Belo Horizonte

2025

Luiz Gustavo Gomes de Miranda

**O ENSINO DE ELETROQUÍMICA COM FOCO EM PILHAS: UMA PROPOSTA DE
SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Departamento de Química do Instituto de
Ciências Exatas da Universidade Federal de
Minas Gerais, como requisito para a obtenção
do título de Licenciado em Química.

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Luis Martins
Lameirão Mateus.



COLEGIADO DE QUÍMICA
Instituto de Ciências Exatas
Fone: (031) 3409-5799/6386
E-mail: colgradqui@icex.ufmg.br

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Química Licenciatura da Universidade Federal de Minas Gerais, do estudante Luiz Gustavo Gomes de Miranda, nº de registro 2019431283.

O Trabalho de Conclusão de Curso do estudante **Luiz Gustavo Gomes de Miranda**, intitulado **O ENSINO DE ELETROQUÍMICA COM FOCO EM PILHAS: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA** foi avaliado e aprovado pela Banca Examinadora constituída pelo Prof. Alfredo Luis Martins Lameirão Mateus (Coltec - UFMG), orientador do Trabalho de Conclusão de Curso, Profa. Nilma Soares da Silva (FaE - UFMG) e Profa. Lilian Borges Brasileiro (Coltec - UFMG) no dia 28 de novembro de 2025.

Documento assinado digitalmente
 ALFREDO LUIS MARTINS LAMEIRAO MATEUS
Data: 29/11/2025 18:04:33-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Alfredo Luis Martins Lameirão Mateus

Documento assinado digitalmente
 NILMA SOARES DA SILVA
Data: 02/12/2025 10:42:12-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Profa. Nilma Soares da Silva

Documento assinado digitalmente
 LILIAN BORGES BRASILEIRO
Data: 01/12/2025 08:50:35-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Profa. Lilian Borges Brasileiro

Dario
Windmoller:40403696
020

Assinado de forma digital por
Dario Windmoller:40403696020
Dados: 2025.11.17 14:09:52
-03'00'

Prof. Dario Windmüller

Coordenador do Colegiado dos Cursos de Graduação em Química e Química Tecnológica
ICEx - UFMG

AGRADECIMENTOS

À Deus primeiramente, por ter me dado condições e força para completar este ciclo, mesmo com diversas intempéries. Agradeço também à minha mãe Tacimara Gomes de Miranda, que sempre me incentivou e incentiva aos estudos e contribuiu grandissimamente para me tornar a pessoa que sou hoje. Destaco também que sua doçura e paciência, mas não apenas, durante nossa convivência, tornaram os dias mais leves.

Agradeço também aos meus dois irmãos, Bárbara Natália Gomes de Miranda e Marlon Henrique de Miranda, por terem sido “cobaias” durante as minhas explicações sobre Química e afins, vocês me ajudaram a desenvolver várias habilidades como professor.

Agradeço também ao meu grande amor, Verônica Carolina Oliveira Araújo, por sempre me apoiar e estar ao meu lado e acreditar no meu potencial, além de me tranquilizar quando as coisas não corriam tão bem na graduação e vibrar comigo quando as coisas davam certo, principalmente nas disciplinas de Espectroscopia e Bioquímica. Além disso, destaco que sua ajuda escutando e opinando sobre as minhas ideias para este estudo, entre outras coisas, auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço também ao meu orientador, Alfredo Luis Martins, por acreditar na minha ideia e ter proporcionado não apenas as orientações, mas também por ter aberto as portas de seu laboratório para o desenvolvimento de atividades fundamentais para alcançar os objetivos propostos por este estudo.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo a proposta e implementação de uma sequência didática (SD) para o ensino do conteúdo Eletroquímica, fundamentada na abordagem do Ensino por Investigação (EI) e potencializada pelas interações aluno-professor em sala de aula, visando contribuir para o ensino desse tópico no Ensino Médio. A motivação para a realização deste estudo surgiu a partir da percepção das dificuldades recorrentes no processo de ensino-aprendizagem do tópico Eletroquímica, bem como da necessidade de superá-las a partir de uma proposta de ensino estimuladora. A metodologia adotada caracteriza-se como um estudo qualitativo de caráter interventivo e os dados foram coletados por meio de observações, registros fotográficos e de áudio e posteriormente discutidos numa perspectiva de relato de experiência. Os resultados indicam que a implementação da sequência contribuiu, ainda que parcialmente, para a compreensão dos fenômenos físico-químicos associados às reações de oxidação-redução pelos estudantes, possibilitando reflexões para o aperfeiçoamento da sequência didática.

Palavras-chave: Sequência didática. Ensino de Eletroquímica. Experimentação. Pilhas.

ABSTRACT

This work aims to propose and implement a didactic sequence (DS) for teaching Electrochemistry content, grounded in the Inquiry-Based Teaching (IBT) approach and enhanced by student–teacher interactions in the classroom, with the goal of contributing to the teaching of this topic in High School. The motivation for conducting this study arose from the perception of recurring difficulties in the teaching–learning process of the Electrochemistry topic, as well as from the need to overcome them through a stimulating teaching proposal. The adopted methodology is characterized as a qualitative, intervention-based study, and the data were collected through observations, photographic and audio records, and later discussed from an experience-report perspective. The results indicate that the implementation of the sequence contributed, albeit partially, to students' understanding of the physicochemical phenomena associated with redox reactions, enabling reflections for the improvement of the didactic sequence.

Keywords: Didactic sequence. Teaching of Electrochemistry. Experimentation. Batteries.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 - Competências Gerais da Educação Básica.....	6
Quadro 2 - Competências Específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.....	6
Figura 1- Os níveis do conhecimento químico.....	7
Tabela 1 - Comparativo entre alunos com alto e baixo desempenho em matemática, leitura e ciências.....	9
Figura 2 - Versão da pilha de Daniell.....	12
Figura 3 - Esquema da pilha de Daniell com oxidação no ânodo, redução no cátodo e fluxo de elétrons externo.....	13
Figura 4 - Movimentação dos íons.....	15
Tabela 2 - Alguns potenciais padrão de redução.....	16
Quadro 3 - Quadro classes de abordagem comunicativa.....	19
Quadro 4 - Planejamento da SD.....	21
Quadro 5 -Materiais necessários para atividades experimentais.....	22
Figura 5 - Exemplo de preparação de eletrodo.....	23
Figura 6 - Montagem da pilha.....	23
Figura 7 - Montagem da ponte de ligação.....	24
Figura 8 - Configuração inicial da sala terceiro encontro.....	25
Figura 9 - Configuração e organização da bancada.....	25
Figura 10 - Materiais para demonstração.....	26
Figura 11 - Assuntos discutidos em sala de aula no primeiro encontro.....	32
Figura 12 - Assuntos discutidos em sala de aula no segundo encontro.....	34
Figura 13 - Desenvolvimento da atividade experimental.....	35
Figura 14 - Alunos realizando medição da ddp com multímetro.....	35
Figura 15 - Resultados experimentais determinados pelos estudantes.....	36
Figura 16 - Respostas esperadas Tabela 1.....	37
Figura 17 - Respostas à Tabela 2.....	38
Figura 18 - Respostas à Tabela 3.....	40
Figura 19 - Respostas à Tabela 4.....	41
Figura 20 - Discussão com os alunos sobre a atividade experimental.....	44
Figura 21 - Montagem da bateria e acionamento do LED.....	45
Figura 22 - Dois voltímetros medindo uma pilha invertida e outra na posição correta, mostrando $-1,5\text{ V}$ e $+1,5\text{ V}$	52
Figura 23 - Representação de uma pilha com multímetro.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

An	Aluno n
BNCC	Base Nacional Curricular Comum
CF	Constituição Federal
CNT	Ciências da Natureza e suas Tecnologias
CRMG	Currículo Referência de Minas Gerais
ddp	Diferença de Potencial
Dn	Dupla n
EI	Ensino por Investigação
EM	Ensino Médio
EPH	Eletrodo Padrão de Hidrogênio
IA	Interativo/de autoridade
ID	Interativo/Dialógico
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Básica
NIA	Não-Interativo/ de Autoridade
NID	Não-Interativo/Dialógico
NOX	Número de Oxidação
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PISA	Programa Internacional de Avaliação de Estudantes
PP	Professor-Pesquisador
SD	Sequência Didática
SEI	Sequência de Ensino Investigativo
Tn	Trio n
TDIC	Tecnologias digitais de informação e comunicação

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1 OBJETIVO GERAL.....	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	2
3.1 CIÊNCIAS DA NATUREZA E A BNCC.....	3
3.2 DESAFIOS EDUCACIONAIS E CONCEPÇÕES SOBRE ELETROQUÍMICA.....	8
3.3 A CIÊNCIA POR TRÁS DAS PILHAS E CÉLULAS ELETROQUÍMICAS.....	11
3.4 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E A ATIVIDADE DISCURSIVA DOCENTE.....	17
4. METODOLOGIA.....	19
4.1 TIPO DE PESQUISA E INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	20
4.2 UNIVERSO E CAMPO DA PESQUISA.....	20
4.3 PLANEJAMENTO DAS AÇÕES.....	20
5. RELATO DAS AÇÕES.....	26
6. CONCLUSÃO.....	45
REFERÊNCIAS.....	45
APÊNDICE A.....	48

1. INTRODUÇÃO

A Química constitui uma lente fundamental para modelar e interpretar o mundo ao nosso redor, especialmente no que se refere aos fenômenos que permeiam tanto a natureza quanto os aspectos mais complexos do mundo contemporâneo. Essa Ciência abrange desde as unidades mais simples da matéria, como o átomo, até sistemas sofisticados envolvidos na aquisição de novas tecnologias e processos biológicos. Nesse contexto, os conhecimentos atribuídos à Química, enquanto componente curricular do Ensino Médio (EM), têm como objetivo propiciar que os alunos

[...] compreendam as transformações químicas que ocorrem no mundo físico de forma abrangente e integrada e assim possam julgar com fundamentos as informações advindas da tradição cultural, da mídia e da própria escola e tomar decisões autonomamente, enquanto indivíduos e cidadãos (Brasil, 2002).

Nesse sentido, espera-se que os conhecimentos adquiridos por meio da educação formal proporcionem ao aluno uma compreensão mais ampla, assegurando-lhe uma visão mais crítica frente à realidade e seu papel na sociedade. Para tanto, com a intenção de responder a esta demanda, o ensino de Química, nos últimos anos, tem passado por mudanças significativas principalmente no que se refere às diferentes abordagens¹ de ensino dentro da sala de aula com o objetivo de superar metodologias tradicionais² que, embora ainda presentes, nem sempre favorecem a aprendizagem. Essa mudança de paradigma no ensino de Ciências, pautada na busca por aulas mais atrativas e envolventes, tem sido evidenciada em diversos estudos que exploram o uso de diferentes estratégias e recursos didáticos com o intuito de favorecer o engajamento dos estudantes (Mello *et al.*, 2018; Dantas Filho *et al.*, 2019; Silva, 2021). Nesse contexto, estratégias didáticas são compreendidas como o conjunto de ações intencionalmente planejadas pelo professor para facilitar a aprendizagem e promover a participação ativa dos alunos. Já os recursos didáticos referem-se a quaisquer materiais utilizados como suporte ao processo de ensino, tais como vídeos, experimentos, jogos, entre outros.

¹ Entende-se como abordagem de ensino as perspectivas teórica e metodológica que norteiam a prática pedagógica do professor.

² As metodologias tradicionais de ensino caracterizam-se pela centralidade do professor no processo educativo, priorizando a transmissão de conteúdos por meio de aulas expositivas. Nessas abordagens, há ênfase na memorização e na repetição de informações, enquanto o aluno assume uma postura passiva, como receptor do saber.

Com o intuito de propor e implementar uma sequência didática (SD) para turmas do 2º ano do EM, este estudo tem como foco o desenvolvimento e a aplicação de uma SD voltada ao ensino de tópicos de Eletroquímica, com base na abordagem de Ensino por Investigação (EI). A proposta enfatiza, em especial, o estudo das reações de oxirredução associadas às pilhas, por meio da utilização de recursos experimentais acessíveis, inspirados nas atividades do portal XCiência, e aulas de caráter dialogado. A escolha desse tema justifica-se por sua relevância no cotidiano, presente em situações como o funcionamento de pilhas e baterias, bem como na formação da ferrugem, fenômeno com o qual os estudantes estão mais familiarizados.

Além disso, a ênfase na escolha da experimentação neste projeto, para além do aspecto meramente ilustrativo de fenômenos, é selecionado como recurso didático por motivar e estimular o engajamento dos estudantes além de oportunizar, à estes, a reflexão.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Propor uma SD voltada ao ensino sobre pilhas e suas particularidades aos alunos do segundo ano do EM, utilizando recursos experimentais, além de aulas dialogadas e, assim, avaliar qualitativamente seu potencial no processo de ensino a partir de um relato de experiência.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementação da SD sobre Eletroquímica, com foco em pilhas, de modo aumentar as possibilidades de ensino sobre a temática.
- Explorar os conceitos sobre as reações de oxidação-redução a partir de aulas expositivas e dialogadas.
- Realizar atividade experimental.
- Elaborar um relato de experiência quanto à implementação e avaliar de maneira qualitativa proposta.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este estudo, enquanto proposta pedagógica, tem como foco central o EI, com o intuito de estimular o pensamento crítico e autonomia dos estudantes por meio da resolução de problemas e da realização de experimentações. Neste sentido, fundamenta-se nos

pressupostos elencados por Carvalho (2018), que destaca o EI como uma abordagem que busca criar, em sala de aula, condições para que os alunos expressem seus pensamentos por meio da argumentação oral ou escrita, e reflitam criticamente sobre os conteúdos programáticos abordados. Além disso, também é alicerce para este estudo as classes de abordagem comunicativa propostas por Mortimer e Scott (2002), como instrumento para articulação das intenções do professor e conteúdo de ensino.

Para além do supracitado ainda será discutido, brevemente: Os princípios teóricos que norteiam o entendimento científico por trás das pilhas; paralelo entre os documentos normativos da educação brasileira e a aspectos educacionais em relação à Química.

3.1 CIÊNCIAS DA NATUREZA E A BNCC

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento elaborado a partir de amplo debate, que envolveu tanto a sociedade, quanto especialistas de diversas áreas da educação, constitui-se como uma resposta às demandas educacionais do país e norteia os currículos regionais como, por exemplo, o Currículo Referência de Minas Gerais (CRMG), e propostas pedagógicas, a ao estabelecer um conjunto de saberes essenciais para a formação cidadã e liberdade cívica plena aos estudantes brasileiros (Brasil, 2018). Assim, a BNCC busca, para além de seu caráter normativo, efetivar o que dispõe a Constituição Federal de 1988 (CF) quanto ao direito fundamental à educação, definido como

[...] direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho (Brasil, 1988).

Outro documento importante e mais específico, é a lei nº 9.394 de dezembro de 1996, intitulada como Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) que regula e garante o direito constitucional na prática, explanando desde tópicos relacionados aos princípios da educação nacional aos recursos destinados (Brasil, 1996).

Esses três – CF, LDB e BNCC – formam o tripé institucional da educação no Brasil: enquanto a CF estabelece os direitos fundamentais, a LDB define as diretrizes e formas de implementação desses direitos, e a BNCC especifica os conteúdos e competências essenciais para a formação plena dos estudantes. Voltando nossa atenção à BNCC, esta, em seu texto base, dá enfoque especial no que refere-se às ditas competências que, de maneira geral, é um

termo amplo e pode ter múltiplos significados. Segundo Ferreira (2001), competência³ pode ser interpretada como capacidade ou aptidão. Em outras palavras, trata-se de um conjunto de saberes que fornece ao indivíduo os recursos técnicos necessários para desenvolver uma habilidade ou solucionar um problema. Ainda dentro da discussão de definições, agora no âmbito educacional, de acordo com Reeve (2006) competência é entendida, em uma esfera mais individual, como sendo as intenções de uma pessoa em exercitar suas aptidões, buscando perpassar desafios em um nível adequado às habilidades deste e, por fim, receber um *feedback* positivo.

Além disso, refletindo sobre a concepção de competência, segundo a BNCC competência é

[...] a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho (BNCC, 2018).

Ou seja, na visão deste documento, estima-se que os indivíduos detentores das ditas competências seriam capazes de colocar em prática o conhecimento, em outras palavras instrumentalizar o saber adquirido durante formação do ensino básico como mediador entre um problema e sua solução, assim como entender e ter uma postura protagonista frente à novas situações. Por exemplo, imagine que um indivíduo, frente a uma situação-problema, tenha que realizar a troca de um chuveiro elétrico devido a um mau funcionamento ou mesmo a simples mudança do aparelho, algo que é comum nas casas brasileiras. A pergunta é: como proceder frente a essa demanda? Talvez ele pudesse solicitar o serviço à outrem ou tomar a iniciativa e solucionar o problema por si só. O indivíduo, tendo em mãos o aparelho candidato à troca, lê os procedimentos para instalação e percebe que termos como energia, tensão, potência elétrica, consumo de energia estão presentes no rótulo. Após a leitura, identifica-se que estes termos estão relacionados com o componente curricular Física e remete à tópicos abordados durante a educação básica⁴ que favorece, em certa medida, um vislumbamento da solução do problema hipotético. Para tanto, numa perspectiva de autonomia frente ao entrave,

³ Original completo: com.pe.tên.cia *sf.* 1. Faculdade que a lei concede a funcionário, juiz ou tribunal para apreciar e julgar certos pleitos ou questões. 2. Capacidade, aptidão. 3. Alçada, jurisdição. ♦ **De competência.** Diz-se do regime contábil no qual os pagamentos ou recebimentos são lançados na data em que são devidos.

⁴ Segundo o plano de curso 2025 para as Ciências da Natureza e suas Tecnologias do estado de Minas Gerais, a ministração de tópicos voltados à natureza elétrica da matéria e suas particularidades é realizada a partir do 3º ano do Ensino Médio e contempla tópicos que vão desde processo de eletrização à radioatividade.

a situação descrita ilustra bem o desejo do documento supracitado pelo desenvolvimento das competências gerais e específicas das Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT).

Neste sentido, a BNCC elenca uma série de competências, indo de dez mais gerais à três mais específicas no que tange as CNT, definidas da seguinte maneira:

Competências Gerais

1	Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.
2	Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.
3	Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural.
4	Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo.
5	Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.
6	Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade.
7	Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.
8	Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas.
9	Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes,

	identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza.
10	Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.

Quadro 1 - Competências Gerais da Educação Básica. FONTE: Adaptado de BNCC, 2018.

Competências Específicas CNT

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).

Quadro 2 - Competências Específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. FONTE: Adaptado de BNCC, 2018.

Neste sentido, ao direcionarmos a atenção para as competências específicas, além das gerais, observa-se que o documento ressalta de forma significativa o caráter instrumental dessa área do conhecimento, evidenciando sua relevância para a compreensão do mundo ao nosso redor por meio de seus conceitos, linguagens e representações próprias. Ademais, destaca-se o aspecto investigativo desse campo do conhecimento, voltado tanto para a análise e resolução de problemas quanto para a proposição de soluções inovadoras. Para tanto, com o objetivo de contemplar essas competências e promover o desenvolvimento das habilidades específicas previstas para o componente curricular de Química, é essencial que o ensino do conhecimento químico considere os três níveis de compreensão propostos por Johnstone (2010), conhecidos como “Triângulo de Johnstone”.

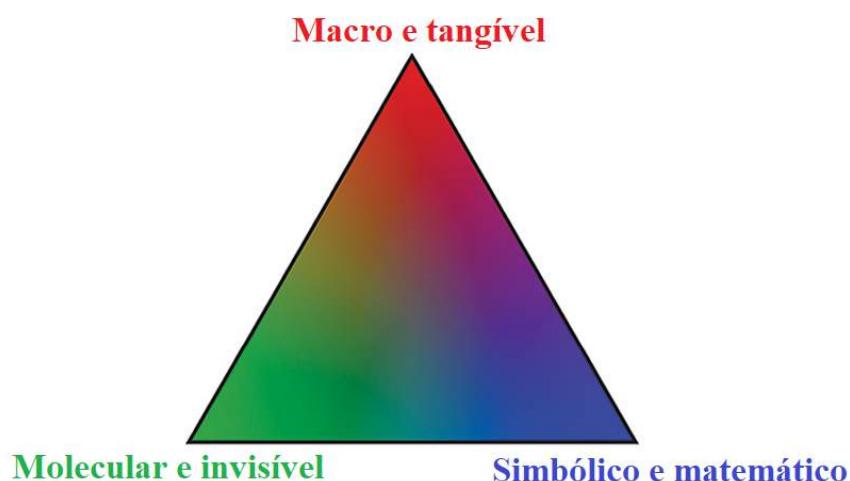


Figura 1- Os níveis do conhecimento químico. FONTE: Adaptado Johnstone, 2010.

O autor, por meio desta figura, propõe um modelo que busca elucidar os diferentes níveis de compreensão do conhecimento químico. Para tanto, entende-se o nível “Macro e tangível” como sendo o estudo e observações que permeiam os fenômenos químicos como, por exemplo, mudanças de cor, liberação/absorção de calor em reações (Johnstone, 2010).

Já os níveis “Molecular e invisível” e “Simbólico e matemático” são compreendidos, respectivamente, como a interpretação no âmbito dos átomos, íons ou moléculas que justificam o observado e o nível de representação formal a partir de equações químicas, fórmulas matemáticas, de forma a comunicar o que se observa a partir da linguagem própria da Química (Johnstone, 2010)

Por exemplo, imaginemos um professor que propõe a realização de uma atividade experimental demonstrativa que aborde o tópico termoquímica com ênfase nas transformações exotérmicas, a partir da reação entre o do permanganato de potássio e a glicerina. Nesta primeira abordagem, percebe-se que o docente situa a sua atividade exclusivamente no vértice superior da figura, limitando assim o entendimento apenas no plano sensorial. Adiante, pensemos que além da atividade demonstrativa o profissional destaque que microscopicamente os íons permanganato, MnO_4^- , atuam como agente oxidante, sendo reduzidos de Mn^{7+} à Mn^{4+} e a glicerina atua como agente redutor, sendo oxidada e transformando-se em CO_2 e H_2O . Neste sentido, percebe-se que a discussão amplia-se e abre margem para uma investigação adicional do que fora apresentado, e o estudo posiciona-se na aresta Macro e tangível/Molecular e invisível. Adiante, ao integrar o nível simbólico, o professor pode formalizar o fenômeno por meio da representação da reação química que descreve a transformação envolvida, explorando também o aspecto energético do processo,

como, por exemplo, a variação de entalpia e ampliar ainda mais o entendimento do objeto de estudo. Em síntese, a capacidade de transitar e integrar os três níveis do conhecimento químico, equilibrando a ênfase atribuída a cada vértice, pode potencializar significativamente o processo de ensino-aprendizagem, propiciando, assim, o estímulo e desenvolvimento das competências.

3.2 DESAFIOS EDUCACIONAIS E CONCEPÇÕES SOBRE ELETROQUÍMICA

Os desafios educacionais que permeiam o Brasil são múltiplos e impactam todas as etapas do ensino, principalmente a educação básica, no que diz respeito à aprendizagem e à proficiência em Matemática e nas chamadas Ciências da Natureza, que abrangem os campos da Física, Biologia e Química. Com relação a esta última, segundo os PCNEM (Brasil, 2002), a Química pode ser uma ferramenta para a formação humana, possibilitando a ampliação de perspectivas e a promoção da autonomia cívica, desde que haja o desenvolvimento e a introjeção desse campo do conhecimento como forma de interpretar o mundo e intervir nele, por meio de seus conceitos e linguagens próprios. No âmbito educacional, espera-se que os alunos, ao serem introduzidos a essa esfera científica, desenvolvam a compreensão não apenas dos processos químicos e de sua relação com a Ciência e Tecnologia, mas também de suas implicações nos aspectos sociais, políticos, econômicos e ambientais (Brasil, 2002).

O Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) configura-se como um estudo comparativo internacional realizado a cada três anos pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) que possibilita, mediante avaliação do domínio de leitura, matemática e ciências, a cada país participante avaliar e comparar o aprendizado dos seus estudantes, da faixa etária de 15 anos, com outros países. Além disso, esta medida preocupa-se em permitir que os países participantes possam aprender com políticas e práticas educacionais de outros lugares e, formular soluções e diretrizes que visem a melhoria dos seus índices de educação, em face de seus resultados (OCDE, 2023). Neste sentido, o Brasil, país participante da avaliação desde a primeira edição, ocorrida no ano de 2000, comparada à média OCDE, obteve 73 e 55% de alunos com baixo desempenho em Matemática e Ciências respectivamente, alcançando assim, o nível 2 de proficiência nesta última edição (Brasil, 2023). Considerando que essas duas áreas do conhecimento estão inter-relacionadas, a defasagem apontada pelo estudo não causa surpresa. Vale lembrar que do total de alunos brasileiros participantes, desta edição, 81,9% estavam matriculados no Ensino Médio (Brasil, 2023).

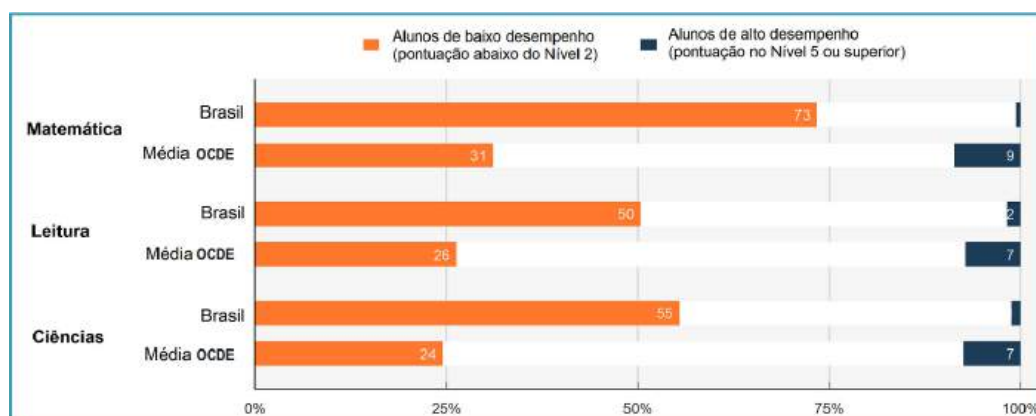


Tabela 1 - Comparativo entre alunos com alto e baixo desempenho em matemática, leitura e ciências. FONTE: Brasil, 2023.

Os níveis de proficiência em Ciências são organizados em sete níveis em uma escala que vai de 1 a 6, tendo subdivisões no nível 1, como 1a e 1b. Esses níveis indicam as habilidades e competências que os estudantes demonstraram ser capazes de realizar com base em seu desempenho nas avaliações. Trata-se, portanto, de uma estimativa do que os alunos conseguem fazer, e não de uma descrição definitiva de todas as suas capacidades (OCDE, 2023).

Os estudantes brasileiros alcançaram em média, de acordo com dados do INEP (Brasil 2023), 403 pontos no campo das Ciências, encaixando-se na subdivisão de proficiência 1a que, de acordo com a avaliação, evidencia que

[...] os estudantes são capazes de usar conhecimentos básicos ou cotidianos, tanto de conteúdo quanto procedimentais, para reconhecer ou identificar explicações de fenômenos científicos simples. Com apoio, eles podem realizar investigações científicas estruturadas com no máximo duas variáveis. São capazes de identificar relações causais ou correlacionais simples e interpretar dados gráficos e visuais que exigem baixo nível de demanda cognitiva. Estudantes do nível 1a podem selecionar a melhor explicação científica para determinados dados em contextos pessoais, locais e globais (OCDE, 2023, p. 103)⁵.

⁵ Original: “[...] students are able to use basic or everyday content and procedural knowledge to recognise or identify explanations of simple scientific phenomena. With support, they can undertake structured scientific enquiries with no more than two variables. They are able to identify simple causal or correlational relationships and interpret graphical and visual data that require a low level of cognitive demand. Level 1a students can select the best scientific explanation for given data in familiar personal, local and global contexts.

De acordo com o PISA, o nível 2 é considerado o mínimo necessário para que os alunos tenham condições de participar ativamente da sociedade. Esse critério acende um sinal de alerta em relação ao desempenho dos estudantes brasileiros.

Neste sentido, ao formar um paralelo entre os resultados do estudo supracitado e as estimativas e anseios educacionais dispostos para o EM, em relação às Ciências – ao tratar particularmente da Química como sendo uma delas – percebe-se um desacordo entre a realidade e as expectativas. Tal discrepância torna-se ainda mais perceptível quando se consideram as lacunas de aprendizagem oriundas das etapas anteriores, as quais tendem a se perpetuar e a comprometer o desempenho dos estudantes nas séries subsequentes.

Diante do exposto e ampliando seus desdobramentos, Caramel e Pacca (2011), em um estudo anterior, propuseram uma pesquisa com o objetivo de diagnosticar as concepções de estudantes do 3º ano do EM, bem como de graduandos dos cursos de Licenciatura e Bacharelado em Química, acerca de fenômenos relacionados à Eletroquímica. O estudo abordou duas questões centrais: o funcionamento de pilhas e os processos de eletrólise. Após o desenvolvimento das intervenções e análise das respostas dos participantes frente às indagações, os autores concluem que os dois perfis de alunos participantes tiveram dificuldades de explicar os fenômenos microscópicos que ocorrem em células galvânicas e eletrolíticas pois suas respostas não contemplavam o entendimento científico, utilizando-se de termos comuns em estudo de Eletroquímica (oxidação, redução, íons, cátions e ânions) de maneira equivocada, evidenciando uma deficiente apropriação da linguagem específica (Caramel; Pacca, 2011).

Em outro estudo, mais recente, Venturi *et al.* (2021), a partir de questionários seguidos de análise de conteúdo, preocuparam-se em identificar as dificuldades e concepções de alunos ingressantes sobre conceitos da Eletroquímica em um curso de Licenciatura em Química. Para tanto, o questionário, dividido em três partes, foi implementado à 25 licenciandos recém chegados ao ensino superior, de modo que, como ainda não tiveram a oportunidade de estudar Eletroquímica, suas respostas iriam se basear apenas nas concepções advindas anteriormente, principalmente aquelas adquiridas durante o EM. A primeira parte do questionário fundamentou-se em sondar o público alvo, de modo a conhecê-los e, para tanto, questões relacionadas à idade, há quanto tempo o estudante concluiu o EM e se o mesmo desfrutou de aulas implementadas sobre Eletroquímica. Num segundo momento, o questionário se propõe a tecer um panorama geral sobre as ideias prévias dos estudantes frente ao tópico oxirredução. Por fim, na terceira parte, buscou-se sondar quais eram as perspectivas dos licenciandos quanto ao ensino-aprendizagem do tópico alvo de modo que eles avaliassem o nível de

difficuldade para aprender e ensinar Eletroquímica e também quais, em suas opiniões, eram os pré-requisitos para compreender o processo de oxirredução. Neste sentido, após o desenvolvimento do estudo, os autores estimam que os estudantes, submetidos ao estudo, possuem fragilidade de aprendizagem do conteúdo alvo e destacam ainda que

[...] a maioria dos participantes demonstrou não possuir uma base sólida de conhecimento em eletroquímica, apresentando respostas erradas ou até mesmo deixando de responder as questões. Notou-se que poucos estudantes conseguiram desenvolver respostas mais elaboradas, revelando algumas dificuldades, equívocos e concepções alternativas. Considerando que são alunos da primeira fase de um curso de graduação, pode-se inferir que tal resultado seja reflexo dos elementos relacionados ao processo ensino-aprendizagem desses estudantes ainda durante a educação básica (Venturi *et al.*, p. 772, 2021).

Além dos dois estudos mencionados, outros também evidenciam as dificuldades enfrentadas tanto por professores, ou futuros professores, quanto por alunos do ensino básico em relação ao entendimento e assimilação dos tópicos da Eletroquímica (Andrade *et al.*, 2021, Ferreira; Gonçalves; Salgado, 2021; Freire; Silva Júnior; Silva, 2011) o que suscita preocupação e reforça a necessidade de reflexões sobre as práticas de ensino nessa área.

3.3 A CIÊNCIA POR TRÁS DAS PILHAS E CÉLULAS ELETROQUÍMICAS

O estudo das reações de oxidação-redução geralmente está atrelado ao estudo das pilhas que, por definição, são células eletroquímicas. Neste sentido, células eletroquímicas, são, por definição, dispositivos que produzem energia elétrica a partir da classe de reações supracitadas, e consistem em dois eletrodos condutores, metálicos ou não, imersos em uma solução eletrolítica⁶ (Skoog *et al.* 2019, Atkins; Paula, 2018). Estes dois eletrodos, podem estar dispostos em diferentes configurações como, por exemplo, imersos em uma mesma solução, ou seja, os eletrodos compartilham o mesmo compartimento eletródico ou ainda separados fisicamente mas conectados por uma ponte salina (Skoog *et al.* 2019, Atkins; Paula, 2018). Além disso, esses dispositivos, também chamados de pilhas ou células galvânicas, produzem eletricidade a partir de reações espontâneas que ocorrem em seu interior e são descarregados durante o processo (Atkins; Paula, 2018). Além das células galvânicas, existem as chamadas células eletrolíticas, que, além de funcionarem como células galvânicas e

⁶ Soluções eletrolíticas são entendidas como uma mistura de um solvente, geralmente água, com um soluto, geralmente eletrólitos, que formam íons livres no meio. Este tipo de composição garante ao sistema uma melhor condutividade elétrica.

produzirem energia, podem ser recarregadas (Skoog *et al.*, 2019) Em outras palavras, toda célula eletrolítica é galvânica, mas nem toda célula galvânica é eletrolítica.

Neste sentido, em nosso cotidiano existem diversos dispositivos que possuem os comportamentos supracitados como, por exemplo, a pilha alcalina, usada para alimentar relógios ou controles remotos, até mesmo as conhecidas baterias automotivas que servem como fonte de alimentação elétrica para automóveis.

Assim, para entender o funcionamento desta classe de dispositivos, mediante as reações em seu interior, temos que voltar nossa atenção à teoria, e um bom primeiro passo, é recorrermos a um esquema de pilha para essa discussão.

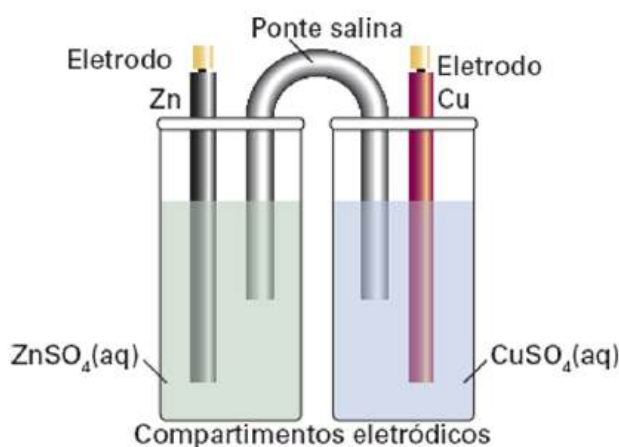


Figura 2 - Versão da pilha de Daniell. FONTE: Atkins; Paula, 2018.

Na Figura 2 pode-se observar um aparato recorrente quando deseja-se discutir o ensino de Eletroquímica no EM. No lado esquerdo da representação é possível observar um eletrodo de zinco (Zn) imerso em uma solução aquosa de sulfato de zinco, $\text{ZnSO}_4(\text{aq})$. Já do lado direito, é possível observar o eletrodo de cobre (Cu) imerso em uma solução aquosa de sulfato de cobre, $\text{CuSO}_4(\text{aq})$ e conectando as duas extremidades é possível observar um tubo em forma de U, que é preenchido por uma solução salina, normalmente cloreto de potássio, KCl. Neste tipo de pilha, vale lembrar que soluções de ZnSO_4 e CuSO_4 possuem concentração⁷ molar igual a $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

No dispositivo mencionado, que opera como uma pilha, ou célula galvânica, a conexão entre os eletrodos permite o início de uma reação de oxidação-redução. Essa reação eletroquímica ocorre de maneira dinâmica e geralmente se desenvolve em múltiplas etapas, compondo um mecanismo complexo que viabiliza a geração espontânea de corrente elétrica.

⁷ Em sistemas reais, as concentrações das espécies envolvidas nem sempre são iguais a $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, o que pode resultar em desvios nos valores calculados do potencial da pilha (ddp). A condição de concentração igual a $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ corresponde às condições padrão, adotadas como referência para a determinação e comparação de potenciais eletroquímicos e é, quase sempre, as utilizadas para o estudo no Ensino Médio.

Essas etapas, do ponto de vista microscópico, podem ser representadas por meio do modelo a seguir:

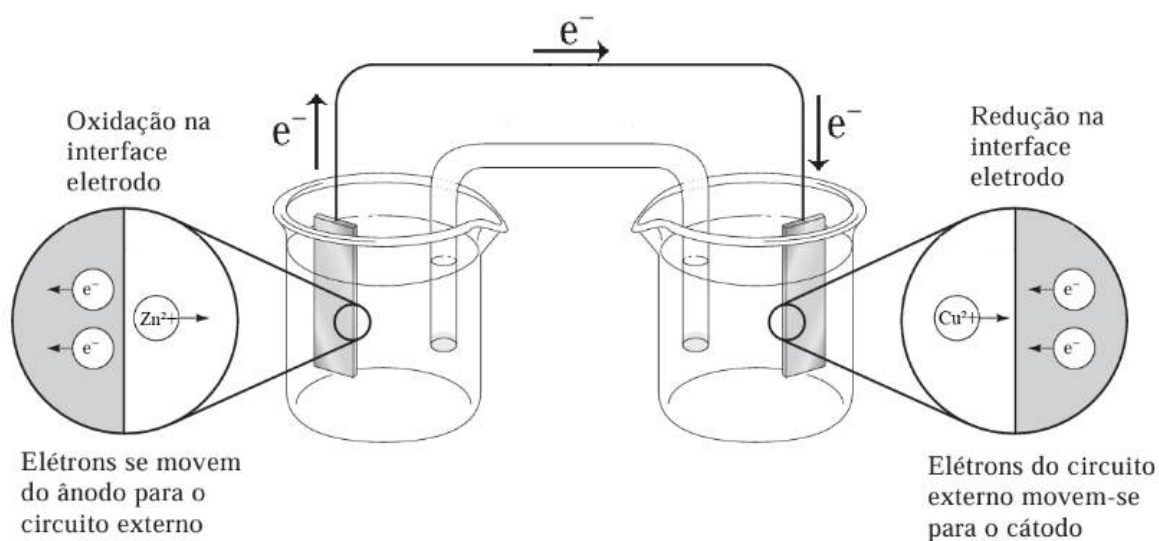
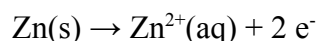
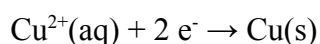


Figura 3 - Esquema da pilha de Daniell com oxidação no ânodo, redução no cátodo e fluxo de elétrons externo. Adaptado de Skoog et al., 2019.

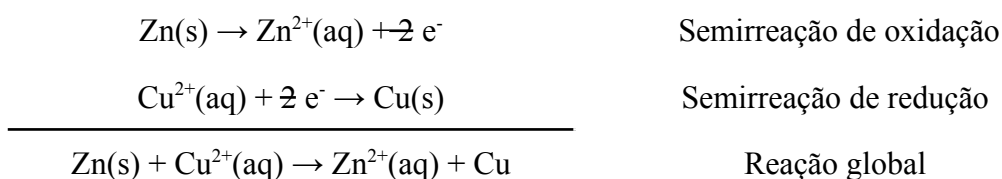
A oxidação, no dispositivo da Figura 3, ocorre no eletrodo de zinco seguindo a seguinte semirreação:



De acordo com esta equação, o zinco metálico, pensando no caso mais fundamental de apenas um átomo de zinco passando por oxidação, doa 2 elétrons que viajam pelo fio condutor externo gerando a corrente elétrica. Adiante, quando estes elétrons chegam ao eletrodo de cobre à direita ocorre a redução do íon cobre, Cu^{2+} , presente na solução, segundo a seguinte semirreação:



Assim, tendo em mãos ambas as semi reações, oxidação e redução, podemos compor a equação global desta transformação combinando-as, de modo que os elétrons perdidos sejam ganhos pela espécie que os captura:



Em síntese, na reação de oxirredução supracitada, os átomos neutros presentes no eletrodo de zinco (ânodo) são oxidados, elevando seu NOX e originando íons Zn^{2+} , os quais são liberados para a solução. Simultaneamente, os íons Cu^{2+} presentes na solução do compartimento catódico à direita, recebem estes elétrons, reduzindo seu NOX e formando o cobre metálico, Cu^0 . Dessa forma, o eletrodo onde ocorre a oxidação corresponde ao polo negativo (ânodo), enquanto o eletrodo onde se processa a redução corresponde ao polo positivo (cátodo).

Vale lembrar que, antes da conexão entre os eletrodos, as soluções em cada compartimento da pilha são eletricamente neutras, ou seja, apresentam igual número de cargas positivas e negativas. No entanto, ao ligar os eletrodos e iniciar o processo de oxirredução, ocorre um desequilíbrio de cargas nas soluções, o que compromete a estabilidade do sistema. Para minimizar essa instabilidade, entra em ação a ponte salina, um tubo em “U” contendo a solução eletrolítica, de KCl. Os íons presentes neste compartimento migram para compensar o acúmulo ou a falta de cargas em cada lado: se, à esquerda, há acúmulo de cargas positivas, os íons Cl^- se deslocam para esse lado, restabelecendo o equilíbrio (Skoog *et al.* 2019). Já à direita, onde há redução na concentração de cargas positivas, os íons K^+ migram para compensar essa deficiência, garantindo a neutralidade elétrica das soluções e o funcionamento contínuo da pilha (Skoog *et al.*, 2019).

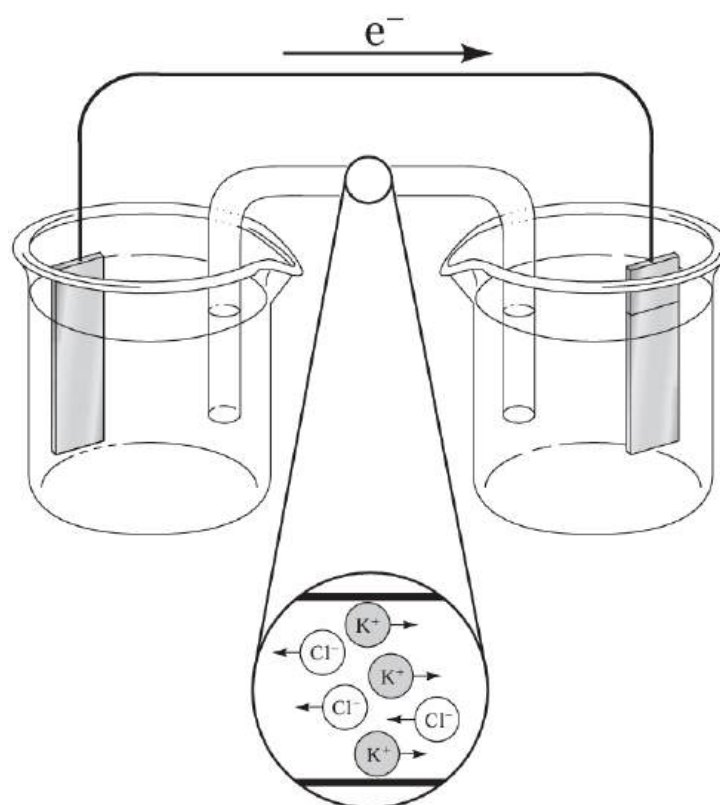


Figura 4 - Movimentação dos íons. FONTE: Adaptado Skoog et al., 2019.

A discussão realizada até o momento, tomando como base a pilha mencionada, serviu para facilitar a compreensão do funcionamento desse dispositivo. No entanto, durante o funcionamento real da pilha, milhões de átomos de zinco passam simultaneamente pelo processo de oxidação, liberando uma grande quantidade de elétrons que se deslocam pelo fio condutor externo e promovem a redução de inúmeros íons Cu^{2+} no compartimento à direita. Dessa forma, percebe-se que a dinâmica do funcionamento da pilha é não apenas complexa, mas também altamente coordenada.

Neste sentido, uma pergunta ainda permanece sem resposta: por que o zinco perde elétrons e não o cobre? Por que não acontece o contrário? Para responder a isso, é necessário compreender que os metais apresentam comportamentos distintos quando conectados, devido aos seus diferentes potenciais de oxidação. Essa informação pode ser facilmente consultada a partir da tabela de potenciais padrão de eletrodo, que indica a tendência de cada metal em perder elétrons e, assim, se oxidar (Skoog *et al.*, 2019; Atkins; Paula, 2018). Desta forma, muitas são as combinações de eletrodos metálicos possíveis de serem confeccionados, mostrando, assim, a imensidão de possibilidades para o desenvolvimento de diferentes células eletroquímicas.

Potenciais Padrão de Eletrodos*	
Reação	E^0 a 25 °C, V
$\text{Cl}_2(g) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-$	+1,359
$\text{O}_2(g) + 4\text{H}^+ + 4e^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	+1,229
$\text{Br}_2(aq) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Br}^-$	+1,087
$\text{Br}_2(l) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Br}^-$	+1,065
$\text{Ag}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}(s)$	+0,799
$\text{Fe}^{3+} + e^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$	+0,771
$\text{I}_3^- + 2e^- \rightleftharpoons 3\text{I}^-$	+0,536
$\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cu}(s)$	+0,337
$\text{UO}_2^{2+} + 4\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{U}^{4+} + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,334
$\text{Hg}_2\text{Cl}_2(s) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Hg}(l) + 2\text{Cl}^-$	+0,268
$\text{AgCl}(s) + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}(s) + \text{Cl}^-$	+0,222
$\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-} + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}(s) + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	+0,017
$2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2(g)$	0,000
$\text{AgI}(s) + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}(s) + \text{I}^-$	-0,151
$\text{PbSO}_4 + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb}(s) + \text{SO}_4^{2-}$	-0,350
$\text{Cd}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cd}(s)$	-0,403
$\text{Zn}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Zn}(s)$	-0,763

Tabela 2 - Alguns potenciais padrão de redução. FONTE: Skoog et al., 2019.

Os potenciais de redução são valores que expressam a tendência de uma espécie química em ganhar elétrons, ou seja, sofrer redução. Quanto mais positivo for o potencial, maior é a facilidade da espécie se reduzir. Por outro lado, quanto menor – ou mais negativo – for o valor desse potencial, maior é a tendência da espécie em perder elétrons, caracterizando uma maior tendência à oxidação (Skoog *et al.*, 2019; Atkins; Paula, 2018). Cada metal, nesta tabela de potenciais padrão de eletrodo, possui um potencial de redução próprio, determinado experimentalmente em relação a um eletrodo-padrão de hidrogênio⁸ (EPH). Ao se medir o potencial de uma célula utilizando o EPH em conjunto com outro metal, considera-se que o polo positivo do voltímetro está conectado ao eletrodo situado à direita no esquema da célula eletroquímica (Skoog *et al.*, 2019).

No caso do zinco e do cobre, o potencial de redução do íon Cu^{2+}/Cu é de +0,34 V, enquanto o do par Zn^{2+}/Zn é de -0,76 V. Esses valores mostram que o cobre apresenta uma maior tendência a se reduzir, pois possui um potencial mais positivo. Por outro lado, o metal zinco, com um potencial de redução mais negativo, tem menor tendência a receber elétrons e, portanto, maior facilidade em ceder elétrons e sofrer oxidação. Assim, em uma pilha formada

⁸ É um de vários tipos de eletrodos de referência, adotado como base com potencial igual a 0,00 V. Além disso, é constituído por um eletrodo de platina em contato com gás hidrogênio (a 1 atm) e uma solução contendo íons H^+ a $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

por esses dois metais, o zinco atua como ânodo, e o cobre como cátodo. Como consequência, com estes resultados, é possível determinar o potencial dessa pilha, lançando mão do cálculo da ddp (Diferença de Potencial) segundo a equação abaixo, levando em conta os potenciais das reações de redução que ocorrem nos lados da pilha, ou seja, a diferença do potencial de redução da semirreação que ocorre entre o cátodo e ânodo (Skoog *et al.* 2019, Atkins; Paula, 2018):

$$E^{\circ}_{\text{célula}} = E^{\circ}_{\text{Cu}} - E^{\circ}_{\text{Zn}} = +0,337 \text{ V} - (-0,763 \text{ V}) = +1,10 \text{ V}$$

Um outro tipo de configuração de célula eletroquímica, porém mais simples, ocorre quando os eletrodos compartilham o mesmo compartimento eletródico e estão imersos em uma solução salina de NaCl. Nesta, assim como naquela onde os eletrodos estão separados, quando as placas metálicas – ainda considerando o zinco e cobre – são ligadas por um fio condutor ocorre também uma reação de oxirredução. Para tanto, de modo análogo à primeira, o metal zinco apresenta maior tendência à oxidação, convertendo-se em íon divalente e liberando elétrons, os quais se deslocam pelo fio condutor em direção ao eletrodo de cobre. Porém, diferentemente do primeiro esquema, a reação de redução que ocorre no cátodo envolve os íons H^+ presentes na solução, que são reduzidos, liberando o gás H_2 .

Assim, de acordo com o supracitado, muitas são as possibilidades e conceitos por trás do estudo da Eletroquímica e as reações de oxirredução. Neste sentido, este estudo limita-se aos conceitos discutidos anteriormente.

3.4 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E A ATIVIDADE DISCURSIVA DOCENTE

No que se refere aos anseios educacionais, conforme discutido nos tópicos anteriores, destaca-se a importância do desenvolvimento de habilidades dos estudantes, especialmente aquelas que possibilitem a conquista da autonomia intelectual capaz de favorecer o pensamento crítico, a aprendizagem significativa, a resolução de problemas e o aprimoramento da comunicação e da argumentação. Neste sentido, a fim de proporcionar o desenvolvimento de tais características, diversas abordagens de ensino⁹ podem ser implementadas, cada uma com suas particularidades, as quais visam facilitar a aprendizagem dos estudantes e servir, do ponto de vista instrumental, de apoio à prática docente favorecendo o fazer pedagógico.

⁹Além da abordagem investigativa, salientam-se também outras, tais como: História e Filosofia da Ciência, Natureza da Ciência, Ciência-Tecnologia-Sociedade e Estudos de Caso.

Para tanto, destaca-se, dentre estas, a abordagem de Ensino por Investigação (EI) a qual, de acordo com Carvalho (2018), é definida com base na postura do professor durante a condução dos conteúdos programáticos, na qual o docente promove, em sala de aula, condições para que os alunos leiam, entendendo criticamente o que é lido; pensem, levando em conta a estrutura do conhecimento; falem, mostrando seus argumentos e conhecimentos construídos e escrevam, mostrando a autoria e clareza nas ideias. Assim, o professor que faz uso desta abordagem, não busca apenas saber se os alunos aprenderam o conteúdo, mas verificar se eles sabem articular, de forma verbal ou não, o que foi aprendido, permitindo certo grau de liberdade intelectual mediante a livre manifestação de ideias, sem o receio de errar (Carvalho, 2018).

Além do exposto, com o intuito de criar condições favoráveis ao desenvolvimento do EI, o professor, enquanto mediador, pode potencializar esse processo por meio da adoção de uma abordagem comunicativa adequada a cada etapa do ensino, manifestando, a partir do seu discurso, suas intenções. Esta última pode ser entendida como “o que o professor quer causar ao estudante” mediante a interação em sala de aula. Por exemplo, talvez o docente queira criar um problema a ser respondido pelos estudantes, então seu foco é o engajamento dos alunos frente a discussão (Mortimer; Scott, 2002). Por outro lado, talvez o professor queira explorar a visão dos estudantes, de modo a permitir que manifestem seus pensamentos e ideias sobre um fenômeno (Mortimer; Scott, 2002). Desta maneira, percebe-se um entrelaçamento entre as intenções do professor e seu discurso em sala de aula, de modo a provocar, no estudante, uma resposta às intervenções.

Neste sentido, pensando em dimensionar a atividade discursiva do professor, Mortimer e Scott (2002), estipulam o conceito de abordagem comunicativa, como articulador das intenções do docente e do conteúdo de ensino mediante as diferentes formas de intervenção. Para tanto, destacam-se duas esferas: discurso dialógico ou de autoridade; discurso interativo ou não interativo (Mortimer; Scott, 2002).

	<i>Interativo</i>	<i>Não Interativo</i>
<i>Dialógico</i>	<i>Interativo/Dialógico (ID)</i>	<i>Não-Interativo/Dialógico (NID)</i>
<i>De Autoridade</i>	<i>Interativo/de Autoridade (IA)</i>	<i>Não-Interativo/de Autoridade (NIA)</i>

Quadro 3 - Quadro classes de abordagem comunicativa. FONTE: Adaptado de Mortimer e Scott, 2002.

Cada um desses pares, que se relacionam com o discurso docente em sala de aula, possui características específicas e, segundo Mortimer e Scott (2002, p. 288), podem ser enquadrados como

Interativo/ dialógico: professor e estudantes exploram idéias, formulam perguntas autênticas e oferecem, consideram e trabalham diferentes pontos de vista.

Não-interativo/ dialógico: professor reconsidera, na sua fala, vários pontos de vista, destacando similaridades e diferenças.

Interativo/ de autoridade: professor geralmente conduz os estudantes por meio de uma sequência de perguntas e respostas, com o objetivo de chegar a um ponto de vista específico.

Não-interativo/ de autoridade: professor apresenta um ponto de vista específico.

Portanto, tendo em mente tais abordagens, visando a articulação dos conteúdos de Química, estima-se que estas podem auxiliar o professor no processo de ensino-aprendizagem, consolidando os conteúdos numa perspectiva engajadora e promovendo os pressupostos do EI elencados por Carvalho (2018).

4. METODOLOGIA

Serão expostas as etapas metodológicas adotadas na condução deste estudo. Para tanto, serão caracterizados o Tipo de pesquisa e Instrumentos de Coleta de Dados, o Universo e o Campo de Pesquisa e o Planejamento das ações.

4.1 TIPO DE PESQUISA E INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

O desenvolvimento deste estudo baseou-se em uma abordagem de natureza qualitativa, na qual o pesquisador envolve-se diretamente na atividade como instrumento fundamental do processo investigativo, realizando a coleta de dados e concentrando-se nos significados que os estudantes atribuem às propostas apresentadas na SD, principalmente a partir das observações realizadas em sala de aula (Creswell, 2010). Para fins de registro das atividades em sala de aula, utilizou-se não apenas o aparelho celular como dispositivo de gravação de áudio e imagem, como também os escritos dos estudantes.

4.2 UNIVERSO E CAMPO DA PESQUISA

A implementação desta sequência foi realizada em uma escola, localizada no município de Vespasiano-MG, com estudantes do 2º ano do EM Regular, período integral, no período do segundo semestre de 2025.

O estudo foi conduzido pelo próprio autor, que atuava como professor regente de aula durante todo o processo investigativo e contou com a participação de 18 alunos na faixa etária de 15 a 18. Nesta instituição, devido a implementação do ensino técnico, houve uma grande evasão, implicando em salas de aula com poucos alunos.

No que se refere à infraestrutura da instituição, esta dispõe de um laboratório de ciências, biblioteca, sala dos professores, secretaria, sala do gestor, quadra poliesportiva, refeitório e cantina. Por outro lado, quanto aos recursos multimídia, a escola possui projetos (data shows) e televisões em algumas salas de aula, contudo esses equipamentos apresentam limitações de conectividade que dificultam seu uso pelos docentes.

A escolha da instituição como campo de pesquisa deveu-se ao fato de o professor-pesquisador (PP) já estar inserido em seu contexto como docente temporário, o que favoreceu a implementação do estudo sem prejudicar o andamento do conteúdo programático escolar.

4.3 PLANEJAMENTO DAS AÇÕES

Pensando no desenvolvimento e na implementação desta SD, identificou-se a necessidade de que seu objetivo estivesse alinhado ao cronograma escolar e ao plano de ensino do componente curricular de Química. Para isso, foram planejadas quatro aulas de 50 minutos cada, sendo duas realizadas em sala de aula e duas no laboratório de ciências da instituição.

Neste sentido, focou-se no estudo da Eletroquímica com o foco em pilhas por ser um tópico que além de contemplar os conteúdos programáticos do plano de curso para o 4º bimestre escolar, também é plano de fundo quando deseja-se discutir as reações de oxirredução. Assim, seguiu-se as seguintes etapas:

Encontro / Tempo estimado	Atividade	Objetivo	Abordagem comunicativa
1º / 50 min	Introdução ao tema Pilhas.	Compreender que a pilha gera energia elétrica a partir de reações químicas redox.	ID, IA e NIA
2º / 50 min	Apresentação dos conceitos da Eletroquímica com o uso da pilha de Daniell	Identificar reações de oxirredução e o fluxo de elétrons; interpretar o valor da diferença de potencial (ddp) de uma pilha; identificar o ânodo e o cátodo; utilizar adequadamente a tabela de potenciais de redução; fazer análise dos aspectos micro e macro do fenômeno.	IA e NIA
3º / 50 min	Desenvolvimento da atividade experimental “Comparando metais”	Aplicar, em uma situação-problema, os conhecimentos construídos nas etapas anteriores, articulando-os por meio da argumentação escrita.	IA
4º / 50 min	Discussão sobre a atividade experimental didática, seguida do desenvolvimento de um experimento demonstrativo.	Discutir as concepções construídas pelos estudantes e, por meio da montagem de uma bateria utilizando as pilhas confeccionadas na atividade experimental anterior, verificar o funcionamento de um LED vermelho.	ID e IA

Quadro 4 - Planejamento da SD. FONTE: Elaborado pelo Autor, 2025.

Para tanto, os 1º e 4º encontros foram desenvolvidos a partir de aulas majoritariamente dialogadas, fazendo o uso das abordagens comunicativas adequadas à cada etapa. Além disso, os 2º e 3º encontros foram desenvolvidos numa perspectiva não interativa, de modo que o professor guie os estudantes com questionamentos norteadores (Mortimer; Scott, 2002).

Para o momento experimental, duas coisas principais foram propostas: um roteiro e uma pilha. Esta última, inspirada na “Pilha na Caixa”, do portal XCiência, foi desenvolvida a partir de materiais de fácil acesso, o que permite aos professores a sua montagem e implementação em suas aulas de Química. Para tanto, com foco em facilitar a localização para

aquisição dos materiais necessários, o Quadro 5 destaca tais informações dos materiais mais específicos.

Item	Descrição/Especificação	Link para aquisição
1	Frasco coletor universal 80 mL	Mercado Livre
2	Plug banana 4 mm	Mercado Livre
3	Led alto brilho 5 mm vermelho	Mercado Livre
4	Pisseta	Mercado Livre
5	Borne para plug banana 4 mm	Amazon
6	Multímetro	Amazon
8	Placas de cobre	Didática Labor
9	Placas de zinco ¹⁰	Didática Labor
10	Placas de alumínio	Didática Labor
11	Ponta de prova banana 4 mm/Jacaré	Mercado Livre

Quadro 5 -Materiais necessários para atividades experimentais. FONTE: Elaborado pelo Autor, 2025.

Neste sentido, para montagem deste aparelho é necessário um pote coletor universal de 80 mL, placas metálicas de cobre, zinco e alumínio furadas e cortadas em formato de “L”, além de bornes para plug banana de 4 mm.

O procedimento de montagem é simples e composto por poucas etapas. Inicialmente, realiza-se a fixação da placa metálica ao borne, que será um dos eletrodos. Para isso, remove-se a porca inferior do borne, posiciona-se a placa metálica no encaixe e, em seguida, recoloca-se a porca anteriormente retirada, assegurando a fixação firme do conjunto.

¹⁰ Ressalta-se que o metal zinco é uma sugestão. Neste estudo utilizou-se eletrodos galvanizados de zinco.

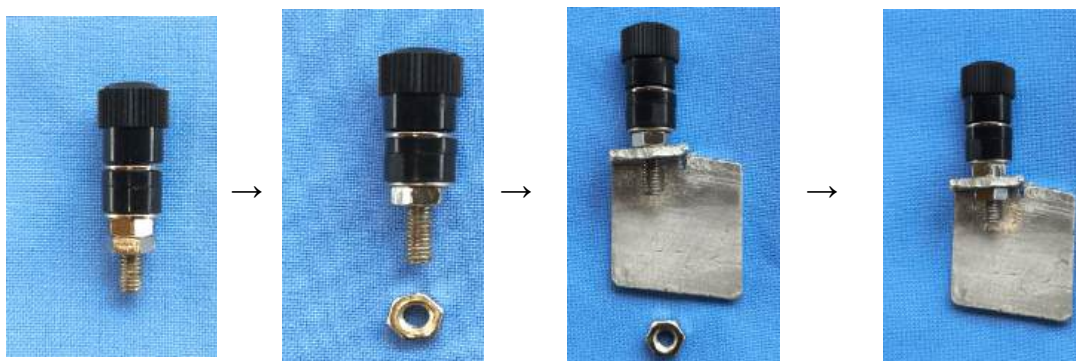


Figura 5 - Exemplo de preparação de eletrodo. FONTE: Elaborado pelo autor, 2025.

Com a parte superior do borne removida, inseriu-se na perfuração da tampa do pote de coleta pela parte interna e, em seguida, foi rosqueado novamente a parte superior do borne, de modo a fixá-lo firmemente à tampa. Repetiu-se o procedimento para os outros metais, tomando cuidado para que depois de anexados a tampa os eletrodos não estivessem em contato. Ressalta-se que a perfuração na tampa deve possuir diâmetro ligeiramente superior a 4 mm, de forma a permitir tanto o encaixe adequado quanto a remoção facilitada dos bornes, possibilitando a substituição ou a recombinação dos eletrodos, caso seja necessário.

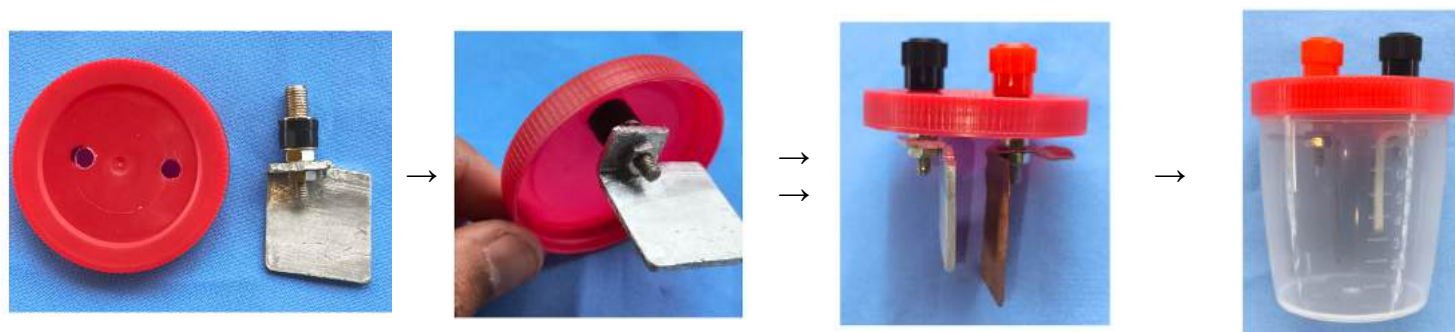


Figura 6 - Montagem da pilha. FONTE: Elaborado pelo autor, 2025.

Outro aparato importante consiste na ponte de ligação entre as pilhas. Essa peça é constituída por dois componentes: um fio condutor e dois plugs tipo banana de 4 mm. Para sua montagem, removeu-se o isolamento das extremidades do fio, expondo o condutor metálico. Em seguida, com o plug banana desmontado, inseriu-se uma das extremidades do fio em seu interior e, posteriormente, realizou-se o aperto do parafuso, garantindo a fixação adequada do condutor. O mesmo procedimento deve ser repetido na outra extremidade do fio para fixação do segundo plug.

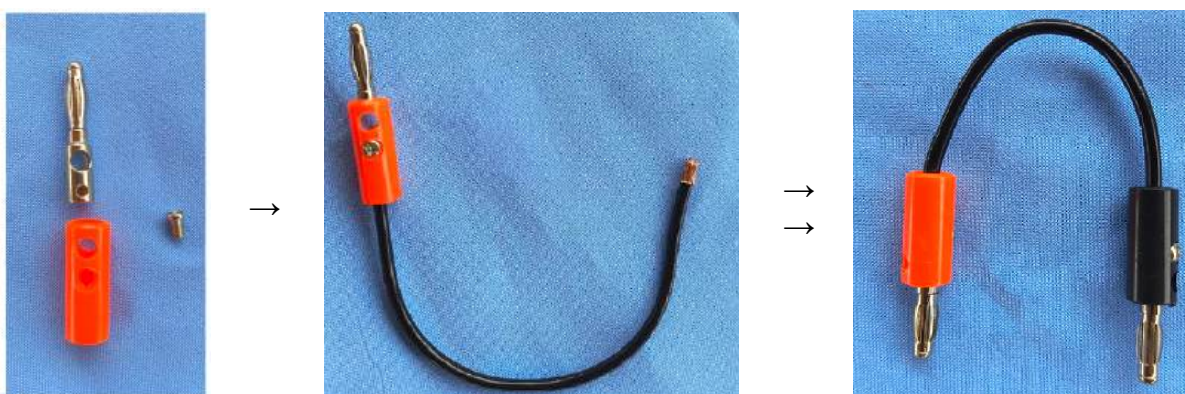


Figura 7 - Montagem da ponte de ligação. FONTE: Elaborado pelo autor, 2025.

Além disso, para a realização da atividade experimental, foi utilizado um multímetro da marca Hikari, acompanhado de suas pontas de prova, bem como soluções de água com sal. Com relação a esse, cabe ressaltar que o uso desse modelo específico de multímetro não é indispensável, podendo ser substituído por outros aparelhos que possuam funcionalidades equivalentes. O solvente empregado foi a própria água disponível na escola, o que não compromete o experimento, considerando os testes desenvolvidos para elaboração da atividade.

Com relação a atividade experimental (APÊNDICE A), esta teve como objetivo que os alunos pudessem realizar a investigação da tendência de oxidação de diferentes metais - zinco, cobre e alumínio - a partir da medição da ddp da pilha considerando diferentes combinações de eletrodos e estabelecer um gradiente de facilidade de oxidação. Além disso, a atividade buscou favorecer a discussão de aspectos adicionais relacionados à temática da sequência didática, promovendo, por meio de questionamentos orientadores, que os alunos estabelecessem conexões entre os conteúdos trabalhados nas aulas anteriores e os problemas propostos, argumentando e mobilizando as linguagens próprias da Química.

Adiante, em relação à condução do terceiro encontro, foi planejado o seguinte: Conversa inicial em grupo, na qual os estudantes receberam as instruções necessárias para o desenvolvimento da atividade e desenvolvimento da atividade experimental. Este momento tem como objetivo ensinar aos estudantes como manipular a pilha e quanto de solução é necessário adicionar, além de possíveis dúvidas. Em seguida, será solicitado aos estudantes que formem duplas e dirijam-se à bancada previamente preparada para o desenvolvimento da atividade.



Figura 8 - Configuração inicial da sala terceiro encontro. FONTE: Elaborado pelo autor, 2025.

Já na bancada, cada dupla teve à sua disposição um multímetro, roteiro, pisseta preenchida com solução salina e a pilha, juntamente com seus eletrodos de cobre, zinco e alumínio. Na instituição que foi desenvolvido este estudo, o ambiente do laboratório não contava com uma boa iluminação, porém, nas bancadas havia a presença de uma fonte de luz, o que facilitou a visualização durante a condução da atividade.

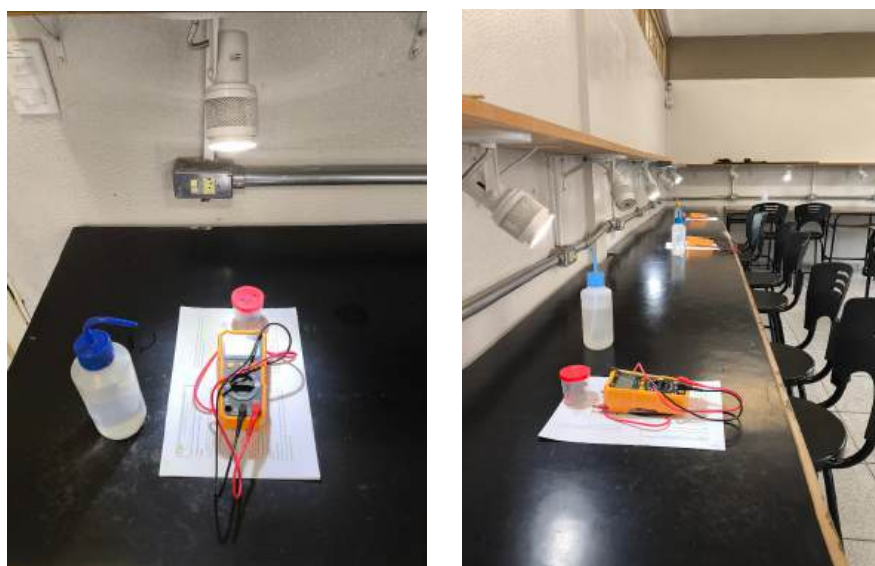


Figura 9 - Configuração e organização da bancada. FONTE: Elaborado pelo autor, 2025.

Neste sentido, foram montados kits para atividades de modo a atender um total de 10 estudantes, portanto, 5 duplas. Caso o montante de estudantes na data de implementação exceda o estipulado, estima-se criar grupos de mais alunos.

Na última etapa, foi promovido um diálogo com os estudantes – organizados inicialmente assim como no terceiro encontro – com o objetivo de compreender seus entendimentos e percepções sobre os tópicos trabalhados, buscando suas impressões gerais e promover uma reflexão sobre a experiência vivenciada, de modo a permitir melhorias nesta SD. Em seguida, foi realizado um experimento demonstrativo com a finalidade de elucidar que as pilhas confeccionadas na atividade, quando ligadas em série, são capazes de gerar energia suficiente para acionamento de um LED vermelho, de modo a fazer a associação entre os conteúdos trabalhados e o fenômeno físico-químico. Para isso, foram utilizadas de três a quatro pilhas com eletrodos de cobre e alumínio; uma solução 1:4 de NaOCl (água sanitária); multímetro; fio condutor com garras jacaré e plugs banana de 4 mm.



Figura 10 - Materiais para demonstração. FONTE: Elaborado pelo autor, 2025.

5. RELATO DAS AÇÕES

A elaboração do relato da SD considerará as distintas estratégias comunicativas adotadas em cada etapa além de pontos-chave da condução. Para o primeiro, quarto encontros, serão utilizadas transcrições e descrições das aulas; já para o segundo e terceiro encontros, devido à menor ocorrência de interações, será apresentada somente a descrição das aulas. Além disso, será utilizado os termos PP para identificar o professor-pesquisador e An para identificar os alunos (A1, A2, A3...).

Primeiro Encontro

Conforme o planejamento das ações, iniciou-se a discussão sobre pilhas em uma abordagem de ensino tema deste estudo com ênfase na abordagem comunicativa

interativa/dialógica. O objetivo foi estimular os estudantes a expressarem suas concepções e investigarem o conteúdo, com o apoio da mediação do PP, de modo a alcançar o objetivo desta etapa.

Vale ressaltar que este primeiro encontro ocorreu após o intervalo e o PP encontrou a turma com poucos alunos devido aos atrasos e, por isso, aguardou até que todos os presentes naquele dia estivessem em sala, o que restringiu o tempo de aula a uma parcela de minutos menor, cerca de 30-40 minutos. Neste encontro estavam presentes 10 alunos.

Após a chegada dos alunos, com o uso do pincel e quadro, foi escrita a palavra “pilhas” e destacou-se que este seria o assunto tratado durante a condução da aula. Adiante, o PP fez uma primeira pergunta:

PP: Quando eu falo a palavra “pilhas”, o que vem à mente de vocês?

Em seguida, um dos alunos, diante desse primeiro questionamento, afirmou algo como:

A9: Componentes que colocamos em baterias, controles...normalmente em brinquedos também”.

Adiante, o PP realizou a mesma pergunta, mas de forma mais direta perguntando e encorajando-os mais:

PP: Se fosse para vocês definirem “o que é uma pilha”?

Neste sentido, frente a pergunta reformulada, os estudantes engajaram-se e outras respostas começaram a surgir, como:

A1: Uma grande quantidade de coisas... juntas.

A9: Componente de carga; fonte de tensão.

A8: Energia embutida.

A13: Energia armazenada.

Assim, de modo a estimular o A8 a desenvolver melhor sua argumentação, o PP solicitou o seguinte:

PP: Você [A8] consegue refinar mais esta ideia?

O estudante, diante do estímulo, optou por não reformular seu pensamento e manteve sua resposta inicial. Durante essa interação, em consonância com o que Carvalho (2018) destaca como essencial para o desenvolvimento de uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI), foi oferecida ao aluno a oportunidade de aprimorar sua afirmação, o que, contudo, não ocorreu. Observou-se que, embora o professor tenha deixado claro que a aula seria conduzida de forma dialogada, incentivando a participação dos estudantes e que não tivessem receio de errar, o A8, ao invés de refletir e reelaborar sua resposta, procurou “adivinhar” a resposta considerada correta, evitando reinterpretar seu próprio pensamento. Ou seja, o problema proposto não desencadeou o desenvolvimento do raciocínio do A8.

Adiante, permitiu-se que os estudantes continuassem a tecer suas respostas e A1 fez a seguinte declaração, ainda com relação à primeira pergunta:

A1: Elétrons... parados... no caso, eles não estão em movimento. [inaudível] não tem como armazenar energia. A gente só pode manter os elétrons parados para que eles não liberem ela.

Neste sentido o PP, refinou a ideia de A1 de modo a correção da ideia e disse que é possível sim armazenar energia, e destacou as baterias de celular como exemplo.

Em seguida, permitiu ainda uma nova oportunidade para que os alunos falassem, mas o PP não obteve mais considerações. Assim, o PP recapitulou o que foi falado pelos alunos de modo a chegar em uma definição mais geral e, logo em seguida, um outro questionamento foi proferido:

PP: Dentre essas coisas que vocês falaram a que melhor se aproxima [...] é que pilhas são dispositivos que têm energia armazenada. E que tipo de energia?

Como resposta, A8 afirmou que o tipo de energia associada às pilhas é a energia elétrica. Para tanto, essa indagação teve como objetivo levar os estudantes a compreender que a energia gerada pelas pilhas é exclusivamente elétrica, considerando a existência de diferentes formas de energia¹¹. Além disso, buscou-se que os alunos citassem dispositivos que utilizam pilhas, de modo a reconhecerem a relevância do estudo desse tema, dada sua

¹¹Quanto aos diferentes tipos de energia, podem-se destacar a elétrica, térmica, potencial, cinética, solar, eólica, nuclear, luminosa, entre outras.

presença constante no cotidiano. Para tanto, enquanto falavam o PP escreveu seus exemplos no quadro.

Em seguida, uma pergunta foi feita por A3, cuja colocação despertou a curiosidade de alguns estudantes que acompanhavam a interação entre o PP e o A8:

A3: Fugindo um pouco do assunto, mas como que faz descarte de pilha? Pilha não dissolve sozinha. Dissolve?

Na sequência o PP respondeu que o descarte de pilhas é realizado em pontos específicos que dão a destinação adequada, pois dentro das pilhas há metais que podem ser reutilizados além de substâncias que podem causar impactos ambientais. Adiante, nesta mesma interação, antes mesmo que o PP finalizasse a explicação, o A9 complementou dizendo que

A9: [...] têm lixeiras em alguns lugares também, que são especificamente para pilhas e baterias [...].

Nesse sentido, observa-se que a forma como a aula está sendo conduzida pode estar favorecendo a manifestação dos pensamentos dos estudantes, permitindo que ampliem suas reflexões para além do foco central da aula como, por exemplo, ao discutirem temas ambientais relacionados ao descarte adequado de pilhas, o que vai de encontro com a proposta.

Logo depois, o PP retornou as anotações do quadro de modo a recapitular o que foi discutido até então, e terminou este momento indagando aos estudantes:

PP: As pilhas, por definição, são dispositivos que armazenam energia, e esta energia pode ser utilizada. Mas de onde vem esta energia? [...] vocês me falaram que as pilhas...quem falou isso foi o A13 [...] energia armazenada. E esta energia o A8 falou que é a energia elétrica. De onde vem essa energia? Eu vou dar uma dica, tem a ver com isso aqui [PP aponta para o nome da disciplina escrito no quadro].

Diante desta última indagação, o estudante A1 realiza uma afirmação e uma nova interação surge:

A9: Essa energia vem dos elétrons.

PP: [...] como você imagina isso A1? Você falou que a energia vem dos elétrons [...].

A9: É tipo o deslocamento deles...tipo... eles se deslocando muito rápido.

PP: Você consegue refinar isso que você falou?

A9: Vem do deslocamento dos elétrons, mais próximos da camada... da camada mais externa deles... quando eles ficam mais agitados.

Diante da interação entre PP e A9, percebe-se que o A9 já apresentava indícios de compreender que a energia gerada pelas pilhas resulta do movimento dos elétrons, antes mesmo do PP introduzir formalmente esse conceito. Diferentemente do ocorrido na interação entre PP e A8, a pergunta, neste caso, estimulou em A9 o desenvolvimento e a elaboração de suas próprias ideias. Ademais, apesar de não ter logrado êxito em sua explicação, conforme destacado, a tentativa argumentativa de defender seu ponto de vista frente à indagação proposta pelo PP, proporcionou um momento de exercício argumentativo e seria corrigida adiante. Assim, o PP, com o intuito de continuar estimulando a argumentação, retornou ao quadro para auxiliar a organização das ideias apresentadas pelo estudante A9 e prosseguiu com a interação, de modo a evidenciar que o movimento ordenado dos elétrons é conceituado como corrente elétrica:

PP: Vamos refinar o que você falou. A energia vem do movimento de elétrons?

A9: Sim, do deslocamento deles.

PP: [...] vem do movimento dos elétrons, beleza. Você consegue, em poucas palavras, me falar o que é o movimento de elétrons?

A9: É tipo o deslocamento... tipo... a gente já viu...tipo...eu acho que é uma reação... não sei se é uma reação metálica em si ou uma ligação, mas tipo... é quando o elétron vai se deslocar ele precisa de um pouco de energia, aí essa energia ele vai sendo cedida para o ambiente e vai sendo liberada com o deslocamento dele até ele fazer isso.

Percebe-se, pela interação entre PP e A9, que esse buscou articular suas ideias recorrendo à propriedade periódica da energia de ionização¹², associando movimento dos elétrons da camada mais externa dos elementos, quando submetidos a uma excitação, ao movimento dos elétrons nas reações que ocorrem em pilhas, conforme mencionado em sua fala. No entanto, esta explicação foge do conceito científico por trás do movimento dos elétrons no contexto das reações de oxirredução.

¹²De acordo com o Currículo de Referência de Minas Gerais, o tema “Propriedades periódicas” é trabalhado no terceiro bimestre do primeiro ano do Ensino Médio.

Posteriormente, o PP continua com a indagação à turma, mas agora com dicas, visando uma maior participação, porém apenas um estudante manifesta-se e da seguinte forma:

PP: *Qual o nome dado a este movimento? Tentem associar com a Física.*

A9: *Corrente?*

PP: *[Faz sinal de positivo apontando para A1] Corrente...Corrente elétrica!*

PP: *Então a corrente elétrica é o movimento dos elétrons e a energia vem desse movimento.*

Adiante o PP, buscou, ainda fazendo uso da abordagem interativa/ de autoridade, realizar outros questionamentos de modo a guiar os estudantes ao entendimento que o movimento de elétrons dar-se-á pela reação de oxirredução e, neste sentido, continuou

PP: *Este movimento vem quando os elétrons movem-se em diferentes potenciais. [...] Os elétrons têm uma tendência de moverem-se de um ponto onde tem menor potencial para onde tem maior potencial. Mas o que eu quero que vocês entendam é que este movimento de elétrons, que é igual a esta corrente de elétrons, vem de reações químicas, ok? E que tipo de reações?*

Diante dessa indagação, os alunos discorreram sobre diferentes tipos de reações, entretanto, como era de se esperar, nenhuma delas correspondeu à solicitação do PP. Assim, valendo-se de uma abordagem comunicativa ora não interativa/de autoridade, ora interativa/de autoridade, o PP esclareceu que o tipo de reação que ocorre nas pilhas são as reações de oxirredução ou reações redox, destacando que os termos são equivalentes e que tais reações baseiam-se na transferência de elétrons e destacou também que, para entender o funcionamento das pilhas, é necessário entender as reações de oxirredução. Nesse sentido, a título de exemplificação, considerando que eles já tinham tido aulas sobre variação de NOX desenvolveu-se, com o uso do quadro, o estudo da reação $\text{Cu(s)} + 2\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{Ag(s)}$, evidenciando-se a variação dos números de oxidação do cobre e dos íons prata ao longo do processo, bem como as semi reações de oxidação e redução, ressaltando suas particularidades. Por fim, abordou-se o procedimento de balanceamento e soma das semi reações de oxidação e redução, com o intuito de obter a reação global inicialmente apresentada.

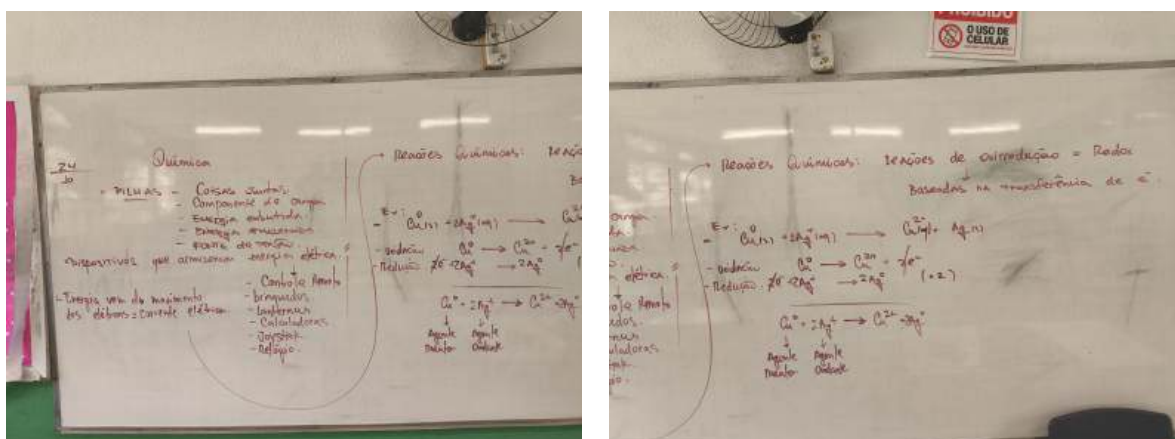


Figura 11 - Assuntos discutidos em sala de aula no primeiro encontro. FONTE: Elaborado pelo autor, 2025.

Segundo Encontro

No segundo encontro, conforme o planejamento das ações, o principal objetivo foi discutir os aspectos microscópicos e macroscópicos da pilha de Daniell, além dos aspectos simbólicos associados, de modo que ao final os alunos fossem capazes de identificar reações de oxirredução, o fluxo de elétrons, interpretar o valor da ddp de uma pilha, distinguir o ânodo e o cátodo e utilizar adequadamente a tabela de potenciais de redução. Para tanto, utilizou-se principalmente a abordagem comunicativa interativa/de autoridade, de modo que durante a condução da aula, o professor guia o estudante a um ponto de vista específico, lançando mão de perguntas norteadoras (Mortimer; Scott, 2002). Nesta etapa, estavam presentes sete alunos.

Neste sentido, com o uso do quadro, o PP realizou a representação da pilha de Daniell e destacou que este aparelho foi uma das primeiras pilhas a serem desenvolvidas que teve aplicação prática (Skoog *et al.* 2019). Adiante, utilizando a representação da pilha, explicou que esse dispositivo é constituído por dois compartimentos contendo soluções de CuSO_4 (à direita) e ZnSO_4 (à esquerda) e imersos nessas soluções encontram-se os respectivos eletrodos metálicos de cobre e zinco. Prosseguiu-se dizendo que a conexão entre os compartimentos é feita por uma ponte salina, preenchida com uma solução de KCl , que permite o fluxo de íons e mantém o equilíbrio elétrico do sistema.

Nesta perspectiva, o PP ressaltou que ao serem conectados por um fio condutor externo, os eletrodos passam a promover uma reação de oxirredução, na qual o eletrodo de zinco apresenta uma tendência à oxidação e que os elétrons liberados nesse processo deslocam-se pelo fio externo em direção ao eletrodo de cobre, sendo esse movimento ordenado de elétrons caracterizado como corrente elétrica (Skoog *et al.*, 2019).

Adiante, depois desta apresentação inicial, questionou-se aos alunos por que o zinco perde elétrons e não o cobre e, em seguida, explanou-se que esta tendência pode ser determinada e comparada a partir dos potenciais de oxidação. Para tanto, o PP solicitou aos estudantes que visualizassem a tabela de potenciais, de modo que conseguissem associar que é possível, a partir da semirreação de redução e seu potencial, determinar a semirreação de oxidação e seu potencial, considerando que são processos inversos (Skoog *et al.*, 2019). Posteriormente, destacou-se também que, nas semi reações, estão associados os potenciais padrão de redução, cuja interpretação indica que, quanto maior o potencial maior a tendência de ocorrer a redução, possibilitando, assim, identificar o eletrodo no qual ocorre a liberação dos elétrons (Skoog *et al.*, 2019).

Neste contexto, destacou-se o aspecto microscópico do processo de oxidação do zinco, explicando-se que, ao liberar elétrons, o zinco apresenta uma variação em seu NOX formando íons que são liberados migram em direção à solução e que, como resultado, o eletrodo de zinco apresenta diminuição de massa à medida que a oxidação ocorre (Skoog *et al.*, 2019). Neste momento, algumas perguntas foram trazidas pelos alunos e respondidas pelo PP. Até aqui, parecia que os estudantes não estavam compreendendo completamente o que era explicado, mas o PP a todo momento realizava perguntas de modo a sondar e verificar se eles tinham perguntas, de modo a permitir que as dúvidas pudessem ser sanadas.

Em seguida, prosseguiu-se dizendo que as soluções possuem uma igualdade de cargas positivas e negativas e, a medida que a oxidação do zinco ocorre, esse igualdade deixa de existir e que, nesse momento, os íons negativos da ponte salina migram para o compartimento à esquerda (Figura 4) de modo a restabelecer a igualdade elétrica (Skoog, *et al.*, 2019). Além disso, foi explicado aos estudantes que estes elétrons ao chegarem ao eletrodo da direita os íons cobre da solução reduzem e são incorporados à placa metálica de cobre (Skoog *et al.*, 2019) e, como consequência, pelo desbalanço das cargas elétricas, íons positivos da ponte salina migram para a o compartimento da direita. Por fim, foi explicado que o eletrodo de zinco atua como fonte de elétrons, sendo, portanto, o polo negativo da pilha, chamado de ânodo (Skoog *et al.*, 2019; Atkins; Paula, 2018). Já o eletrodo de cobre, por receber esses elétrons, corresponde ao polo positivo, denominado cátodo (Skoog *et al.*, 2019, Atkins; Paula, 2018).

Assim, o PP continuou a explicação, dando foco quanto ao cálculo da ddp da pilha de Daniell considerando os potenciais de redução das reações que ocorrem nos eletrodos. Assim, o PP tendo em mãos as reações de oxidação e redução que ocorrem em cada um dos

eletrodos, é possível calcular o ddp da pilha a partir da diferença de potenciais de redução das reações que ocorrem no cátodo e ânodo (Skoog *et al.*, 2019).

Por fim, discutiu-se também junto aos estudantes, quanto ao estudo de uma pilha quando os eletrodos estão imersos em uma mesma solução, evidenciando que, assim como na primeira, a pilha de Daniell, é necessário identificar qual dos eletrodos ocorre preferencialmente a oxidação, mediante consulta dos potenciais de redução, e quais as reações teóricas que ocorrem durante o funcionamento da pilha frente a conexão dos polos.

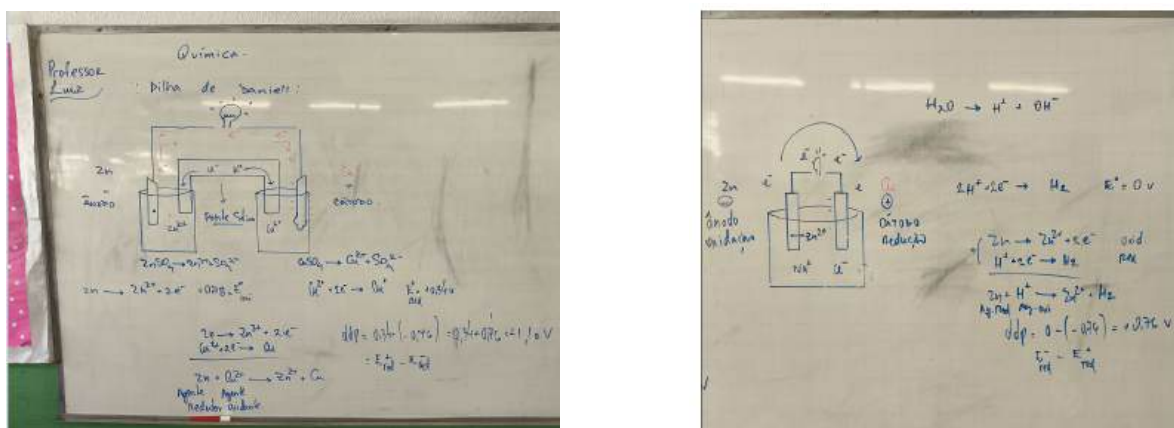


Figura 12 - Assuntos discutidos em sala de aula no segundo encontro. FONTE: Elaborado pelo autor, 2025.

Terceiro encontro

Inicialmente, antes de interagir com os estudantes, a sala de aula foi organizada segundo o planejamento de ações para esta etapa. Adiante, com os alunos ao entorno do PP, foi explicado sobre a pilha e sua montagem. Foi mostrado aos estudantes o conteúdo dentro da pilha, que continha os eletrodos de zinco, cobre e alumínio. Na sequência, discutiu-se sobre o objetivo da atividade, que é analisar a tendência à oxidação dos metais a partir da combinação dos eletrodos em uma célula eletroquímica de compartimento único e que, para isso, é necessário realizar as combinações e medir a ddp da pilha utilizando o multímetro. Além disso, orientou-se aos estudantes quanto a interpretação do valor indicado no visor do equipamento de medição, destacando que para identificar os polos quando fizerem a medição e o valor indicado for positivo, o eletrodo ligado à ponta de prova preta, será o polo negativo, indicando que este metal é o que perde elétrons. Por fim, explicou-se aos estudantes que durante o desenvolvimento da atividade, o PP estaria disponível à auxiliar e solicitou-se que se organizassem em duplas. Neste dia, estavam presentes 9 alunos, o que implicou na

formação de 3 duplas e 1 trio. Adiante, permitiu-se que os estudantes tomassem os seus respectivos lugares na bancada para o desenvolvimento da atividade.

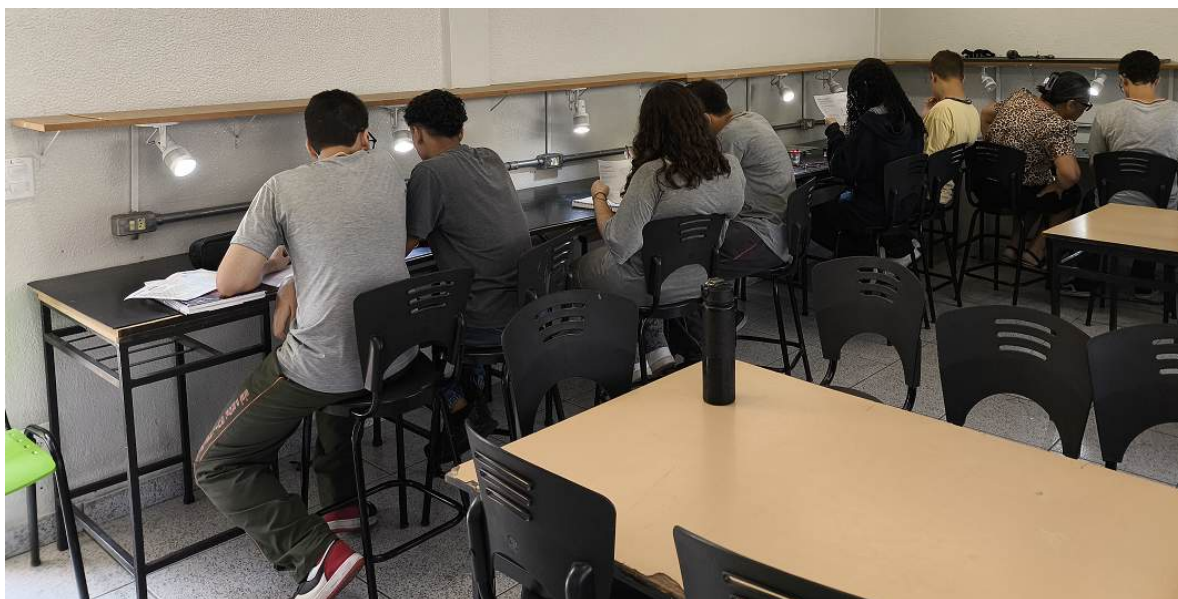


Figura 13 - Desenvolvimento da atividade experimental. FONTE: Elaborado pelo autor, 2025.

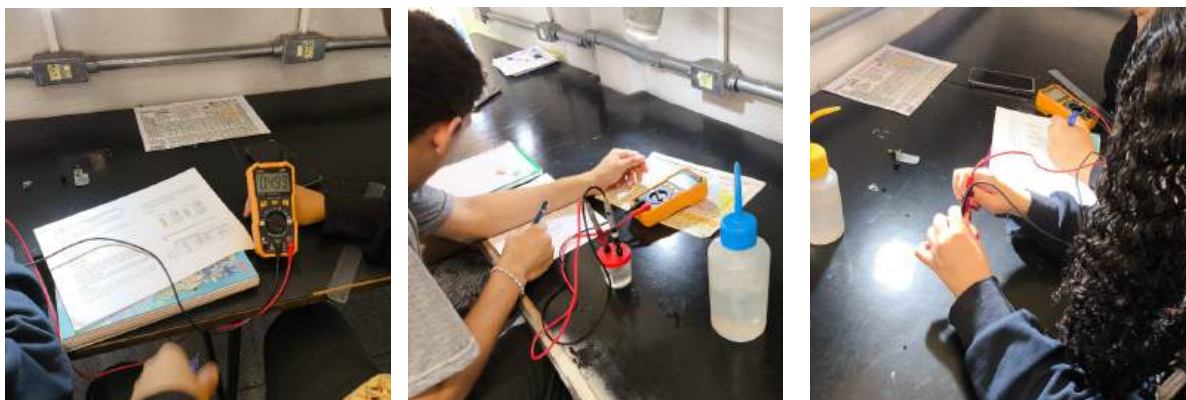


Figura 14 - Alunos realizando medição da ddp com multímetro. FONTE: Elaborado pelo autor, 2025.

Durante o desenvolvimento e a observação desta etapa, parte dos alunos demonstraram motivação e engajamento, discutindo entre si e buscando as melhores respostas para as questões propostas na atividade. Por outro lado, alguns estudantes presentes no dia da atividade não haviam participado dos encontros anteriores, o que resultou em maiores dificuldades de compreensão das tarefas solicitadas, causando falta de motivação e frustração. Neste sentido, aqueles que acompanharam etapas anteriores, embora ainda apresentassem algumas dúvidas em relação ao solicitado, demonstraram maior segurança e autonomia ao executá-la, buscando resolver os problemas.

Neste encontro, os alunos não foram capazes de desenvolver todas as questões propostas da atividade, principalmente pelo curto tempo destinado à aula. Neste sentido, algumas das duplas conseguiram avançar mais do que outras, mas limitaram-se, em maioria, ao preenchimento das tabelas. Assim, a partir das respostas dos estudantes é possível identificar suas concepções e avaliar a atividade quanto ao seu potencial.

A seguir, apresentam-se as respostas fornecidas pelos estudantes diante da atividade proposta. Para tanto, as duplas e trio serão identificados pelas siglas Dn e Tn, correspondendo a D1, D2, D3 e T1.

RESPOSTAS TABELA 1

D1

	Pares	ddp	Metal no Polo $\oplus$	Metal no Polo $\ominus$
I	Cu-Zn	8v	Cu	Zn
II	Cu-Al	5.4v	Cu	Al
III	Al-Zn	2.5v	Al	Zn

T1

	Pares	ddp	Metal no Polo $\oplus$	Metal no Polo $\ominus$
I	Cu-Zn	0.43	Zinco	Cobre
II	Cu-Al	0.75	Alumínio	Cobre
III	Al-Zn	0.27	Alumínio	Zinco

D2

	Pares	ddp	Metal no Polo $\oplus$	Metal no Polo $\ominus$
I	Cu-Zn	0.768	Cu	Zn
II	Cu-Al	0.495	Cu	Al
III	Al-Zn	0.26	Al	Zn

D3

	Pares	ddp	Metal no Polo $\oplus$	Metal no Polo $\ominus$
I	Cu-Zn	0.759V	Cobre	Zinco
II	Cu-Al	0.99V	Cobre	Alumínio
III	Al-Zn	0.283V	Alumínio	Zinco

Figura 15 - Resultados experimentais determinados pelos estudantes. FONTE: Elaborado pelo autor, 2025.

Em relação aos valores de ddp medidos em cada pilha, o mais importante não foi a precisão dos números obtidos, mas sim a compreensão da ideia envolvida. A tendência de oxidação dos metais não muda, mesmo que os valores possam apresentar pequenas variações. Dessa forma, esperava-se que cada grupo obtivesse valores diferentes de ddp, mas com a mesma identificação dos polos positivo e negativo nas combinações.

Neste sentido, como resposta, estimou-se o seguinte:

Tabela 1: Resultados experimentais				
	Pares	ddp	Metal no Polo $\oplus$	Metal no Polo $\ominus$
I	Cu-Zn	-	Cu	Zn
II	Cu-Al	-	Cu	Al
III	Al-Zn	-	Zn	Al

Figura 16 - Respostas esperadas Tabela 1. FONTE: Elaborado pelo autor, 2025.

Comparando os resultados dos estudantes com os valores esperados, percebe-se que os grupos obtiveram dados diferentes. Analisando o grupo D1, houve uma confusão na leitura do valor da ddp, o que indica que, nesta SD, seria interessante incluir uma etapa adicional de treinamento para o uso adequado do multímetro, além de complementar o roteiro com instruções específicas sobre esse procedimento. Além disso, talvez para este grupo, o multímetro estivesse configurado na escala de mV (milivolts), o que guiou a dupla a resultados com ordem de grandeza diferentes aos dos demais grupos. Com relação a identificação da polaridade das pilhas, os grupos D1, D2 e D3 obtiveram os mesmos resultados.

Em relação ao T1, percebe-se que os seus resultados estão trocados para todos os pares e, neste sentido, talvez os estudantes deste grupo não fizeram a interpretação correta do sinal da ddp e a correspondência entre os polos da pilha segundo a posição das pontas de prova, como enfatizado na instrução do roteiro e na explicação inicial. Assim, torna-se necessário que esta SD enfatize de forma mais detalhada o uso do multímetro para a identificação de potenciais elétricos e compreensão de sua interpretação, principalmente para a identificação dos polos.

Um aspecto comum observado em todos os grupos foi o erro relacionado à polaridade da pilha III. Esse desvio pode estar associado à preparação dos eletrodos, que devem ser devidamente lixados de modo a remover qualquer resquício de oxidação.

RESPOSTAS TABELA 2:

D1

Tabela 2: Com base nos resultados experimentais da Tabela 1, identifique qual metal sofre oxidação em cada par de metais

I	Cu-Zn	Zn
II	Cu-Al	Al
III	Al-Zn	Zn

T1

Tabela 2: Com base nos resultados experimentais da Tabela 1, identifique qual metal sofre oxidação em cada par de metais

I	Cu-Zn	Zn
II	Cu-Al	Al
III	Al-Zn	Zn

D2

Tabela 2: Com base nos resultados experimentais da Tabela 1, identifique qual metal sofre oxidação em cada par de metais

I	Cu-Zn	Zn
II	Cu-Al	Al
III	Al-Zn	Al

D3

Tabela 2: Com base nos resultados experimentais da Tabela 1, identifique qual metal sofre oxidação em cada par de metais

I	Cu-Zn	Zinco
II	Cu-Al	Alumínio
III	Al-Zn	Zinco

Figura 17 - Respostas à Tabela 2. FONTE: Elaborado pelo autor, 2025.

Para o preenchimento correto da Tabela 2, tomando como referência os resultados da Tabela 1, é possível identificar o eletrodo que perde elétrons como aquele situado no polo negativo. Assim, como resposta esperada, no sistema I o metal oxidado é o zinco (Zn), enquanto nos sistemas II e III trata-se do alumínio (Al).

Analisando as respostas, os grupos D1 e D3 obtiveram resultados coerentes com suas coletas, apesar do desvio da pilha III. Em relação ao D2, percebe-se que suas respostas estão de acordo com o esperado, porém, considerando que para o preenchimento da Tabela 2 é necessário a análise da Tabela 1, este grupo cometeu um equívoco, relacionado a pilha III. Neste sentido, nota-se que estes grupos conseguiram associar a polaridade da pilha com o metal que perde elétrons. É possível que a forma como as tabelas foram organizadas no roteiro experimental tenha dificultado aos alunos a realização da consulta de seus próprios resultados. Por exemplo, a Tabela 1 encontrava-se na primeira página, enquanto as demais estavam dispostas no verso, o que pode ter comprometido a visualização e a coerência das respostas. Portanto, é interessante pensar na disposição de todas as tabelas em uma mesma página de modo que as respostas estejam a todo momento disponíveis visualmente aos estudantes.

Em relação ao grupo T1, observa-se que os resultados apresentados na Tabela 2 contradizem diretamente os da Tabela 1, evidenciando que o grupo não conseguiu relacionar corretamente a polaridade com o sítio de oxidação, invertendo, portanto, os polos. Pela resposta registrada, nota-se que o grupo considerou que a oxidação ocorre no polo positivo, o que representa um equívoco conceitual, indicando que na SD é necessário reforçar a ideia de polaridade e sítio de oxidação/redução.

RESPOSTAS TABELA 3:

D1

Tabela 3: Com base nas respostas da Tabela 2, escreva a semirreação de oxidação correspondente ao metal que se oxida que se oxida em cada par	
I	$Zn^{+2} + 2e^- \rightarrow Zn - 0,76$
II	$Al^{+3} + 3e^- \rightarrow Al - 1,66$
III	$Zn^{+2} + 2e^- \rightarrow Zn - 0,76$

Tabela 3: Com base nas respostas da Tabela 2, escreva a semirreação de oxidação correspondente ao metal que se oxida que se oxida em cada par	
I	$Zn^{+5}e$
II	$Al^{+3}e^{-}$
III	$Zn^{+2}e$

Tabela 3: Com base nas respostas da Tabela 2, escreva a semirreação de oxidação correspondente ao metal que se oxida que se oxida em cada par	
I	$Zn^{-2} - 2e^{+}$
II	$Al^{-3} - 3e^{+}$
III	$Al^{-3} - 3e^{+}$

Tabela 3: Com base nas respostas da Tabela 2, escreva a semirreação de oxidação correspondente ao metal que se oxida que se oxida em cada par	
I	$Zn \longrightarrow Zn^{2+} + e^{2+}$
II	$Al \longrightarrow Al^{3+} + e^{3+}$
III	$Zn \longrightarrow Zn^{3+} + e^{3+}$

Figura 18 - Respostas à Tabela 3. FONTE: Elaborado pelo autor, 2025.

A partir das respostas, observa-se que os estudantes ainda não compreenderam adequadamente o uso das semi reações e suas representações. Por exemplo, o grupo D1, ao invés de representar as semi reações de oxidação, elaborou-as de forma invertida. Os demais grupos, por sua vez, apresentaram reações incompletas ou incompatíveis com os conceitos trabalhados. Diante disso, torna-se necessário incluir, na proposta, aulas específicas sobre a utilização da tabela de potenciais de redução e a correta manipulação das semi reações.

As respostas para o item mencionado poderiam ser obtidas por meio do uso das tabelas de potenciais de redução. Para tanto, as respostas a este item são: **I) $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2 e$; II e III) $Al \rightarrow Al^{3+} + 3 e$.**

RESPOSTAS TABELA 4:

Em relação ao que foi solicitado na Tabela 4, a ordem crescente de facilidade de oxidação estimada é: **cobre < zinco < alumínio**. Quanto às respostas dos alunos, observou-se que o T1 não apresentou resposta para este item, deixando-o em branco.

D1

Tabela 4: Organize os metais de acordo com a sua tendência em sofrer oxidação, do menos ao mais facilmente oxidável

$Al \rightarrow Zn \rightarrow Cu$

D2

Tabela 4: Organize os metais de acordo com a sua tendência em sofrer oxidação, do menos ao mais facilmente oxidável

Cu, Zn, Al

D3

Tabela 4: Organize os metais de acordo com a sua tendência em sofrer oxidação, do menos ao mais facilmente oxidável

Zinco, Alumínio e Cobre

Figura 19 - Respostas à Tabela 4. FONTE: Elaborado pelo autor, 2025.

A partir das respostas e da comparação entre as informações coletadas pelos alunos e aquelas apresentadas nas Tabelas 2 e 3, foi observado pelo PP que seria necessário aos grupos atentar-se aos polos determinados na Tabela 1 e que, neste sentido, a dificuldade apresentada por tais equipes se deu pelo fato de não perceberem que as perguntas estão relacionadas umas com as outras. Ainda que alguns desses valores estivessem incorretos, as respostas ao item em questão indicam que os estudantes não compreenderam a relação entre a facilidade de oxidação e a polaridade das pilhas. Assim, é possível inferir que, em vez de refletirem sobre o que haviam realizado, alguns alunos podem ter apenas estimado as respostas, considerando que seria necessário organizar três elementos. Portanto é necessário repensar uma outra forma de solicitar a organização por ordem de facilidade de oxidação, mas sem permitir que a resposta seja estimada, mas sim uma resposta consciente e de acordo com a atividade experimental.

Quarto encontro

Inicialmente, fazendo uso da mesma configuração de sala do terceiro encontro, iniciou-se uma pequena discussão, com vistas a compreender qual foi a percepção dos alunos quanto à SD. Neste sentido os alunos destacaram:

AI: Eu não consegui absorver o conteúdo... sei fazer na hora, mas não vou conseguir levar para frente. Eu consegui vê ali [aulas teóricas], mas não consegui aqui [atividade experimental]. É um conteúdo que na hora eu consigo, mas depois não[...].

A12: Para ser sincera mesmo, eu não entendi nada. Nem a parte teórica, nem a parte prática.

A9: A parte teórica foi a que eu não consegui entender. Até que a prática estava dando para entender, porém, chegando em partes como a montagem de equações, a parte de ler a tabela, eu não consegui entender. Além do mais, eu tinha faltado na aula, e isso me deixou bastante atrasado no conteúdo.

A5: Na minha percepção, foi praticamente a mesma coisa que o A1 falou. Na hora fica fácil de entender razoavelmente junto com você [PP] e depois fica meio confuso sozinho. Mas foi legal, a prática foi legal.

Adiante, o PP perguntou como eles avaliaram a atividade experimental e quais foram suas percepções:

A9: Em algumas partes era bem confuso.

A1: Ela era simples, mas mesmo assim eu ainda tive dificuldade. Era algo que eu sabia que era simples... algo que na medição era simples, para fazer a atividade e montar [a pilha] era algo simples, mas eu tive dificuldades e eu não sei te descrever o motivo. [...] mas isso aqui [atividade experimental] foi complexo para mim, porque eu ainda não peguei redução e oxidação. Gostaria de mais aulas teóricas sobre oxidação e redução. A medição e montagens dos materiais, tudo isso foi muito simples.

Em seguida, o PP realizou a devolução das folhas com as respostas dos estudantes de modo que eles pudessem acompanhar os itens que seriam discutidos. Vale lembrar que como os estudantes não prosseguiram para além da parte de preenchimento das tabelas, conforme o relato do terceiro encontro, focou-se então em discutir apenas a parte experimental e sua interpretação à luz dos comandos das tabelas, de modo que eles pudessem fazer a associação do que foi falado anteriormente com o que foi trabalhado na atividade experimental.

Inicialmente, solicitou-se aos participantes – lançando mão da abordagem comunicativa interativa/de autoridade – que consultassem a tabela de potenciais de redução para identificar as semi reações de redução dos metais utilizados na atividade experimental, bem como seus respectivos potenciais. Neste sentido, enquanto os estudantes falavam, o PP escrevia as semi reações destacando que tanto a reação quanto o potencial das reações das tabela estão relacionados a redução e, de acordo com a solicitação da atividade, seria necessário as semi reações de oxidação e, para isso, bastava inverter as semi reações e o sinal dos potenciais (Skoog *et. al*, 2019; Atkins, Paula, 2018).

Em seguida, utilizando o quadro, o PP destacou o erro identificado na atividade experimental, a fim de corrigir a observação da pilha III que, de acordo com suas respostas, o alumínio possui um menor potencial de oxidação que o zinco, o que é uma inconsistência (Skoog *et al.*, 2019, Atkins; Paula, 2018). Dessa forma, comparou-se os potenciais de oxidação de cada metal e os estudantes puderam perceber qual foi o erro e entender o que de fato era esperado.

A partir desta interação, o PP explicou aos alunos que a ordem de facilidade de oxidação esperada a ser determinada experimentalmente era que o alumínio tivesse o maior potencial de oxidação, seguido do zinco e cobre e, ao fim deste momento, os alunos compararam suas respostas com o que foi discutido. Posteriormente, o PP perguntou aos estudantes se eles entenderam, a partir da explicação, a ideia por trás do desenvolvimento da corrente elétrica, porém não recebeu uma resposta. Assim, ainda lançando mão do quadro, desenhou o esquema da pilha usada na atividade experimental de modo que os alunos conseguissem fazer a associação entre o que foi falado momentos antes e o funcionamento da pilha. Para tanto, solicitou-se que os estudantes selecionassem um par de eletrodos para desenvolver a explicação. Em seguida, optaram pelos eletrodos de cobre e zinco, a partir dos quais uma nova interação foi estabelecida

PP: Considerando isso aqui [PP aponta para as semi reações de oxidação], de onde os elétrons saem?

A2: Os elétrons saem do zinco e vão para o cobre. Então o zinco está oxidando?

PP: Sim.

PP: Quando ele oxida, qual é o polo dele? Comparem com as respostas que vocês deram.

A2: Polo negativo.

PP: Todos conseguiram chegar nessa informação?

A2, A5, A9: Sim.

PP: Então o zinco é o cátodo ou ânodo?

A2: Ele é o ânodo. Que é o [polo] negativo.

PP: E o cobre?

A2, A5: É o cátodo.

PP: Ele é o polo positivo, não é?

A1, A5, A13: Sim.

Diante de tais constatações, o PP destacou que a respeito da pilha formada por zinco e alumínio, diferentemente do que foi observado experimentalmente, o zinco apresentaria um potencial de oxidação menor que o do alumínio. Assim, os polos corretos seriam: alumínio

como polo negativo e zinco como polo positivo. Após esta discussão, A1 interage com o PP com o intuito de verificar seu entendimento

A1: Aquilo que está sendo reduzido, é aquilo que está absorvendo os elétrons?

PP: Isso.

A1: Então, aquilo que reduz é o polo positivo?

PP: A redução ocorre no polo positivo.

A1: Aqui estão as reações de redução [A1 aponta para a tabela]. Então quando eu quero que algo oxide, eu inverte o potencial, inverte o sinal do potencial... então, quando eu digo que o potencial de redução do cobre é maior do que o potencial do zinco, significa que o cobre vai reduzir numa pilha em cobre e zinco, o cobre vai ser reduzido enquanto o zinco vai ser oxidado. Porque o potencial de redução do cobre é maior que o do zinco.

PP: Sim.

A1: Mas o potencial de oxidação dele [cobre] é menor do que o do zinco, por isso o zinco vai oxidar enquanto ele [cobre] vai ser reduzido.

PP: Mas quem reduz, não é o cobre em si. A redução ocorre no cobre.

A1: Entendi o que tem de errado. Porque o alumínio, ele tem um potencial de redução menor do que o do zinco. Então a redução deveria ocorrer no zinco e a oxidação pelo alumínio, mas o que aconteceu foi o contrário.

Diante desta interação, é possível observar que o erro associado a atividade experimental possibilitou uma discussão mais profunda quanto a comparação da tendência de oxidação dos metais, o que vai de encontro a proposta desta SD, permitindo ao estudante relacionar o que foi discutido com o esclarecimento do problema, fazendo uso da argumentação. Em seguida, o PP retornou ao quadro e continuou explicando o funcionamento da pilha, de modo que depois da oxidação do zinco, ocorre a formação da corrente elétrica e a redução dos íons H^+ da solução de modo que o balanço de cargas no interior da solução permanecesse em equilíbrio, conforme discutido no primeiro encontro e, assim, apresentou a eles a reação global da reação $Zn(s) + 2H^+ \rightarrow Zn^{2+}(s) + H_2(g)$.



Figura 20 - Discussão com os alunos sobre a atividade experimental. FONTE: Elaborado pelo autor, 2025.

Adiante, o PP, com o intuito de verificar se os estudantes estavam convencidos de que a pilha utilizada na atividade anterior possui potencial para gerar energia elétrica, conforme discutido previamente, deu continuidade à atividade demonstrativa, conforme o plano de ações, a fim de ilustrar o fenômeno macroscópico do funcionamento das células eletroquímicas. Para isso, foram empregadas três pilhas de cobre e alumínio, procedendo-se à montagem da bateria e ao acionamento do LED.



Figura 21 - Montagem da bateria e acionamento do LED. FONTE: Elaborado pelo autor, 2025.

Durante o desenvolvimento desta etapa, os estudantes demonstraram grande interesse e curiosidade em relação à atividade, permanecendo atentos às explicações e interagindo de

forma participativa. Fizeram diversas perguntas sobre o funcionamento do dispositivo, buscando compreender as etapas do processo, além de se mostrarem dispostos a colaborar ativamente na montagem das pilhas. Adiante, com todas as pilhas montadas, prosseguiu-se medindo o potencial de cada pilha e o potencial da bateria, depois que estas foram ligadas em série. Assim, ao final, foi realizada uma breve consideração sobre o fenômeno, destacando que, no funcionamento da bateria, a energia química é convertida em energia elétrica e, pelo acionamento do LED, transforma-se em energia luminosa, que, por sua vez, acaba sendo convertida em energia térmica.

5. CONCLUSÃO

Esta sequência didática buscou permitir aos estudantes, para além da ministração das aulas, momentos de interação e diálogo, a partir da promoção de um ambiente seguro para a livre manifestação de suas concepções com o intuito de permitir que eles desenvolvessem senso crítico e autonomia intelectual. Além disso, a promoção da atividade experimental e posterior discussão, mesmo tendo tido imprevistos, permitiram o desenvolvimento de um ambiente estimulador à manifestação do pensamento por parte dos estudantes, o que pode ter contribuído para que eles tenham desenvolvido aprendizagens quanto à Eletroquímica.

Com relação a dificuldades e imprevistos durante a condução deste estudo, pode-se destacar alguns como, por exemplo, a dificuldade de desenvolver esta temática tão complexa em um contexto escolar real. Infelizmente, devido ao pouco número de aulas destinadas ao ensino de Química no campo de pesquisa, é possível que alguns alunos possam não ter assimilado os conteúdos de maneira satisfatória, implicando em dificuldades nas etapas posteriores. Neste sentido, pensando em aprimorar a SD, espera-se estender os encontros voltados à parte teórica, de modo que seja possível trabalhar os conteúdos de maneira mais lenta e gradual, com a implementação de estratégias para a consolidação dos conceitos, como por exemplo, o desenvolvimento de exercícios em sala de aula juntamente com um treinamento para o uso do multímetro, entre outras possibilidades.

Pensando na atividade experimental, percebe-se que a utilização de metais adequados é essencial para alcançar as respostas esperadas e, para tanto, é interessante a substituição dos eletrodos galvanizados de zinco pelo metal com alta pureza de zinco, de modo que a atividade prática seja coerente com a teoria diminuindo a chance de contradição entre elas, tendo em vista o que foi relatado. Além disso, ainda associado ao pequeno número de aulas, a extensão da atividade experimental, em especial ao roteiro, é algo que deve ser repensado de modo que as atividades sejam possíveis de serem trabalhadas em tempo hábil. Assim, faz-se necessário

dividir a atividade em dois módulos, um para o desenvolvimento experimental e outro para o desenvolvimento das questões discursivas. Como este último não foi desenvolvido, pelas razões supracitadas, não foi possível mensurar sua potencialidade.

Outro ponto interessante a ser destacado é a ideia de que apesar da contradição no desenvolvimento da atividade prática a abordagem de EI, atrelada às condições criadas pelo professor em sala de aula, possibilitaram a criação de interações adicionais com os estudantes no intuito de entender a incoerência e, assim, conforme relatado, os estudantes puderam associar o que foi desenvolvido anteriormente e argumentar fazendo o uso das linguagens próprias da Química, o que foi de encontro frontal aos objetivos desta proposta. Além disso, a atividade experimental, no contexto de desenvolvimento deste estudo, se apresentou como uma novidade aos estudantes e pode ter sido um fator que contribuiu para possíveis dificuldades como, por exemplo, o próprio ato de manusear uma pisseta ou mesmo as pontas de prova do multímetro. Outro ponto relevante diz respeito à dificuldade demonstrada pelos estudantes em acompanhar o roteiro experimental. Esse aspecto indica a necessidade de, antes da execução da atividade prática, realizar uma leitura mediada do roteiro juntamente com a turma, destacando e esclarecendo os elementos mais importantes para a condução adequada do experimento.

Esta proposta, para além do estudo de suas potencialidades, proporcionou ao pesquisador uma visão mais ampla quanto aos desafios educacionais no que tange a ministração de conteúdos ditos difíceis, de modo a pensar e repensar em novas estratégias para aprimorar o seu labor docente e possibilitar a expansão de um raciocínio voltado à necessidade de enfrentar estes desafios de modo a amenizá-los.

Em suma, este estudo trata-se, acima de todos os assuntos abordados, como um primeiro passo para a construção de metodologias voltadas para o ensino-aprendizagem ativo no que diz respeito ao componente curricular Química. No entanto, diante de todas as etapas mencionadas, faz-se necessário que haja a expansão desta temática em outros contextos e a partir de outros tipos de abordagens comunicativas, visando estabelecer a completude entre o ensino e sua absorção efetiva tanto por parte do docente quanto por parte de seus educandos. Os percalços apontados no decorrer desta pesquisa contribuíram para a percepção mais ampla quanto aos limites e possibilidades dentro de um contexto de ensino real, indicando a necessidade de ampliação de futuras pesquisas a respeito do tema trabalhado, com vistas a possibilitar o vislumbamento de propostas mais efetivas.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Ane Karoline Silva; SANTOS, Calos André Barreto; SANTOS, Marcelo Leito dos; REIS, Nirly Araújo dos. Discussões conceituais sobre eletroquímica entre licenciandos em química. **SCIENTIA NATURALIS**, v. 3, n. 3, p. 1562-1575, 2021. DOI: <https://doi.org/10.29327/269504.3.4-3>. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/5792>. Acesso em 15 ago. 2025.

ATKINS, Peter; PAULA, Julio de. **Físico-Química**. 10. ed. Tradução: Edilson Clemente da Silva, Márcio José Estilac de Mello Cardoso, Oswaldo Esteves Barcia. Rio de Janeiro: LTC, 2018. 512 p. Título original: Physical chemistry. ISBN 978-85-216-3462-1.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Presidência da República, 2024. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 28 set. 2025.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). **Divulgados os resultados do PISA 2022**. Brasília, 5 dez. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/centrais-de-conteudo/noticias/acoes-internacionais/divulgados-os-resultados-do-pisa-2022>. Acesso em: 28 set. 2025.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). **Notas sobre o Brasil no Pisa 2022**. Brasília, DF: Inep, 2023. Disponível em: <https://www.bing.com/ck/a?!&&p=53df4ed4926a0f89222526ccd9cea85833801efa7860b33d8c93aa6f4d712d0fJmltdHM9MTc2MTE3NzYwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=3092e653-5b29-62e7-3990-f2495a9f635e&psq=notas+sobre+o+brasil+no+pisa+2022&u=a1aHR0cHM6Ly9kb3dubG9hZC5pbmVwLmdvdi5ici9hY29lc19pbmRlcm5hY2lvbmFpcy9waXNhL3Jlc3VsdGFkb3MvMjAyMi9waXNhXzIwMjJfYnJhemlsX3BydC5wZGY>. Acesso em: 28 set. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em 18 ago. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros curriculares nacionais para o Ensino Médio**: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília, 2002.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 23 dez. 1996. p. 33–41. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm. Acesso em: 17 set. 2025.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciência**, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018. DOI: <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183765>. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4852>. Acesso em: 29 maio 2025.

CARAMEL, Neusa J. C.; PACCA, Jesuína L. A. Concepções alternativas em eletroquímica e circulação da corrente elétrica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 28, n. 1, p. 7-26, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2011v28n1p7>. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2011v28n1p7>. Acesso em: 19 maio. 2025.

CRESWELL, John Ward. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 3. ed. Tradução: Magda Lopes. Porto Alegre: Artmed, 2010. 296 p. ISBN 978-85-363-2300-8.

DANTAS FILHO, Francisco Ferreira *et al.* RESGATE HISTÓRICO DAS CONTRIBUIÇÕES DE HUMPHRY DAVY E ALESSANDRO VOLTA PARA O ESTUDO DA ELETROQUÍMICA. **HOLLOS**, v. 3, p. 1-14, 2019. DOI: <https://doi.org/10.15628/holos.2019.7952>. Disponível em: <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/7952>. Acesso em: 21 abr. 2025.

FERREIRA, Adryele da Silva; Gonçalves Alécia Maria; SALGADO, Jeisa Tainara Schaefer. Dificuldades de aprendizagem do conteúdo de eletroquímica no ensino médio. **SCIENTIA NATURALIS**, v. 3, p. 1707-1720, 2021. DOI: <https://doi.org/10.29327/269504.3.4-13>. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/5802>. Acesso em 15 ago. 2025.

FREIRE, Melquesedeque da Silva; SILVA JÚNIOR, Carlos Neco da; SILVA, Márcia Gorette Lima da. Dificuldades de aprendizagem no ensino de eletroquímica segundo licenciandos de química. In: VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - I Congresso Iberoamericano de Investigación en Enseñanza de las Ciencias. Campinas/SP, 2011.

JOHNSTONE, A. H. You Can't Get There from Here. *Journal of Chemical Education*. v. 87, n. 1, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1021/ed800026d>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ed800026d>. Acesso em 17 out. 2025.

MELLO, Laura Freire; FONSECA, Eril Medeiros da; DUSO, Leandro. Agrotóxicos no ensino de química: proposta contextualizada através de um jogo didático. **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**, v. 2, p. 87-88, 2018. DOI: <https://doi.org/10.30691/relus.v2i1.928>. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/relus/article/view/928>. Acesso em 19 abr. 2025.

MORTIMER, Eduardo Fleury; SCOTT, Phil. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002. Disponível em: <https://ienci.ifrgrs.br/index.php/ienci/article/view/562>. Acesso em: 27 jun. 2025.

OCDE. Resultados do PISA 2022 (Volume I): O estado da aprendizagem e da equidade na educação [tradução nossa]. Paris: OCDE Publishing, 2023. Disponível em:

<https://doi.org/10.1787/53f23881-en>. Acesso em: 31 maio 2025.

PERUZZO, Francisco Miragaia; CANTO, Eduardo Leite do. **Química na abordagem do cotidiano**. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2003.

Reeve, J. (2006). Teachers as facilitators: What autonomy-supportive teachers do and why their students benefit. **Elementary School Journal**, v. 106, n. 3 DOI: <https://doi.org/10.1086/501484>. Disponível em: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/501484>. Acesso em 20 de ago. 2025.

SILVA, Rafael Soares. EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE A FORMAÇÃO DA FERRUGEM. **REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, v. 9, n. 2, p. 1-27, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.26571/reamec.v9i2.12744>. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/12744>. Acesso em: 19 de abr. 2025.

SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO DE MINAS GERAIS. **Currículo Referência de Minas Gerais**. Disponível em: <https://curriculoreferencia.educacao.mg.gov.br/>. Acesso em: 07 dez. 2025.

SKOOG, Douglas A.; WEST, Donald M.; HOLLER, F. James; CROUCH, Stanley R. **Fundamentos de Química Analítica**. 9. ed. Tradução: Robson Mendes Matos. São Paulo: Cengage Learning, 2019. 1088 p. Título original: Fundamentals of chemistry. ISBN 978-85221-1660-7.

VENTURI, Gabriela. *et al.* DIFICULDADES DE INGRESSANTES DE UM CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA SOBRE CONCEITOS DA ELETROQUÍMICA: UM DESAFIO PARA O ENSINO SUPERIOR. **Química Nova**, v. 44, n. 6, p. 766-772, 2021. DOI: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170756>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/RPXMxtCdztJnnTGzJ9zwqz/>. Acesso em 20 maio. 2025.

APÊNDICE A - ATIVIDADE EXPERIMENTAL

Atividade Experimental: Comparando metais

Objetivo

Investigar, por meio de um experimento, qual é a tendência que diferentes metais têm de se oxidar e organizar esses metais do menor para o maior grau de facilidade em sofrer oxidação.

Materiais

- Eletrodos metálicos (zinco, alumínio e cobre)
- Solução de NaCl
- Pilha no pote
- Multímetro
- Tabela de Potenciais de redução

Etapas da Atividade

①. Situação-problema

Vocês têm à disposição 3 tipos de metais diferentes: zinco, cobre e alumínio. **A tarefa consiste em investigar, por meio de experimentos, qual desses metais apresenta maior tendência à oxidação e, a partir disso, estabelecer uma ordem de facilidade de oxidação.** Para isso, vocês deverão montar diferentes combinações de pilhas utilizando esses metais e observar os resultados obtidos.

②. Montagem experimental

O grupo deve montar diferentes combinações com pares de metais imersos na solução de NaCl e medir seus potenciais, registrando as medições de cada pilha montada.

Instruções básicas:

A) Coloque cada par de metais nos terminais da pilha de modo que não se toquem, encher o pote com a solução de NaCl até a marcação de 40 mL. Feche o pote rosqueando a tampa.

B) Meça a diferença de potencial da pilha utilizando o multímetro, conectando as pontas preta e vermelha aos seus terminais. Ajuste a posição das pontas de modo que o valor indicado no aparelho seja positivo.

C) Lembre-se:

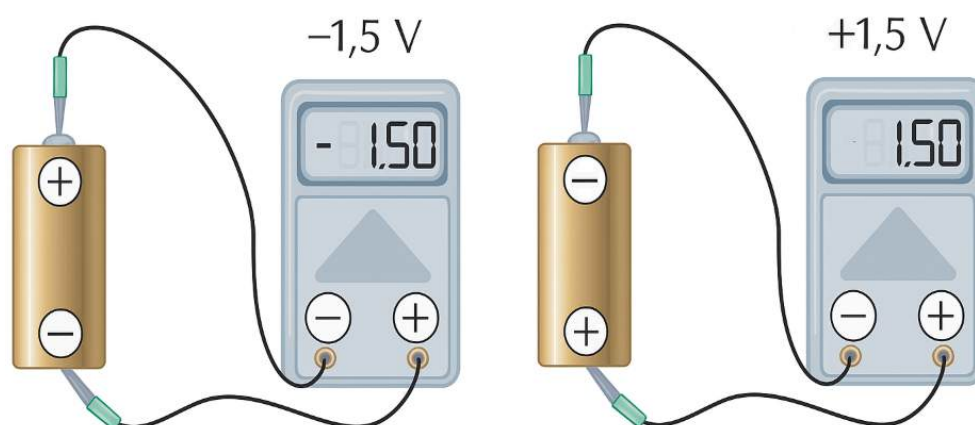


Figura 22 - Dois voltímetros medindo uma pilha invertida e outra na posição correta, mostrando $-1,5\text{ V}$ e $+1,5\text{ V}$. FONTE: Adaptado de Peruzzo e Canto, 2003.

③. A partir da experimentação, preencha as Tabelas 1, 2, 3 e 4 com o que se pede:

Tabela 1: Resultados experimentais

	Pares	ddp	Metal no Polo $\oplus$	Metal no Polo $\ominus$
I	Cu-Zn			
II	Cu-Al			
III	Al-Zn			

Tabela 2: Com base nos resultados experimentais da Tabela 1, identifique qual metal

perde elétrons em cada par de metais

I	Cu-Zn	
II	Cu-Al	
III	Al-Zn	

Tabela 3: Com base nas respostas da Tabela 2, escreva a semirreação de oxidação correspondente ao metal que se oxida que se oxida em cada par

I	
II	
III	

Tabela 4: Organize os metais de acordo com a sua tendência em oxidar-se, do menos ao mais facilmente oxidável

--

④. Questões para Discussão

Com base no experimento realizado, nos dados coletados e nos seus conhecimentos de Química, discuta os resultados observados com suas palavras.

a) Qual metal agiu como polo negativo na maioria dos pares? E qual agiu como polo positivo na maioria dos casos? O que isso significa? Estes valores são coerentes com os valores tabelados de potencial de redução (lembre-se: $E_{\text{oxi}} = - E_{\text{red}}$)?

b) Qual pilha forneceu a maior ddp observada? O que isso significa comparando as outras combinações? Explique com suas palavras.

⑤ Utilizando o esquema abaixo que representa uma pilha eletroquímica com eletrodos de **prata (Ag)** e **cobre (Cu)** imersos em uma solução salina (NaCl), represente e explique, com suas palavras, o que se pede:

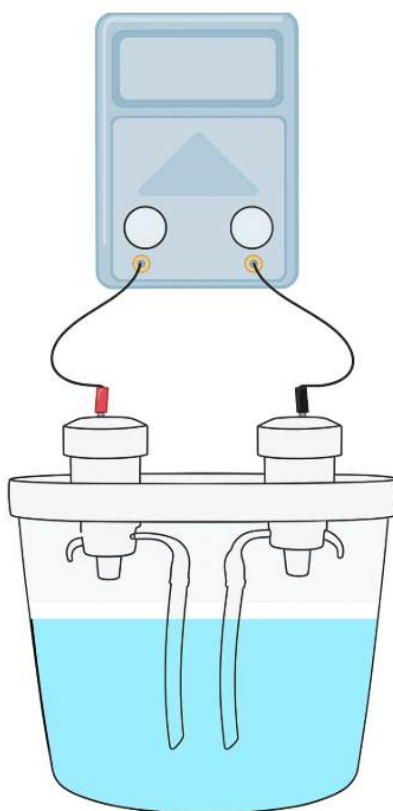


Figura 23 - Representação de uma pilha com multímetro. Elaborado pelo autor, 2025.

- a) Indique na representação e justifique sua resposta: em qual eletrodo ocorre a **oxidação** e em qual ocorre a **redução** quando ligados? Em seguida, classifique cada um deles como **ânodo** ou **cátodo**.
- b) Indique na representação os **polos** da pilha e o **sentido do fluxo de elétrons** no circuito externo após a conexão dos polos.
- c) Usando a tabela de potenciais de redução, escreva as **semi reações** e a **reação global** da pilha Ag–Cu. Em seguida, **calcule a ddp** teórica da pilha e explique o funcionamento da pilha com suas palavras (Lembre-se: a

semirreação no cátodo é $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$).