



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

MARCOS ERNANDE DA SILVA MESQUITA

**A CONSTRUÇÃO DE PILHAS DE BAIXO CUSTO COMO ESTRATÉGIA
FACILITADORA PARA O ENSINO DE ELETROQUÍMICA.**

FORTALEZA

2025

MARCOS ERNANDE DA SILVA MESQUITA

A CONSTRUÇÃO DE PILHAS DE BAIXO CUSTO COMO ESTRATÉGIA
FACILITADORA PARA O ENSINO DE ELETROQUÍMICA.

Monografia apresentada ao Curso de
Graduação em Licenciatura em Química da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do título de Licenciado em
Química.

Orientador: Prof. Dr. Claudenilson da Silva
Clemente

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- M545c Mesquita, Marcos Ernande da Silva.
 A construção de pilhas de baixo custo como estratégia facilitadora para o ensino de eletroquímica /
 Marcos Ernande da Silva Mesquita. – 2025.
 70 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências,
 Curso de Química, Fortaleza, 2025.
 Orientação: Prof. Dr. Cludenilson da Silva Clemente.
1. Células galvânicas. 2. Pilha de limão. 3. Pilha voltaica. 4. Multímetro digital. 5. Materiais alternativos.
I. Título.

CDD 540

MARCOS ERNANDE DA SILVA MESQUITA

A CONSTRUÇÃO DE PILHAS ELETROQUÍMICAS DE BAIXO CUSTO COMO
ESTRATÉGIA FACILITADORA PARA O ENSINO DE ELETROQUÍMICA.

Monografia apresentada ao Curso de
Licenciatura em Química da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial para a
obtenção do título de Licenciado em Química.

Aprovada em: 11/07/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Claudenilson da Silva Clemente (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Antônio Eufrázio da Costa Júnior
Secretaria de Educação do Estado do Ceará (SEDUC-CE)

Prof. Dr. Nágila Maria Pontes Silva Ricardo
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

À minha mãe, Margarete , que enfrentando a aspereza da vida, não desistiu e viabilizou todas as minhas conquistas. À minha irmã, Erika, fiel amiga e segunda mãe, sem a qual eu não chegaria até aqui. À meus irmãos, Ermeson e Thales.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, mulher forte, honesta e corajosa, que é meu alicerce e minha bússola moral, expresso minha profunda gratidão. Seus esforços para me amparar, seja nos cuidados maternos até o ensino de um primeiro ofício foram fundamentais para minha chegada até aqui.

À minha irmã, minha segunda mãe, que me deu todo o amparo e todo o suporte, expresso minha gratidão. Sua amizade e irmandade foram fundamentais nessa longa caminhada.

Ao professor Dr. Claudenilson da Silva Clemente, que me orientou neste trabalho e desde o início da graduação foi uma referência profissional, expresso profunda gratidão.

À todos os professores que lutam por uma educação pública de qualidade, que derramam sangue e suor para que jovens sonhadores consigam transformar suas realidades, expresso meu profundo respeito e gratidão.

Às professoras Raquel e Dayane, que me cederam espaço em suas aulas e me supervisionaram durante o estágio, expresso meus agradecimentos. Seus auxílios foram fundamentais para a construção deste trabalho.

À todos os meus colegas de graduação, em especial à Aline Maria e Gabriel Anjo, expresso profunda gratidão por todas as trocas que tivemos em todos os desafios da graduação.

“A linguagem da experiência tem mais autoridade do que qualquer raciocínio: fatos podem destruir o nosso raciocínio - o contrário, não. ”

Alessandro Volta

RESUMO

Este trabalho teve como premissa o uso de experimentos de pilhas eletroquímicas, construídas com materiais de baixo custo, no ensino de química. Devido a alta complexidade que a eletroquímica apresenta no ensino médio, o objetivo da proposta consistiu em viabilizar a assimilação desse ramo da química, em especial os processos galvânicos, comuns de pilhas e baterias, através de experimentos que contemplassem o esclarecimento da teoria. A metodologia envolveu, além de aulas teóricas, que serviram de base para os experimentos, a construção de pilhas de Alessandro Volta e Daniell, adaptadas com materiais alternativos, e o uso desses dispositivos para promover o funcionamento de eletrônicos, além do entendimento do funcionamento de pilhas e baterias convencionais. O trabalho foi realizado em uma escola de ensino médio pública, localizada em Fortaleza, em três turmas do segundo ano do ensino médio, com um total de 49 alunos. A coleta de dados foi realizada mediante o uso de dois questionários, um que antecedeu a aula teórica, outro que sucedeu o fim de toda a intervenção, após a aula experimental. Ademais, após a análise quantitativa e qualitativa das respostas dadas ao questionário inicial e final, verificou-se que este trabalho promoveu uma notória assimilação dos conceitos essenciais desse ramo da química e permitiu que os discentes entendessem o conteúdo através da complementaridade entre teoria e prática. Por fim, concluiu-se que o uso de experimentos, mesmo que adaptados, no ensino de química é uma estratégia consideravelmente eficaz para promover uma aprendizagem mais sólida e engajar os alunos para o estudo dessa ciência.

Palavras-chave: células galvânicas; pilha de limão; pilha voltaica; multímetro digital; materiais alternativos.

ABSTRACT

This study was based on the use of experiments with electrochemical cells, built with low-cost materials, in chemistry teaching. Due to the high complexity of electrochemistry in high school, the objective of the proposal was to facilitate the assimilation of this branch of chemistry, especially the galvanic processes common in cells and batteries, through experiments that included the clarification of the theory. The methodology involved, in addition to theoretical classes, which served as a basis for the experiments, the construction of Alessandro Volta and Daniell cells, adapted with alternative materials, and the use of these devices to promote the functioning of electronics, in addition to the understanding of the functioning of conventional cells and batteries. The study was carried out in a public high school, located in Fortaleza, in three classes of the second year of high school, with a total of 49 students. Data collection was carried out through the use of two questionnaires, one that preceded the theoretical class, and another that followed the end of the entire intervention, after the experimental class. Furthermore, after the quantitative and qualitative analysis of the responses given to the initial and final questionnaire, it was found that this work promoted a notable assimilation of the essential concepts of this branch of chemistry and allowed students to understand the content through the complementarity between theory and practice. Finally, it was concluded that the use of experiments, even if adapted, in the teaching of chemistry is a considerably effective strategy to promote more solid learning and engage students in the study of this science.

Keywords: galvanic cells; lemon cell; voltaic cell; digital multimeter; alternative materials.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação da pilha de Daniell	20
Figura 2 – Representação da pilha voltaica	21
Figura 3 – Pilha de limão em funcionamento conectada ao multímetro	22
Figura 4 – Semi-reações de oxirredução que se processam nos eletrodos da pilha de limão.....	23
Figura 5 – Ilustração da composição de uma pilha de Leclanché	24
Figura 6 – Semi-reações que ocorrem nos eletrodos da pilha de Leclanché	24
Figura 7 – Indicação da conexão correta das pontas de prova no multímetro.....	25
Figura 8 – Demonstração da pilha de limão na aula teórica.	30
Figura 9 -- Eletrodos de zinco e cobre confeccionados utilizados nos experimentos	31
Figura 11 -- Alunos distribuídos em duplas na aula experimental	34
Figura 10 – Adaptação da pilha de Daniell utilizando laranjas em funcionamento ligada ao multímetro	32
Figura 12 – Material completo para a construção da pilha voltaica.	34
Figura 13 – Pilha de Volta montada em funcionamento ligando LED	35
Figura 14 – Pilha de Volta montada em funcionamento tendo sua tensão aferida com o multímetro	35
Figura 15 – Recorte da questão 1 do pré-teste	38
Figura 16 -- Recorte da questão 2 do pré-teste	39
Figura 17 – Recorte da questão 4 do pré-teste	40
Figura 18 – Recorte da questão 5 do pré-teste	41
Figura 19 – Recorte da questão 6 do pré-teste.....	42
Figura 20 – Recorte da questão 1 do pós-teste	44
Figura 21 -- Recorte da questão 2 do pós-teste	45
Figura 22 – Recorte da questão 3 do pós-teste	46
Figura 23 – Recorte da questão 4 do pós-teste	47
Figura 24 – Recorte da questão 5 do pós-teste	48
Figura 25 -- Recorte da questão 6 do pós-teste	49
Figura 26 – Recorte da questão 8 do pós-teste	52

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	– Percentual de respostas atribuídas à questão 1 do pré-teste	38
Gráfico 2	– Percentual de respostas atribuídas à questão 2 do pré-teste.....	39
Gráfico 3	– Percentual de respostas atribuídas à questão 4 do pré-teste	40
Gráfico 4	– Percentual de respostas atribuídas à questão 5 do pré-teste	42
Gráfico 5	– Percentual de respostas atribuídas à questão 6 do pré-teste	43
Gráfico 6	– Percentual de respostas atribuídas à questão 1 do pós-teste	44
Gráfico 7	– Percentual de respostas atribuídas à questão 2 do pós teste	45
Gráfico 8	– Percentual de respostas atribuídas à questão 3 do pós teste	46
Gráfico 9	– Percentual de respostas atribuídas à questão 4 do pós teste	48
Gráfico 10	– Percentual de respostas atribuídas à questão 5 do pós-teste	49
Gráfico 11	– Percentual de respostas atribuídas à questão 6 do pós-teste	50
Gráfico 12	– Percentual das respostas atribuídas à questão 8 do pós-teste	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LDB	Lei de Diretrizes e Bases
BNCC	Base Nacional Comum Curricular

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1	Ensino de química no Brasil	17
2.2	Experimentação no ensino de química	18
2.3	Eletroquímica	18
2.4	Células galvânicas	19
2.5	Pilha de Alessandro Volta	21
2.6	Pilha de Limão.....	22
2.7	Pilha de Leclanché	23
2.8	Multímetro digital	24
2.9	Vantagens dos experimentos de baixo custo	26
3	OBJETIVOS	27
3.1	Objetivos gerais	27
3.2	Objetivos específicos	27
4	METODOLOGIA	28
4.1	Aspectos do locus da pesquisa e da população estudada	28
4.2	Instrumentos de coleta de dados e análise	28
4.3	Divisão de trabalho da metodologia	28
4.4	Preparo da aula teórica e ministração	29
4.5	Materiais confeccionados para a prática experimental	30
4.5.1	Confecção dos eletrodos utilizados na experimentação	30
4.5.2	Confecção do material da pilha de Volta	31
4.5.3	Confecção do material para o experimento da pilha de Daniell adaptada ..	32
4.5.4	Material dos eletrônicos adaptados utilizados durante a prática experimental	33
4.6	Realização da prática experimental	33
4.6.1	Organização dos alunos no laboratório e montagem da pilha voltaica	33
4.6.2	Experimento da adaptação da pilha de Daniell	36
4.6.3	Explicação do funcionamento da pilha de Leclanché e impactos ambientais	36

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1	Análise das respostas atribuídas ao questionário inicial (pré-teste)	38
5.2	Análise das respostas atribuídas ao questionário final (pós-teste)	44
5.2.1	Questões de percepção dos estudantes acerca da metodologia.....	47
6	CONCLUSÃO	53
	REFERÊNCIAS	54
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO INICIAL APLICADO NO INÍCIO DA INTERVENÇÃO	58
	APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO FINAL APLICADO APÓS A INTERVENÇÃO	60
	APÊNDICE C – SLIDES SUPORTE DAS AULAS TEÓRICAS	62
	APÊNDICE D – PLANO DE AULA DAS AULAS TEÓRICAS	65
	APÊNDICE E – PLANO DE AULA DAS AULAS PRÁTICAS	67
	APÊNDICE F – SLIDES COM O MATERIAL TEÓRICO DE REVISÃO E PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	69
	ANEXO A –TABELA DE POTENCIAIS DE REDUÇÃO UTILIZADA NA AULA TEÓRICA	71
	ANEXO B – SIMULADOR DA PILHA DE DANIELL USADO NA AULA PRÁTICA	72

1 INTRODUÇÃO

A química, por ser uma ciência experimental, pressupõe que a sua compreensão se dá mediante a prática de experimentos, portanto não há como dissociar a teoria da prática. Entretanto, devido a questões inerentes ao sistema educacional como a ausência de recursos destinados às aulas práticas de ciências da natureza, a abordagem apresentada no sistema de ensino ignora ou deixa para segundo plano o teor lúdico desta ciência, o que contribui consideravelmente para a falta de engajamento dos estudantes e dificuldades na assimilação de conceitos químicos elementares, que precedem do entendimento de sistemas.

Diante do exposto, é comum que aqueles que estão ou que já passaram pelo ensino regular tenham ressentimento com as aulas de química, devido a experiência negativa que tiveram, pois uma abordagem puramente tradicional e mecanicista gera percepções negativas acerca do estudo dessa ciência, porque boa parte do que é ensinado na escola não tem aplicabilidade prática no contexto dos alunos (SANTOS, 2020). Por conta disso, alternativas para o ensino dessa área devem ser valorizadas, como a contextualização e a experimentação.

Nessa perspectiva, quando uma temática complexa como a eletroquímica, por exemplo, é apresentada durante as atividades letivas, muitas complicações relativas ao aprendizado são notadas, pois é um tema dotado de conceitos e de representações abstratas que são difíceis de serem assimiladas. Para Bertoldo e Fiori (2013), propostas plausíveis para sanar essa problemática é aproximar o cotidiano do discente com o conteúdo científico ministrado em sala e também a prática experimental, pois ambas, aliadas, contribuem para o processo de ensino-aprendizagem.

Um ponto a ser destacado e de elevada potencialidade no que concerne ao ensino de química é a experimentação. Visto que esta ciência é indissociada da prática experimental, essa abordagem serve de metodologia para engajar os alunos ao aprendizado e na melhoria da assimilação efetiva dos conceitos químicos, pois ao trabalharem métodos experimentais os discentes conseguem associar teoria e prática, compreendendo como se consolidam os conhecimentos científicos (SANTOS; MENEZES, 2020).

Nessa concepção de uma abordagem experimental e contextual do ensino de ciências, Sanjuan et al. (2009), no âmbito de promoverem potencialização no aprendizado de processos espontâneos em eletroquímica, utilizaram o tema *maresia*, promovendo experimentos e relacionando-os com a vivência dos discentes e constataram que um conteúdo complexo pode tornar-se de melhor entendimento quando o contexto é envolvido no processo de ensino-aprendizagem.

Além do mais, conceitos eletroquímicos como células galvânicas estão presentes no cotidiano de qualquer aluno. Sejam nos automóveis, lanternas, celulares, controles remotos e demais eletrônicos, esses dispositivos estão disponíveis na forma de pilhas e baterias e são palpáveis a qualquer um. Entretanto, o entendimento do funcionamento desses mecanismos é complexo e deveria ser suprido pelo ensino basilar. Nesse aspecto, a temática de eletroquímica, em especial os processos galvânicos, devido ao seu grau de complexidade para o ensino regular, demonstram-se muito pertinentes para serem trabalhados dentro das perspectivas metodológicas aqui expostas. Deve-se salientar também a carência de trabalhos que abordem essa temática, como abordou-se nesta pesquisa.

Portanto, devido a importância do conteúdo de células galvânicas para o ensino e a sociedade, e visando a melhoria do processo de ensino-aprendizagem, o presente trabalho teve por objetivo utilizar a experimentação e a contextualização aliadas a construção de dispositivos galvânicos (pilhas) de baixo custo, como propostas de facilitar o ensino de eletroquímica. Além do mais, pôde-se também promover comparações com dispositivos galvânicos usuais (pilhas e baterias) como forma de valorizar os conhecimentos prévios que os estudantes têm, na perspectiva de promover uma aprendizagem mais efetiva e significativa dos conceitos desse ramo da química.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Ensino de química no Brasil

De modo geral, como preconiza a Lei de Diretrizes e Bases (LDB), lei nº 9.394/1996, a educação brasileira visa o pleno desenvolvimento humano do educando, tanto para o seu efetivo exercício da cidadania, como seu preparo para o mercado de trabalho (BRASIL, 1996). Nesse sentido, o dever da escola é garantir o conhecimento necessário para que o sujeito de aprendizagem adquira repertório suficiente para ser ativo social e economicamente no país, sendo capaz de interpretar fenômenos e entender o dinamismo tecnológico da atual conjuntura produtiva.

Na atual Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a química está integrada na área de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias, que tem como premissa a articulação entre Biologia, Química e Física para o desenvolvimento de habilidades, que devem ser desenvolvidas e aprimoradas pelos estudantes durante a formação no ensino médio. Nessa perspectiva, é sabido que a BNCC sugere que a abordagem do ensino de ciências da natureza deva considerar o caráter da formação humana da educação e a necessidade de uma prática contextual da mesma, objetivando que os educandos formem-se aptos a fazerem julgamentos, argumentações, tomadas de iniciativas e proposições embasadas no conhecimento adquirido na educação básica (BRASIL, 2017).

Em contrapartida, o ensino de química praticado nas instituições básicas brasileiras é muitas das vezes voltado para a mera memorização, mecanicidade e reprodução de fórmulas prontas, sem relação com a vivência dos estudantes e descontextualizado, o que contribui para a falta de engajamento e morosidade do aprendizado por parte do alunado. Portanto, um ensino não contextual e dissociado da realidade do aluno pode ser o responsável pelo alto nível de rejeição do estudo desta ciência por ele (LIMA et al., 2000).

Deve-se salientar que a raiz dessa problemática é de natureza tanto estrutural, como também da formação dos profissionais da educação, materiais desatualizados e falta de tempo, decorrente da carga horária exaustiva dos docentes (CORREIA et al., 2021). Tudo isso, somado, contribui para que as aulas de química sejam maçantes, pouco motivadoras e tenham pouco significado no contexto social dos estudantes.

A proposta que, a curto prazo, torna-se eficaz para contornar esses problemas relacionados a educação em química, citados anteriormente, é permitir esta ciência retornar às raízes que a fundaram, pois a mesma nasceu das observações e do empirismo e isso tem elevado potencial, sendo, talvez, a saída para que o ensino de química seja motivador e fomentador da curiosidade, maior atributo para o aprendizado da ciência. Não há motor mais eficaz do que a curiosidade, e

nisso a ciência se materializa. Portanto, o principal papel da escola é trabalhar com o questionamento na construção do conhecimento científico, como afirma Silva et al. (2018):

Para proporcionar a formação de um ambiente escolar que vise à promoção de um pensamento crítico e reflexivo, admitimos que tal fato se materializa por meio da curiosidade científica dos estudantes, pois, sendo genuinamente do seu interesse, a curiosidade traz o estudante para o centro do processo de produção de conhecimento, orientando o seu próprio pensamento. Além disso, pode permitir uma atitude reflexiva do professor no sentido de construir caminhos para o desenvolvimento do conteúdo da sua disciplina, sendo guiado e ao mesmo tempo guiando a curiosidade dos estudantes para a aprendizagem de conceitos, podendo estabelecer também relações com outros conteúdos.

2.2 Experimentação no ensino de química

Muito já se sabe acerca das vantagens da experimentação no ensino de química, seja na melhoria da compreensão do campo teórico, seja no entretenimento lúdico dos estudantes. Entretanto, salienta-se que nem toda atividade experimental proporciona potencialização do aprendizado e nem engaja quem dela participa.

As intervenções com base em experimentos, que são apresentadas no ensino básico, muitas das vezes são pautadas em meras reproduções de roteiros do tipo *receita de bolo*, que não proporcionam um aprendizado autônomo e nem uma percepção cartesiana da prática experimental. Segundo Santos e Menezes (2020, p. 182), práticas que favorecem o ensino e a aprendizagem são as de caráter investigativo, pois aguçam a capacidade de dedução e a busca por respostas para os fenômenos observados.

É válido ressaltar que as práticas experimentais dividem-se em três categorias, que são *demonstração, verificação e investigação*. De acordo com Oliveira (2010, p. 25), experimentos demonstrativos são os realizados pelos professores e observados pelos alunos, onde busca-se entender um aspecto do conteúdo. Já os experimentos de verificação buscam verificar a validade de uma lei ou teoria, e permitem que seu público consiga associá-los a conceitos científicos que já conhecem. E, por fim, experimentos investigativos, como o nome já sugere, visam promover a investigação de um problema, mediante a coleta de dados, observação e a busca por respostas na literatura, e nestes os estudantes participam de maneira integral em todo o seu processo.

2.3 Eletroquímica

A eletroquímica é o ramo da química que estuda os processos de interconversão entre a energia química e a energia elétrica. As reações que fundamentam a eletroquímica são conhecidas como oxirredução, nas quais a energia de uma reação química pode ser usada para produzir energia

elétrica espontaneamente, e também a energia elétrica pode ser usada para forçar a ocorrência de uma reação química não espontaneamente (CHANG; GOLDSBY, 2013).

Nas reações de oxirredução ocorre transferência de elétrons entre as espécies químicas reagentes (átomos, íons e moléculas). Nestas, a espécie química que recebe elétrons é denominada agente oxidante (sofre redução) e a que cede elétrons é chamada de agente redutor (sofre oxidação). O que determina a espécie redutora e oxidante em uma reação química é a diferença de reatividade, a espécie mais reativa tenderá a ceder elétrons, por oxidação, e a menos reativa ganhará elétrons, por redução (ATKINS; JONES, 2012).

Na eletroquímica, os processos espontâneos, onde a energia química é convertida em energia elétrica (células galvânicas) são comuns nas pilhas e baterias. Os não espontâneos, onde a energia elétrica é convertida em energia química são chamados de processos eletrolíticos e geram a eletrólise, sendo comuns em banhos em jóias e bijuterias e separação de elementos químicos constituintes de compostos, mediante descargas elétricas (PILLA, 2010).

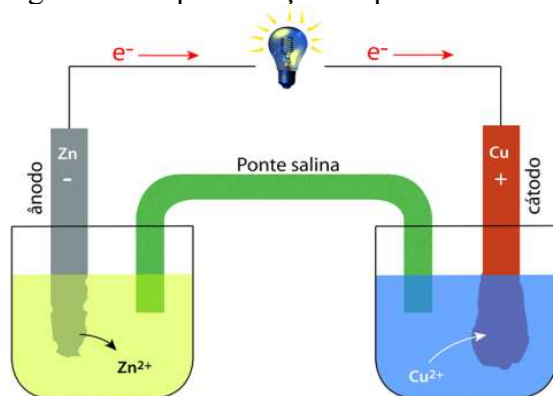
2.4 Células galvânicas

As células galvânicas são dispositivos eletroquímicos que promovem a conversão da energia química em energia elétrica. Estes dispositivos são regidos por processos espontâneos, onde materiais com diferentes potenciais de redução compartilham elétrons entre si, mediante diferenças de potenciais (CHANG; GOLDSBY, 2013).

Um exemplo clássico de mecanismo galvânico é a pilha de Daniell, a representação mais emblemática de um processo eletroquímico espontâneo. Esse equipamento é dividido em duas regiões, nas quais reações distintas ocorrem. Cada região consiste em um compartimento composto por eletrodos, soluções eletrolíticas e um recipiente para comportá-los, e cada um destes denomina-se de semicélula. No conjunto total de uma célula galvânica dessa natureza, há também a ponte salina, que garante a eletroneutralidade do sistema e o fio condutor externo, responsável por garantir o fluxo de elétrons do ânodo para o cátodo, eletrodos onde ocorrem a oxidação e a redução, respectivamente (PILLA, 2010).

Por convenção, na pilha de Daniell, na semicélula da esquerda comporta-se o ânodo, composto por um chapa de zinco em solução de íons de zinco, e na da direita o cátodo, que consiste em uma chapa de cobre em solução de íons de cobre (SKOOG, 2004). Esse tipo de dispositivo é o que mais se aproxima das pilhas modernas, apesar de terem a construção diferente, a premissa é a mesma, a conversão da energia química em elétrica, mediante reações de oxirredução. A figura 1 representa uma pilha de Daniell convencional.

Figura1 – Representação da pilha de Daniell.



Fonte: Aprova Total (2023).

Para que os elétrons fluam de um eletrodo para o outro, é necessário que um deles tenha maior aptidão pelo ganho de elétrons. O parâmetro físico utilizado para determinar o eletrodo que recebe elétrons é chamado de *potencial de redução*, e é uma medida da capacidade que uma espécie química tem de recebê-los, medido em volts. Portanto, a espécie química que tiver maior potencial de redução ganhará os elétrons e a que tem o menor os cederá. No caso da pilha de Daniell, a espécie química com maior potencial de redução é o cobre e a que tem o menor é o zinco, logo os elétrons fluem do eletrodo de zinco para o eletrodo de cobre, que tem os potenciais de - 0,76 V e + 0,34 V, respectivamente. Além disso, só há a corrente elétrica nesta pilha devido a diferença de potencial (ddp ou tensão) que se desenvolve entre esses dois eletrodos. Essa ddp pode ser entendida como o impulso que os elétrons recebem para fluírem da região de menor potencial para a de maior potencial.

A energia gerada pelas reações de oxirredução nessas pilhas pode ser utilizada para ligar um eletrônico simples como LED, controle remoto, lanternas etc, se ligadas em série. Entretanto, quando o processo eletroquímico atinge o seu equilíbrio, a pilha/ bateria descarrega, não havendo mais fluxo de carga do ânodo para o cátodo, inibindo a funcionalidade do dispositivo (HARRIS, 2016).

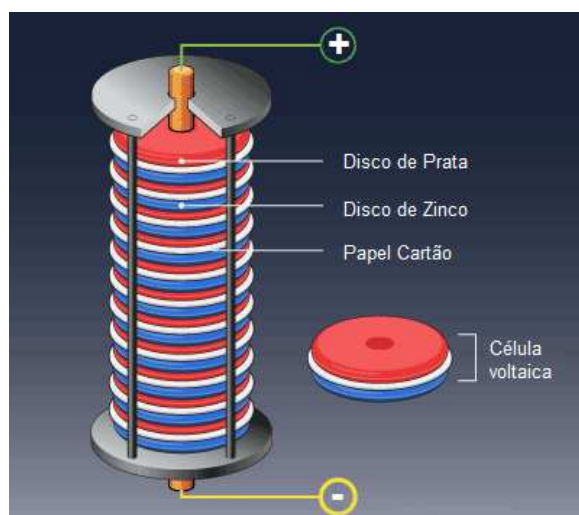
Em um contexto atual de uma etapa para a transição energética, a busca por alternativas para diversificar a matriz energética global é bastante pertinente. Nesse sentido, pode-se citar as células combustíveis, que são também dispositivos galvânicos que promovem a geração de energia limpa através de processos eletroquímicos espontâneos, através da oxidação de um combustível, normalmente o gás hidrogênio. (VILLULAS et al., 2002). Com isso, pode-se perceber a importância do entendimento desse ramo da química para a sociedade em geral, tanto na busca por

um desenvolvimento sustentável, quanto na eficiência produtiva e aumento da qualidade de vida da população.

2.5 Pilha de Alessandro Volta

Por volta de 1799, o químico italiano Alessandro Volta, com base nos estudos de Luigi Galvani acerca da eletricidade animal, elaborou a primeira pilha eletroquímica da história. Esse dispositivo consistia em metais de natureza química diferentes empilhados (daí o nome pilha) e separados por um feltro ou papelão embebido por solução eletrolítica, que garantiria a migração dos íons e permitiria as reações de oxirredução necessárias para a geração de energia elétrica. (TOLENTINO; FILHO, 2000). A figura 2 mostra a esquematização desse mecanismo criado por Volta.

Figura 2 – Representação da pilha voltaica.



Fonte: Fisicando (2016)

Na pilha voltaica de zinco e cobre, cada par Zn / Cu desenvolve uma diferença de potencial (ddp ou tensão) de aproximadamente 1,00 V, quando uma solução de ácido acético (vinagre) é utilizada como eletrólito. Neste dispositivo, cada unidade composta por zinco, cobre e solução eletrolítica no feltro é denominada de célula voltaica. Quando essas células são empilhadas como no esquema, as tensões aumentam e são resultado do somatório de cada diferença de potencial individual de cada célula eletroquímica.

A pilha voltaica viabilizou um salto considerável nas descobertas da época, pois munido desse dispositivo Humphry Davy descobriu os primeiros metais alcalinos potássio e sódio, decompondo eletroliticamente a potassa (BUCI; PORTO, 2019). Mais tarde, outro químico e

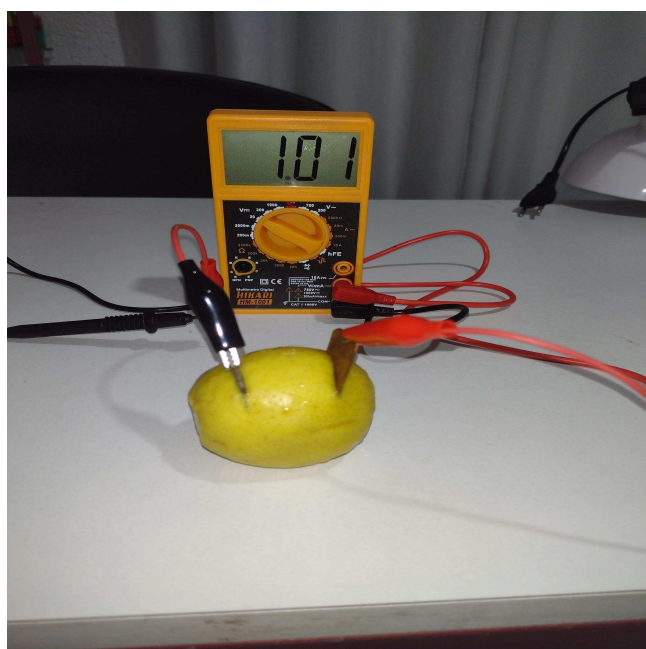
experimentalista renomado chamado Jhon Daniell, interessado em entender o mecanismo de funcionamento da pilha voltaica e estender a sua vida útil, elaborou um mecanismo mais sofisticado, onde cada chapa metálica estaria separada em recipientes diferentes e imersas em soluções eletrolíticas diferentes (SANTOS, 2020). O aparato da pilha de Daniell era mais elaborado e robusto e permitiu grandes avanços no estudo da eletroquímica.

2.6 Pilha de Limão

Convencionalmente, para o funcionamento de uma pilha, os componentes básicos são eletrodos, fios condutores e solução eletrolítica. Com isso, existem diversos métodos de produzir uma pilha, inclusive utilizando frutas, tubérculos e soluções como meio eletrolítico. O limão e a laranja, por exemplo, são ótimos meios para a produção de uma pilha, pois em sua composição ambas as frutas possuem ácidos fracos, que se dissociam e liberam íons em solução, favorecendo um meio adequado para as reações de oxirredução (SANTOS et al., 2018).

Para construir uma pilha de fruta cítrica, além da fruta, utilizam-se eletrodos de zinco, que podem ser materiais galvanizados como parafusos, arruelas ou chapas puras, e eletrodos de cobre, que podem ser moedas, fios de cobre ou chapa de cobre puro. Ao introduzir esses eletrodos na fruta ácida e conectar um multímetro, pode-se aferir a diferença de potencial desenvolvida e utilizar a eletricidade gerada, após uma associação em série de várias pilhas, para promover a ligação de dispositivos eletrônicos (SOUZA;ALMEIDA; SALES, 2024). Uma representação de uma pilha de limão em funcionamento está disposta na figura 3.

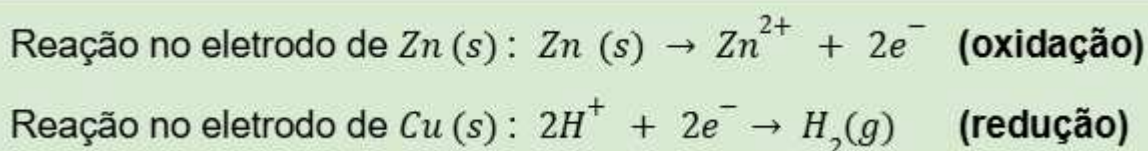
Figura 3 – Pilha de limão em funcionamento conectada ao multímetro.



Fonte : o autor.

Neste dispositivo, as reações de oxirredução se processam nos ácidos presentes no suco do limão. O ácido cítrico do limão, sendo um ácido fraco, está parcialmente ionizado, com os íons H^+ disponíveis em solução, que são passíveis de sofrerem redução, caso recebam elétrons. Quando os eletrodos de cobre e zinco são inseridos na fruta e interconectados com um fio condutor ou o próprio multímetro (equipamento que mede a tensão da pilha), o zinco oxida doando elétrons para o cobre. Na superfície do cobre, que fica carregada por elétrons vindos do zinco, os íons hidrogênio sofrem redução e tornam-se hidrogênios elementares e, posteriormente, ligam-se covalentemente e formam hidrogênio molecular gasoso. Na figura 4, apresentam-se as semi-reações de oxidação do zinco e redução do hidrogênio, em seus respectivos eletrodos.

Figura 4 – Semi-reações de oxirredução que se processam nos eletrodos da pilha de limão.



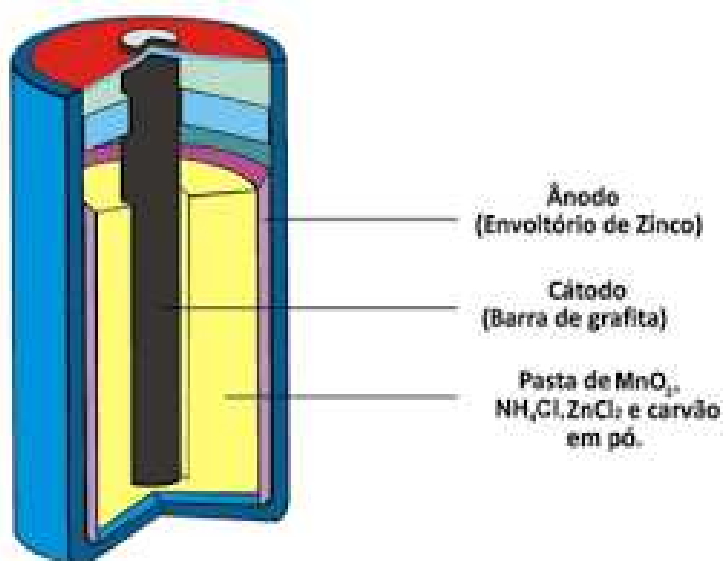
Fonte: o autor.

Salienta-se também que, na pilha de limão, o eletrodo onde ocorre a oxidação (zinco) é tido como o eletrodo negativo, já o eletrodo onde ocorre a reação de redução do hidrogênio (cobre) é o eletrodo positivo. Essa distinção é de fundamental importância para quando um aparelho eletrônico é conectado, pois a conexão invertida nos pólos pode acarretar no não funcionamento.

2.7 Pilha de Leclanché

A pilha de Leclanché é o dispositivo eletroquímico mais comum, que pode ser encontrado comercialmente. Esse dispositivo tem a construção diferente das pilhas teóricas encontradas na literatura, tendo em vista que em seu eletrólito contém uma mistura de substâncias pastosas e amido que têm funções específicas para garantir o seu funcionamento. O ânodo consiste em um envoltório de zinco, na parte externa da pilha, que oxida durante o funcionamento da pilha. O cátodo consiste em uma barra de grafita imersa no eletrólito, onde ocorre a redução do dióxido de manganês (FIGURA 5).

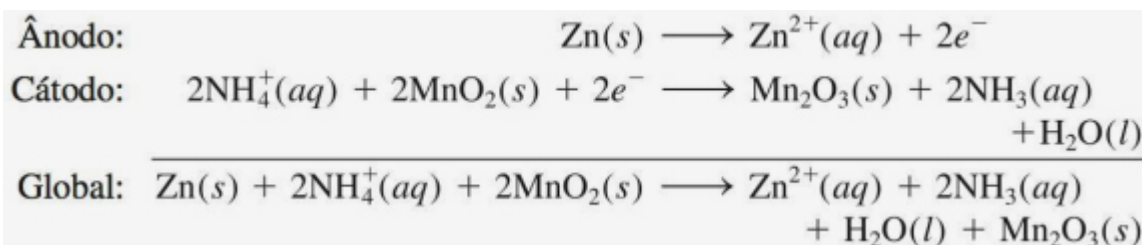
Figura 5 – Ilustração da composição de uma pilha de Leclanché.



Fonte: FOGAÇA [s.d.].

As semi-reações que regem o funcionamento dessa pilha são complexas de se entender, mas basicamente na região do ânodo o zinco perde elétrons por oxidação, tornando-se zinco carregado positivamente, e na superfície do eletrodo de grafita (cátodo), o dióxido de manganês é reduzido a trióxido de manganês, como demonstrado na figura 6.

Figura 6 – Semi-reações que ocorrem nos eletrodos da pilha de Leclanché.



Fonte: adaptado de Chang e Goldsby (2013)

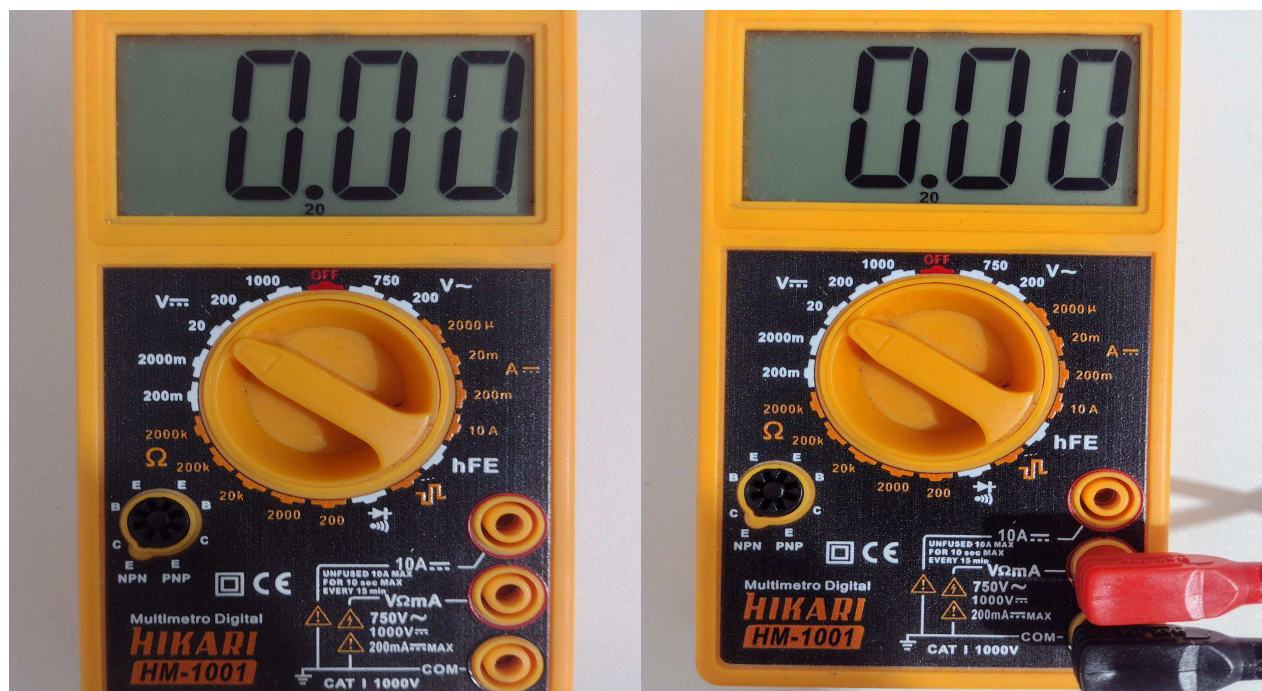
2.8 Multímetro digital

O multímetro é um equipamento essencial em medidas diversas , tanto no campo da elétrica como da eletrônica. Esse aparelho realiza medidas de tensão contínua e alternada (voltímetro) , resistência elétrica (ohmímetro), corrente elétrica (amperímetro), testes de diodos e de continuidade elétrica (CABALLERO, 2011).

Esse equipamento é composto por um painel, onde contém um visor, uma chave seletora para as respectivas medidas de interesse e três orifícios, onde são conectadas as pontas de prova,

que são cabos de cores diferentes (preto e vermelho). Os cabos devem ser conectados de acordo com as medidas que serão feitas, pois havendo conexão errada e prosseguindo-se a aferição pode prejudicar definitivamente o aparelho (SOUSA, 2020). A representação de como conectar um multímetro com as pontas de prova e seleção da escala correta para medidas de tensão em pilhas é dada na figura 7.

Figura 7 – Indicação da conexão correta das pontas de prova no multímetro.



Fonte: o autor.

Como pode-se perceber na figura 7, o cabo preto deve ser conectado no orifício que tem o termo “COM”, enquanto que o cabo vermelho deve ser conectado no orifício que tem as grandezas $V\Omega mA$ (Volts, ohms e miliAmperes), nessa faixa o multímetro é capaz de aferir tanto diferenças de potencial, resistência elétrica e corrente elétrica. Observa-se que a chave seletora está rotacionada para o número 20, na região onde mede correntes contínuas, com o símbolo V ao lado de um tracejado, onde a tensão de pilhas e baterias pode ser medida. O critério de seleção depende do quanto de tensão o dispositivo gera, para isso é necessário saber as especificações da pilha ou bateria e selecionar de acordo com a ordem de grandeza, que vai de miliVolts até Volts.

Na construção de pilhas eletroquímicas, o multímetro pode ser utilizado como voltímetro, pois apresenta em sua chave seletora a opção de medir corrente contínua. Para que a medida seja possível, é necessário ater-se a seleção correta para medidas de tensão de pilhas e baterias e que a

escala esteja correta, pois uma escala inadequada pode ocasionar um erro de leitura. Faz-se necessário também que as pontas de prova do aparelho estejam conectadas corretamente.

Em um contexto de ensino de eletroquímica a nível básico, esse equipamento pode ser utilizado em aferições de tensão em pilhas voltaicas e de limão, por exemplo. Experimentos que envolvam o uso desse equipamento tem elevado potencial pedagógico para os estudantes, pois permitem que consigam entender as grandezas físicas envolvidas no processo e, intuitivamente, exercitem a capacidade de interpretação dos fenômenos envolvidos. Além do mais, trabalhar o uso desse dispositivo valoriza uma aprendizagem interdisciplinar entre química e física. Essa proposta apresenta profundo alinhamento com as diretrizes propostas pela BNCC, que apresenta a seguinte proposição em uma de suas competências específicas para a educação básica:

(EM13CNT107) Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos – com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais –, para propor ações que visem a sustentabilidade (BRASIL, 2017, p. 555) .

2.9 Vantagens dos experimentos de baixo custo

Um dos grandes desafios enfrentados pelos profissionais de educação para as aulas experimentais é a ausência de recursos materiais. Por conta disso, o aprendizado em química pode ser prejudicado, pois o entendimento do campo teórico depende da experimentação. Diante disso, uma alternativa para contornar essa questão é o uso de experimentos adaptados com materiais de baixo custo, pois estes apresentam bastante eficácia e favorecem consideravelmente o entendimento dessa ciência (RODRIGUES, 2023).

Segundo Santos (2022) e Rodrigues (2023), essa proposta ajuda a superar as dificuldades estruturais e a ausência de recurso para a experimentação na educação básica, com o benefício de favorecer o aprendizado mais lúdico da ciência, pois contribui para o maior engajamento dos alunos e aumenta o rendimento das aulas, em consequência da ludicidade que a experimentação traz consigo.

Além da ludicidade, a experimentação de baixo custo também contribui para que o currículo de química permita que os educandos exercitem sua capacidade de síntese e de interpretação dos fenômenos científicos, quesitos que são valorizados por documentos que dispõem princípios para a educação nacional, como a BNCC.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivos gerais

Construir pilhas com materiais alternativos, a fim de complementar o conteúdo teórico de eletroquímica e entender como ocorrem os processos de transferência espontânea de elétrons, com uma abordagem experimental.

3.2 Objetivos específicos

- Analisar o conhecimento prévio dos alunos em relação ao conteúdo elementar de eletroquímica;
- Desenvolver aula expositiva dialogada com os estudantes, a fim de promover o conteúdo introdutório de eletroquímica;
- Elaborar aparatos de experimentação em eletroquímica com materiais de baixo custo;
- Construir uma pilha de Alessandro Volta e de Daniell com materiais acessíveis;
- Testar os dispositivos construídos em laboratório para promover o funcionamento de eletrônicos;
- Comparar os dispositivos construídos com os já disponíveis no mercado, tendo como proposta a contextualização do ensino;
- Verificar os processos de transferência de elétrons com o uso de multímetro, promovendo aprendizado sobre o uso do aparelho e sua funcionalidade;
- Analisar a eficácia da proposta e seu impacto no entendimento do campo teórico.

4 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho consistiu em preparo de materiais junto com intervenção teórica, no primeiro momento e intervenção experimental, em um segundo momento.

4.1 Aspectos do locus da pesquisa e da população estudada

Este trabalho foi realizado em uma escola de ensino médio de nome EEMTI João Mattos, uma escola de tempo integral, situada no município de Fortaleza. A pesquisa foi realizada em três turmas de segundo ano, durante as aulas de Aprofundamento em Ciências da Natureza, que tinham em média quarenta e nove alunos assíduos durante a intervenção.

4.2 Instrumentos de coleta de dados e análise

Antes de iniciar a intervenção, a metodologia do trabalho foi explicada para que os alunos estivessem cientes do que seria trabalhado. Após a breve explicação, um questionário de itens objetivos e subjetivos foi distribuído para que os discentes respondessem. A ideia desse instrumento era coletar as percepções e os conhecimentos que as turmas tinham acerca da eletroquímica e ter um objeto de comparação para a respectiva análise estatística.

As respostas foram dadas de acordo com o conhecimento que os alunos já tinham em sua vivência com o estudo da química. De início, muitos tiveram um certo estranhamento quanto ao conteúdo, pois eram em sua grande maioria neófitos nesse campo de estudo, tendo em vista que as turmas nunca viram nada relacionado nos anos anteriores, como foi percebido no plano pedagógico do ensino de química da escola, que destinava esse tema para o ano seguinte.

Após o fim de toda a intervenção teórica e experimental, um questionário final foi passado. Nesse instrumento de coleta, haviam questões objetivas e subjetivas acerca do conteúdo teórico e também sobre a percepção que os estudantes tiveram acerca da metodologia trabalhada. Com isso, pôde-se avaliar tanto o conteúdo teórico assimilado quanto a aceitação da metodologia aplicada.

O método de análise teve viés qualitativo e quantitativo. Ambos os questionários foram categorizados e analisados separadamente e as respostas foram comparadas qualitativa e quantitativamente.

4.3 Divisão de trabalho da metodologia

Para realizar esta pesquisa, foram utilizadas, para cada turma, cerca de quatro aulas. Logo, foram duas aulas geminadas para a aplicação do questionário inicial (APÊNDICE A) e apresentação de uma aula teórica de *Introdução às reações de oxirredução e eletroquímica*, com a explicação do

procedimento experimental da aula prática, e também duas aulas geminadas para a realização dos experimentos. Consequentemente, contabilizando as três turmas, a intervenção utilizou cerca de doze aulas de cinquenta minutos cada, tempo suficiente para fazer a coleta de dados necessária. Por fim, após tanto a aula teórica quanto a aula prática, um questionário final (APÊNDICE B) foi aplicado.

4.4 Preparo da aula teórica e ministração

Após a aplicação do questionário inicial para a primeira coleta de dados, uma aula teórica de *reações de oxirredução e eletroquímica* foi ministrada. Considerando que as turmas de ensino médio ainda não tinham o conhecimento básico sobre as reações de oxirredução e nem eletroquímica, essa teoria foi fundamental para que entendessem a premissa dos experimentos, visto que o objetivo da intervenção era avaliar o quanto a experimentação com a construção de pilhas eletroquímicas potencializaria no aprendizado. Portanto, a aula teórica foi imprescindível para preparar os alunos para uma compreensão mais ampla da premissa de cada ponto da sequência didática.

Essa aula teórica foi preparada de acordo com o plano de aula previamente preparado (APÊNDICE D) e contou com um conjunto de recursos didáticos que foram imprescindíveis para uma melhor assimilação do conteúdo, pois muitos conceitos foram trabalhados em uma abordagem empírica e contextual, durante a intervenção teórica. Dentre os recursos, como consta no plano de aula, consta a pilha de limão, que foi construída como meio para esclarecer o conteúdo e engajar os estudantes para a participação de toda a sequência didática (FIGURA 8) e um recurso multimídia para contextualização (APÊNDICE C).

Com o recurso da pilha de limão, conceitos como potencial de redução, diferença de potencial, associações em série de pilhas e reações de oxirredução puderam ser trabalhados. Nesse momento da sequência didática, os alunos foram consultados quanto às especificidades do dispositivo que estava sendo demonstrado e puderam associar o conteúdo teórico de pilhas eletroquímicas com o experimento demonstrativo, realizado na aula, mediante o uso de uma tabela de potenciais de redução que foi previamente distribuída (ANEXO A).

Figura 8 – Demonstração da pilha de limão na aula teórica.



Fonte: o autor.

4.5 Materiais confeccionados para a prática experimental

Todo o material confeccionado foi produzido a partir de recursos alternativos como chapas, tubos de cobre, espetos, fios e papelão.

4.5.1 Confeção dos eletrodos utilizados na experimentação

Antes do início de toda a experimentação, era necessária a confecção dos eletrodos de zinco e cobre. Ambos os eletrodos foram obtidos de materiais acessíveis e foram produzidos utilizando ferramentas de serralheria, como instrumentos de medição, marcação e corte.

Para a confecção do eletrodo de zinco, uma chapa de aço galvanizado foi cortada em tiras com uma esmerilhadeira, utilizando o disco de corte para aço. Em seguida, cada tira foi cortada em pequenos quadrados de 2,2 cm de lado (FIGURA 9). Esse processo também pode ser feito com uma tesoura de funileiro, o que é melhor, considerando o risco que uma esmerilhadeira, que tem alta rotação, apresenta durante o seu manuseio. Nisso, foram cortados ao todo cerca de sessenta

eletrodos de zinco, que foram suficientes para quinze duplas durante a prática experimental da pilha voltaica, considerando que cada dupla utilizaria quatro eletrodos.

Figura 9 – Eletrodos de zinco e cobre confeccionados utilizados nos experimentos.



Fonte: o autor.

Para os eletrodos de cobre, um tubo de ar condicionado de cinco oitavos de polegada de diâmetro, de aproximadamente um metro de comprimento, foi cortado com uma esmerilhadeira, meridionalmente, de modo que uma chapa fosse produzida, após ser batida com um martelo, visto que após o corte o tubo cortado ainda tinha curvatura. Em seguida, essa chapa foi cortada também em quadrados menores de 2,2 cm de lado, como demonstrado na figura 9, totalizando um pouco mais de sessenta eletrodos de cobre. Por fim, essa quantidade de material garantiria que quinze equipes fossem contempladas com quatro eletrodos.

4.5.2 Confeção do material da pilha de Volta

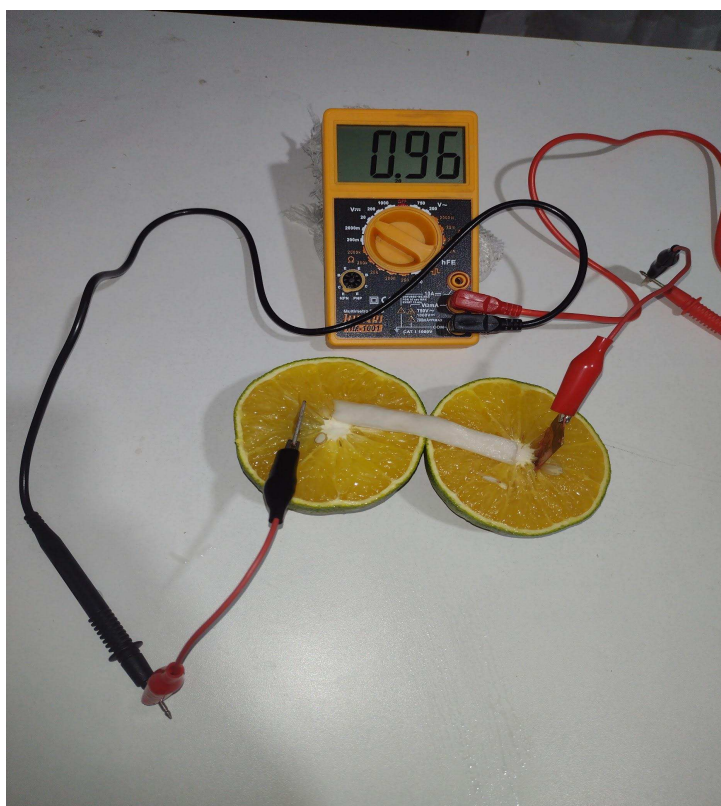
Como já mencionado na seção que tratou da pilha de Alessandro Volta, metais de natureza química diferente, separados por um eletrólito, por meio de reações de oxirredução, convertem energia química em energia elétrica. No experimento da pilha voltaica, isso foi reproduzido, mas antes os eletrodos foram confeccionados previamente com materiais alternativos. Esses eletrodos foram feitos com chapas de metal galvanizado (revestido com zinco) e chapas de cobre puro, como já mencionado.

Além das chapas de cobre e zinco, eram necessários tanto o feltro, como um suporte para montar a pilha. O feltro foi produzido com pedaços de pano multiuso, cortados em quadrados de dois centímetros de lado, com uma tesoura. O suporte foi confeccionado com pedaços de papelão cortados e colados com cola branca, hastes feitas de espetos e um pedaço de fio, que seria utilizado para ser o contato de um dos pólos da pilha, o contato negativo do zinco. No tópico que tratará da montagem da pilha voltaica há imagens do suporte construído.

4.5.3 Confeção do material para o experimento da pilha de Daniell adaptada

Um segundo dispositivo foi a adaptação da pilha de Daniell, utilizando como eletrólitos duas metades de laranjas para cada eletrodo e uma ponte salina, que consistia em um papel toalha cortado em tiras e embebido com uma solução de sal de cozinha (FIGURA 10). Em uma das metades da laranja, introduziu-se uma chapa de zinco e na outra a chapa de cobre. Os eletrodos foram conectados com garras de jacaré (cabos) e ligados ao multímetro, que foi utilizado para aferir a tensão.

Figura 10 – Adaptação da pilha de Daniell utilizando laranjas em funcionamento ligada ao multímetro.



Fonte: o autor.

4.5.4 Material dos eletrônicos adaptados utilizados durante a prática experimental

Na prática experimental, para testar a funcionalidade das pilhas voltaicas construída, alguns eletrônicos foram utilizados, como luzes de LED, relógio analógico e calculadora digital. Para que isso fosse viável, uma adaptação deveria ser feita nos pólos positivo e negativo desses eletrônicos, portanto, fios de cores diferentes foram soldados com solda de estanho em cada um. Nos pólos positivos desses dispositivos, fios vermelhos foram soldados, já nos pólos negativos, fios pretos. Esse padrão de cores segue as convenções da eletrônica e torna-se intuitivo para quem maneja esses materiais.

Para identificar os polos do LED, um multímetro foi utilizado para fazer o teste de diodo e conectar corretamente os fios com as cores adequadas. Tendo em vista que, segundo Silva (2021), o LED tem polaridade, essa prévia identificação é fundamental, pois a conexão inadequada dos leds nos polos da pilha não permite que eles acendam. No relógio e na calculadora, isso já não é necessário, pois visualmente já se consegue definir a polaridade.

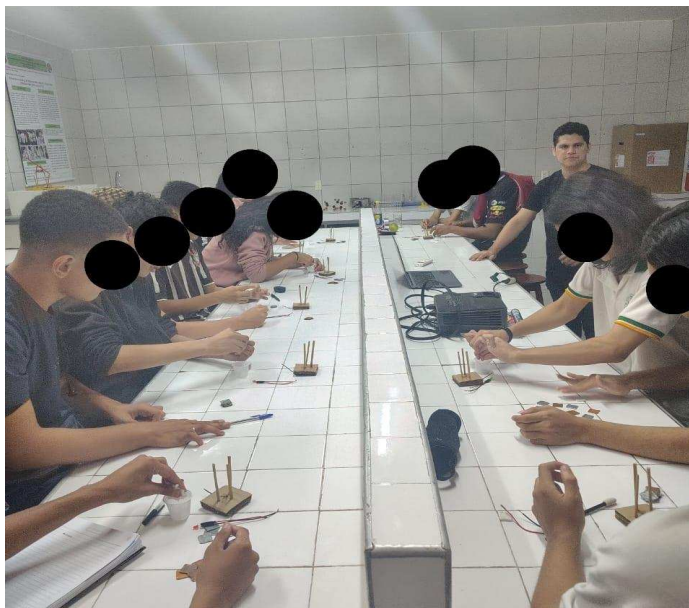
4.6 Realização da prática experimental

A prática experimental contou com a realização de um experimento de verificação, construído pelos alunos, e um experimento de demonstração, construído pelo docente. Além disso, houve também uma abordagem contextual e interdisciplinar envolvendo a pilha de Leclanché.

4.6.1 Organização dos alunos no laboratório e montagem da pilha voltaica

No dia dos experimentos, os estudantes foram levados ao laboratório, onde inicialmente tiveram uma aula de revisão do conteúdo elementar, visto na semana anterior, seguido da experimentação como consta no plano de aula experimental. Com isso, as turmas foram divididas em duplas, e para cada uma um conjunto de materiais foi separado na bancada (FIGURAS 11 e 12). Finalmente, cada dupla pôde identificar os seus materiais e, seguindo o roteiro disponibilizado nos slides (APÊNDICE F), realizar o procedimento experimental.

Figura 11 – Alunos distribuídos em duplas na aula experimental.



Fonte: o autor.

Figura 12 – Material completo para a construção da pilha voltaica.

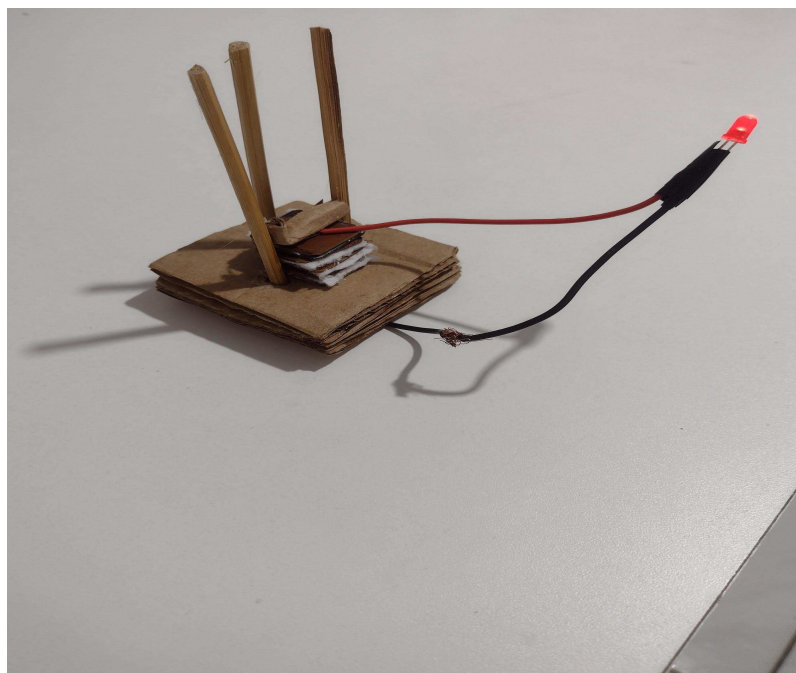


Fonte: o autor.

Inicialmente, para construir a pilha voltaica, a solução eletrolítica (vinagre + sal) foi distribuída para umedecer o feltro. Em seguida, os alunos montaram quatro células eletroquímicas, compostas por uma chapa de zinco, um pedaço de feltro úmido com solução e uma chapa de cobre. Em seguida, as células foram empilhadas no suporte (FIGURAS 13 e 14), gerando uma tensão suficiente para promover a ligação dos eletrônicos, utilizados como teste. Além disso, o dispositivo

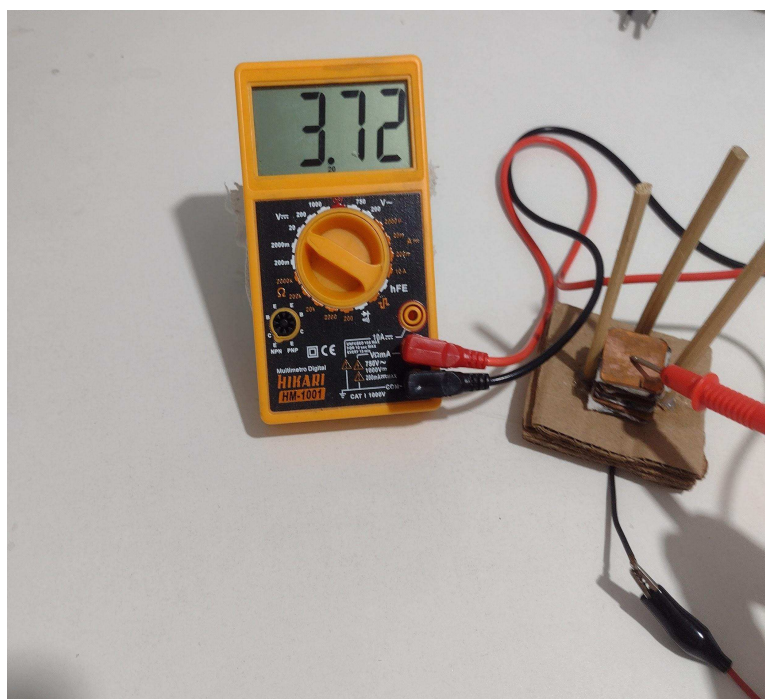
voltaico também foi medido com o multímetro pelos alunos, que puderam manuseá-lo e aprender um pouco acerca da sua funcionalidade.

Figura 13 – Pilha de Volta montada em funcionamento ligando LED



Fonte: o autor.

Figura 14 – Pilha de Volta montada em funcionamento tendo sua tensão aferida com o multímetro.



Fonte: o autor.

Esse dispositivo foi utilizado como ponto de partida para que, gradativamente, os estudantes entendessem eletroquímica de uma maneira mais simples até a mais complexa. Contudo, deve-se

levar em conta que o mecanismo de funcionamento deste aparato é complexo, pois as reações de oxirredução não são tão intuitivas, mas é um bom ponto de partida para o estudo da eletroquímica e dos conceitos iniciais, devido à ludicidade do experimento. Logo, essa prática serviu de base para as seguintes, que demandaram uma compreensão mais profunda dessa área da química.

4.6.2 Experimento da adaptação da pilha de Daniell

Após a realização da prática do dispositivo voltaico, a adaptação da pilha de Daniell utilizando laranjas como eletrólitos foi demonstrada. Esse dispositivo foi comparado com o que existe na literatura científica, através do uso de um simulador (ANEXO B) que demonstra todo o seu funcionamento. Com isso, os alunos puderam ver por completo a abordagem da eletroquímica no ensino médio, que vai desde as reações redox até as pilhas eletroquímicas. Ademais, a premissa dessa abordagem era tentar ao máximo evitar as abstrações e valorizar as demonstrações, que têm maior proveito e maior impacto pedagógico.

É válido ressaltar, que o simulador demonstra cada especificidade do mecanismo de Daniell, como reações redox, migração de íons, corrosão de eletrodos e aumento de massa. Portanto, é muito válida essa forma de abordagem, sendo mais proveitosa e mais potencializadora da assimilação.

Esse dispositivo foi construído para fins de demonstração, os alunos não construíram individualmente esse experimento. Com isso, o objetivo dele era apenas demonstrar a premissa de uma pilha de Daniell e comparar com o mecanismo que é encontrado na literatura, já discutido anteriormente.

Essa pilha, apesar de ser bastante diferente da apresentada na literatura, apresenta muitos efeitos semelhantes à teórica, como eletrodos separados, necessidade de ponte salina e reações de oxirredução semelhantes.

4.6.3 Explicação do funcionamento da pilha de Leclanché e impactos ambientais

Além dos demais experimentos realizados, como proposta de contextualizar o ensino, o funcionamento de uma pilha de Leclanché foi explicado teoricamente no laboratório, desde os seus componentes básicos até as reações redox que a explicam. Essa proposta buscou também sensibilizar os alunos quanto ao manejo adequado de pilhas e baterias.

Alinhado com o trabalho de Sanjuan et al. (2009), buscou-se também educar os estudantes quanto a destinação adequada do lixo eletrônico, indicando os pontos de destinação no Estado e no município, esclarecendo a necessidade dessas boas práticas de manejo e elucidando os impactos sanitários e ambientais que esses dispositivos acarretam em seus contextos.

Nesse momento da intervenção experimental, buscou-se também fazer uma abordagem interdisciplinar entre Química, Física e Biologia. Com isso, conseguiu-se abordar tanto os processos de oxirredução, as grandezas físicas envolvidas e os impactos ambientais relacionados ao descarte indevido desses dispositivos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise das respostas atribuídas ao questionário inicial (pré-teste)

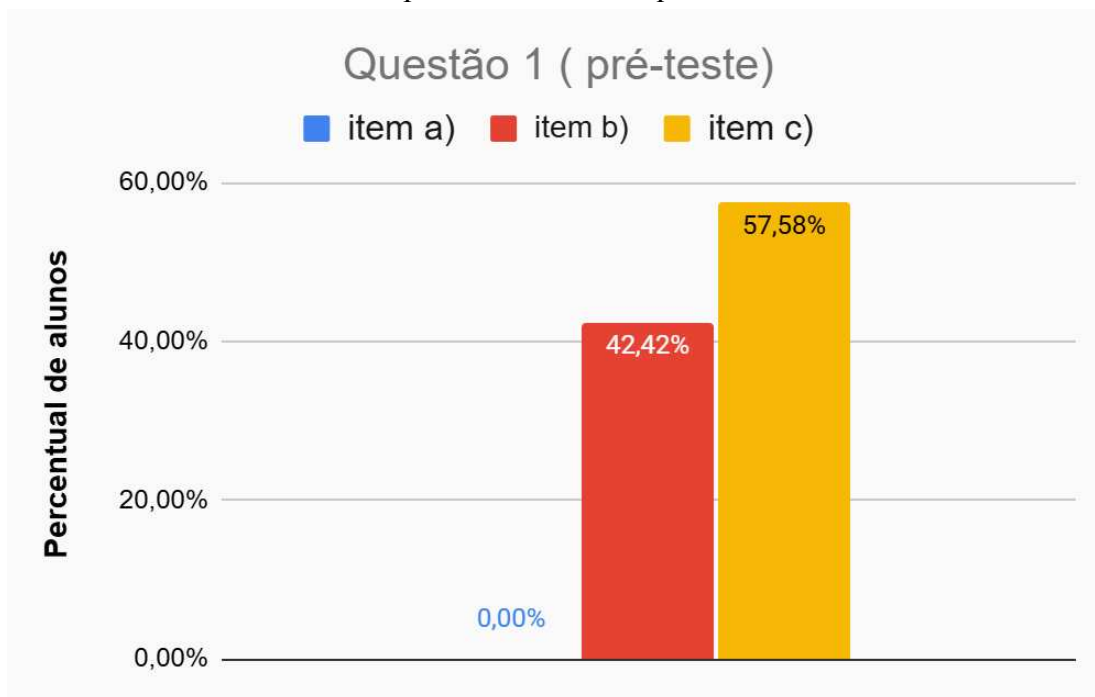
Inicialmente, fazendo uma análise dos dados obtidos da primeira questão do pré-teste (FIGURA 15), que questionava se eles já tinham ouvido falar sobre a eletroquímica, pode-se constatar que um percentual de cerca de 57,58% dos alunos participantes do estudo não viram nada relacionado a eletroquímica e 42,42% já ouviram, mas não sabiam explicar nenhum processo que envolvesse essa área da química (GRÁFICO 1).

Figura 15 – Recorte questão 1 do pré teste.

- 1) Você já ouviu falar sobre a eletroquímica?
- a) Sim, sei o que estuda essa área da química e entendo alguns processos.
 - b) Sim, mas não sei explicar nenhum processo que envolva a eletroquímica.
 - c) Não, nunca vi nada relacionado a eletroquímica.

Fonte: o autor.

Gráfico 1 – Percentual de respostas atribuídas a questão 1.



Fonte: o autor.

Logo , com as respostas atribuídas a questão 1, podemos constatar que boa parte das turmas somente ouviu falar de eletroquímica, mas era incapaz de explicar processos que envolvessem tal ramo, outra parte sequer ouviu falar. Esse resultado já era esperado, visto que seria um conteúdo totalmente novo para os estudantes.

Tratando-se agora das questões 2 e 4 (FIGURAS 16 e 17) do pré teste, que eram itens teóricos sobre o conteúdo de eletroquímica, os resultados demonstraram-se bastante diversos, considerando que boa parte, mas não a maioria dos alunos ,acertaram os itens corretos em algumas respostas. Entretanto, a esses acertos podemos inferir que são resultado de um mero “chute”, o que era esperado em algumas questões teóricas para turmas que nunca tinham visto tal assunto.

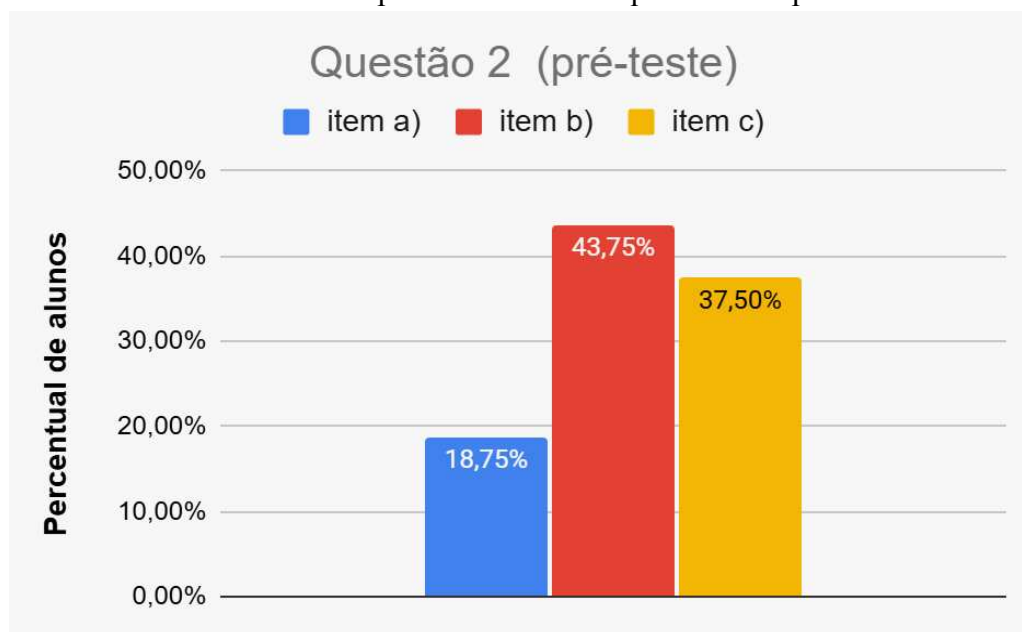
Na questão 2 do questionário inicial , cerca de 37,50% das respostas foram corretas (GRÁFICO 2) , o restante não respondeu ao item de questão objetiva corretamente. Algo semelhante ocorreu nas respostas da questão 4 (GRÁFICO 3), com um percentual de acertos de cerca de 24,24%, e a maioria de erros. Mas até mesmo o acerto de alguns supõe-se que foi ocasional. O que corrobora com essa tese é que alguns discentes que responderam na questão 1, alegando que nunca ouviram falar de eletroquímica ou não sabiam explicar nenhum processo , acertaram a questão 2 e a 4, que eram teóricas. Portanto, esses acertos são controversos.

Figura 16 – Recorte questão 2 do pré teste.

- 2) Das afirmações abaixo, assinale a alternativa que você considera correta com relação a eletroquímica:
- a) A eletroquímica é regida por reações que envolvem transferência de calor entre os reagentes em uma reação química.
 - b) A eletroquímica é regida por reações que envolvem compartilhamento de elétrons entre os reagentes de uma reação química.
 - c) A eletroquímica é regida por reações que envolvem transferência de elétrons entre os reagentes de uma reação química.

Fonte: o autor.

Gráfico 2 – Percentual de respostas atribuídas a questão 2 do pré-teste.



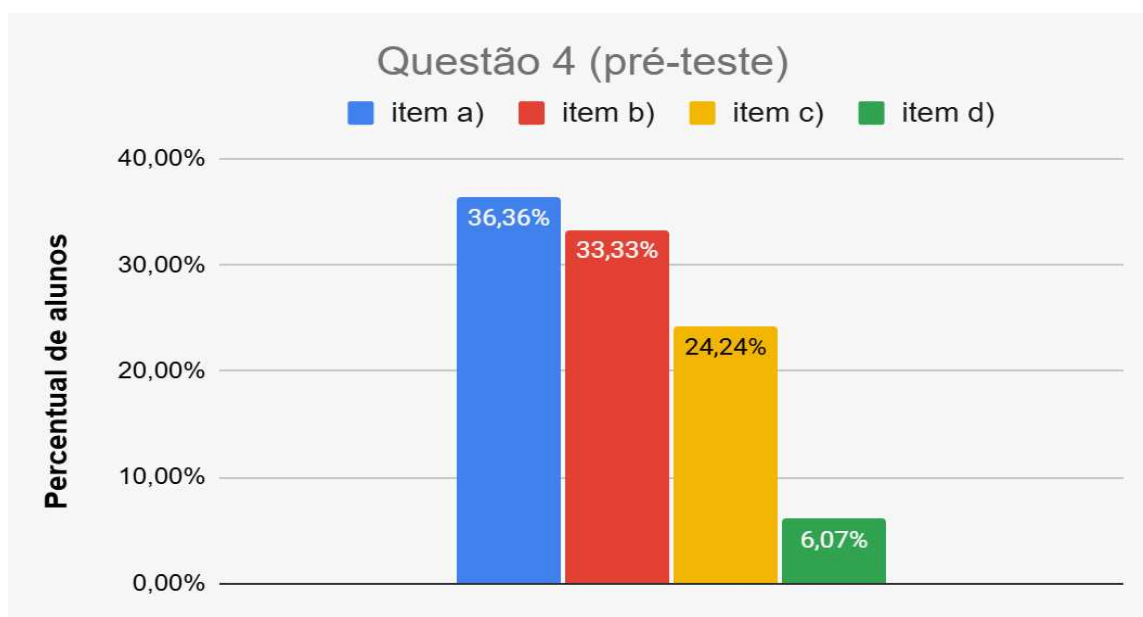
Fonte: o autor.

Figura 17 – Recorte questão 4 do pré-teste.

- 4) O exemplo mais emblemático das reações de oxirredução é o que acontece nas pilhas e baterias. Em relação às pilhas, assinale a alternativa que você considera correta:
- a) É um dispositivo que armazena energia elétrica, em que os elétrons armazenados podem ser utilizados para ligar aparelhos eletrônicos.
 - b) É um dispositivo que armazena cargas carregadas positivamente e com elas promove o funcionamento de eletrônicos.
 - c) É um dispositivo que armazena energia química e a converte em energia elétrica.
 - d) É um dispositivo que não armazena nem cargas, nem energia química, nem energia elétrica, mas que promove o funcionamento de eletrônicos.

Fonte: o autor

Gráfico 3 – Percentual de respostas atribuídas a questão 4 do pré-teste.



Fonte : o autor.

Outra inferência que pode ser feita para explicar os acertos nas questões 2 e 4 teóricas é que os próprios itens contribuíram para que alguns alunos respondessem o item correto, devido a pouca diferença dos conceitos na construção das afirmativas. Por exemplo, na questão 2, entre os itens b e c, a única diferença entre essas afirmativas consta nos conceitos *compartilhamento* e *transferência*, por isso, devido a essa mera diferença alguns alunos acertaram, mesmo sem saber o conteúdo teórico.

As questões 2 e 4 foram analisadas em conjunto, por serem questões objetivas, mas enfatiza-se também a questão 3, que não teve respostas tão contundentes e que permitissem fazer conjecturas mais assertivas. Nessa questão, os estudantes eram perguntados: *A eletroquímica trata dos fenômenos conhecidos como reações de oxirredução. O que você entende por essas reações e como se processam?*. Entretanto, quase todos os alunos alegaram não entender o processamento de uma reação de oxirredução e somente dois tentaram dar uma respostas, que não foi satisfatória, pois

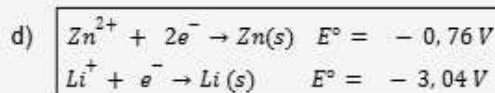
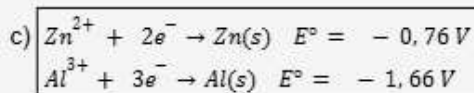
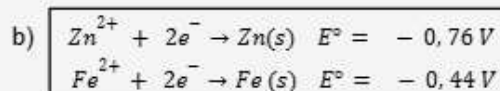
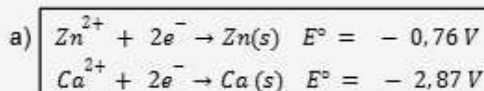
havia confusões de conceitos e definições imprecisas. Somente duas respostas se destacaram, a primeira fazia uma afirmação quase coerente com a teoria, onde o aluno afirmava: *É o compartilhamento de elétrons entre os reagentes de uma reação química*. A segunda havia uma confusão conceitual, em que o aluno afirmava: *É regida por reações envolvendo transferência do ar oxigênio e outros componentes químicos*. Deduz-se que a primeira resposta pode ter sido motivada devido aos itens das questões anteriores, onde haviam afirmativas semelhantes.

Atendo-se agora às questões 5 e 6 (FIGURAS 18 e 19) do pré teste, que também eram teóricas e objetivas, um fenômeno semelhante ao das questões anteriores se repetiu. Esses itens tinham uma carga teórica mais elevada, eram questões típicas de reações de pilhas eletroquímicas e oxirredução, respectivamente. Portanto, seria necessário um conhecimento teórico profundo do conteúdo para atribuir as respostas, algo que ainda era incomum nas turmas.

No caso da questão 5 (FIGURA 18), pode-se perceber um percentual de acertos na casa dos 39,39 % (item b), como consta no gráfico 4. Interpretou-se que esses acertos além de casualidade, também sejam decorrentes de padrões que puderam ser observados na construção de cada item. Por exemplo, nos itens *a*, *b*, *c* e *d*, o *potencial de redução* do zinco se mantém, mas somente no *tem b* há uma diferenciação, pois o potencial do ferro é o único que se apresenta maior que o do zinco, ou seja, essa diferença pode ter contribuído para esse elevado percentual de acertos.

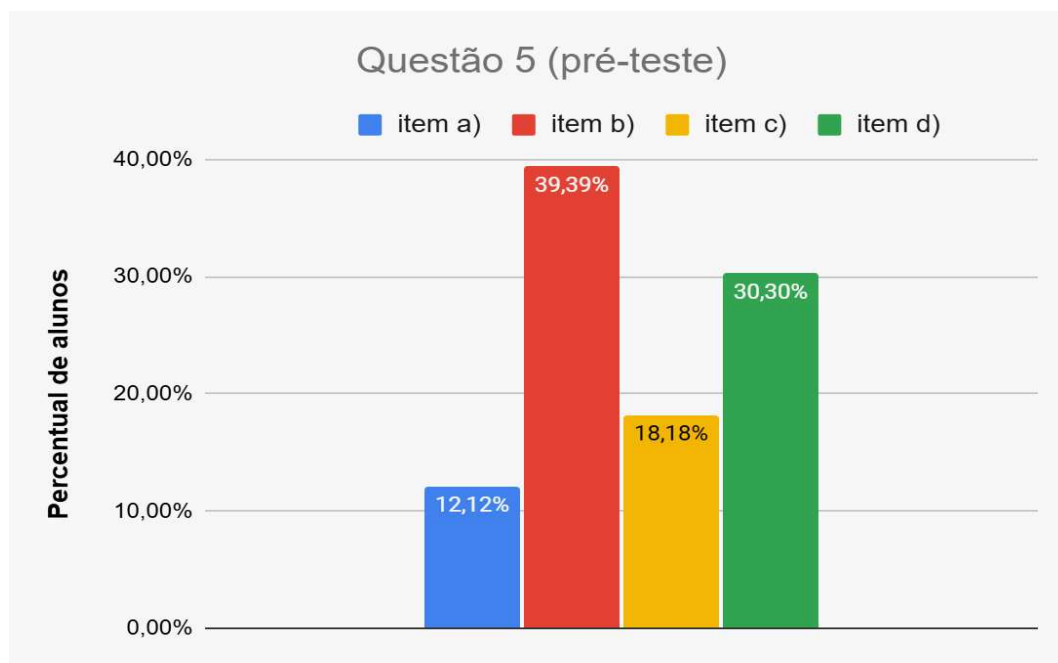
Figura 18 – Recorte questão 5 do pré teste.

5) Uma pilha eletroquímica é formada quando dois metais com diferentes potenciais de redução são postos para reagirem em um meio eletrolítico. Nos sistemas eletroquímicos abaixo, em qual deles o zinco atua sendo o ânodo de uma pilha eletroquímica :



Fonte: o autor.

Gráfico 4 – Percentual de respostas atribuídas a questão 5 do pré-teste.



Fonte: o autor.

Na questão 6 (FIGURA 19), percebe-se que houve um percentual de acertos na casa dos 30,30% (GRÁFICO 5), enquanto que quase 70% erraram o item. Pode-se denotar que a maioria dos estudantes desconhece os fenômenos de oxirredução. Nessa questão a influência de padrões de resposta nos itens não existe, pois os processos citados em cada alternativa são completamente diferentes e não tem termos em comum, o que explica que, diferente da questão 5, a questão 6 teve maior casualidade nos seus acertos na casa de 30,30 %. Ainda assim, não deve-se desprezar que parte dos alunos tenham algum conhecimento mesmo que superficial sobre fenômenos de oxirredução.

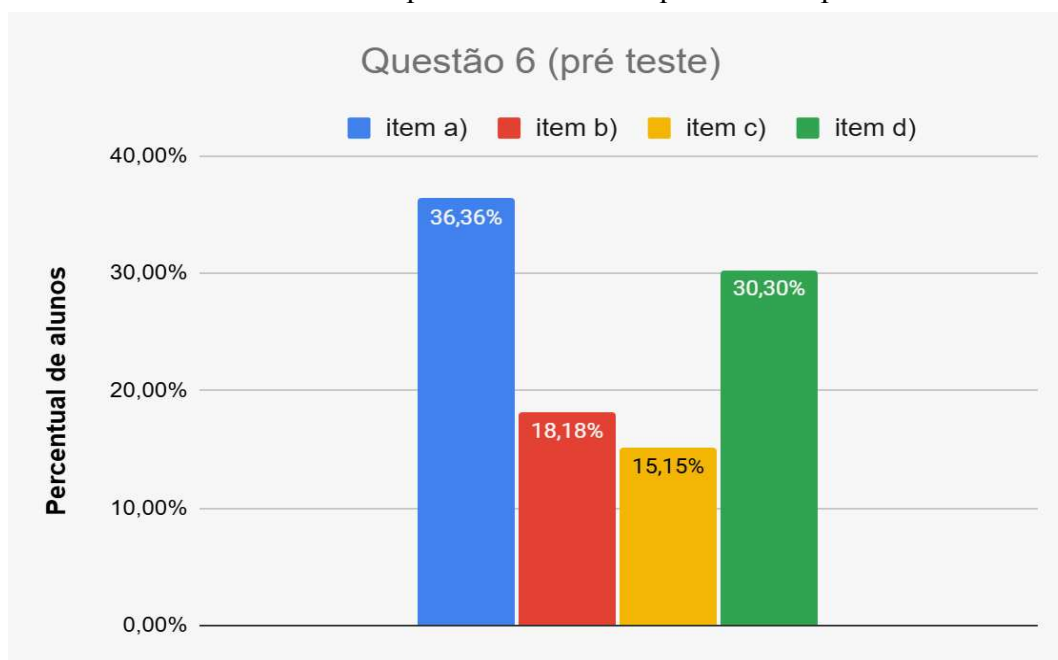
Figura 19 – Recorte questão 6 do pré-teste.

6) O ferro enferruja por consequência da formação de uma camada de óxido de ferro em sua superfície. Com relação a reação de oxirredução que envolve a formação da ferrugem, assinale a alternativa que você considera correta:

- a) Na reação com o oxigênio, o ferro é um agente oxidante e o oxigênio um agente redutor.
- b) Esse processo de formação da ferrugem é não espontâneo.
- c) Se o ferro não tivesse contato com o ar atmosférico, ainda assim ficaria enferrujada .
- d) Na reação com o oxigênio, o ferro perde elétrons.

Fonte: o autor.

Gráfico 5 – Percentual de respostas atribuídas à questão 6 do pré-teste.



Fonte: o autor.

Tratando-se agora da questão 7, os alunos eram perguntados: *Você entende bem ou razoavelmente o funcionamento e as reações de oxirredução de uma pilha comum, conhecida também como pilha de Leclanché?*. As respostas atribuídas a esse item subjetivo em sua maioria consistiam em *não sei*, *não entendo* ou *não faço ideia*, somente um aluno alegou entender razoavelmente e outro alegou entender pouco. Além disso, muitas respostas ficaram em branco. Com isso, pode-se inferir que o entendimento do funcionamento da pilha ácida é bem superficial para essas turmas, levando a perceber a necessidade de ter trabalhado o princípio de funcionamento desse dispositivo durante a abordagem experimental.

Na questão 8, os alunos eram perguntados: *Em sua opinião, existe algum impacto ambiental que pode ser causado pelo descarte de pilhas e baterias no lixo comum (sem coleta seletiva)? Cite algum impacto, se houver*. Nessa questão, boa parte das respostas alegaram não saber se causava ou não algum impacto. Entretanto, alguns estudantes associaram o descarte de pilhas a doenças e poluição, como se destaca em algumas respostas:

- *Se acabar caindo no mar, pode transformar em água tóxica*
- *Sim, mais lixo nas ruas causando poluição*
- *Propagação de doenças*
- *Sim, pois o processo é mais demorado e ele pode ser tóxico*

Percebe-se que o entendimento da toxicidade e da poluição causada por pilhas para alguns desses estudantes não é tão superficial. Provavelmente, essas turmas já estudaram anteriormente os impactos ambientais que pilhas e baterias podem causar, além da necessidade de manejar adequadamente esses resíduos.

5.2 Análise das respostas atribuídas ao questionário final (pós-teste)

Após toda a intervenção, que envolveu aulas teóricas e experimentos, um questionário final foi repassado e serviu como instrumento para coletar informações do quanto a proposta metodológica impactou no aprendizado do conteúdo. Diferente do questionário inicial, tratado no tópico anterior, as respostas apresentadas nas questões objetivas já foram bem satisfatórias e indicaram maior assimilação do campo teórico da eletroquímica.

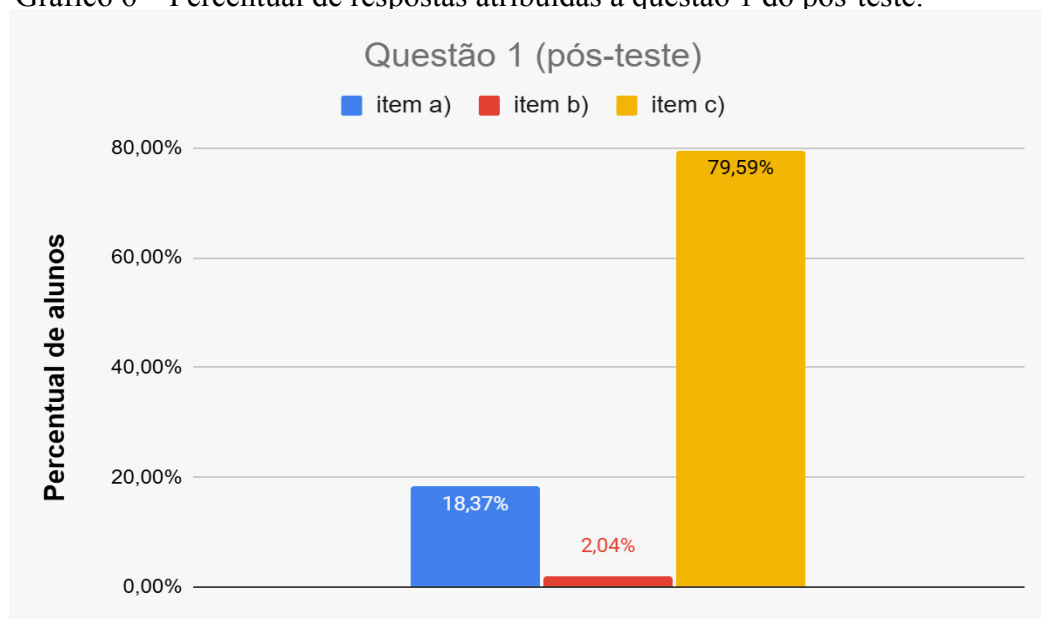
Tratando-se de início da questão 1 desse pós-teste (FIGURA 20), constatou-se que cerca de 79,59% dos alunos (GRÁFICO 6) acertaram a questão, marcando o *item c*, o que demonstra que o entendimento do conceito de eletroquímica foi consolidado com eficácia, se comparado com as respostas dadas na questão 1 do pré-teste, em que nenhum aluno marcou que conhecia e sabia explicar algum processo.

Figura 20 – Recorte questão 1 do pós-teste.

- 1) Acerca do ramo de estudo da eletroquímica, assinale a alternativa correta:
- a) A eletroquímica estuda os processos de conversão da energia térmica em energia química.
 - b) A eletroquímica estuda os processos de conversão da energia cinética em energia mecânica.
 - c) A eletroquímica estuda os processos de conversão entre a energia química e a energia elétrica e vice-versa.

Fonte: o autor.

Gráfico 6 – Percentual de respostas atribuídas à questão 1 do pós-teste.



Fonte: o autor.

Na questão 2 do pós-teste (FIGURA 21) , percebeu-se que houve também um percentual considerável de 72% dos alunos que acertaram (GRÁFICO 7), marcando o *item c*, indicando também que a abordagem adotada permitiu maior assimilação desses conceitos que envolvem as reações de oxirredução.

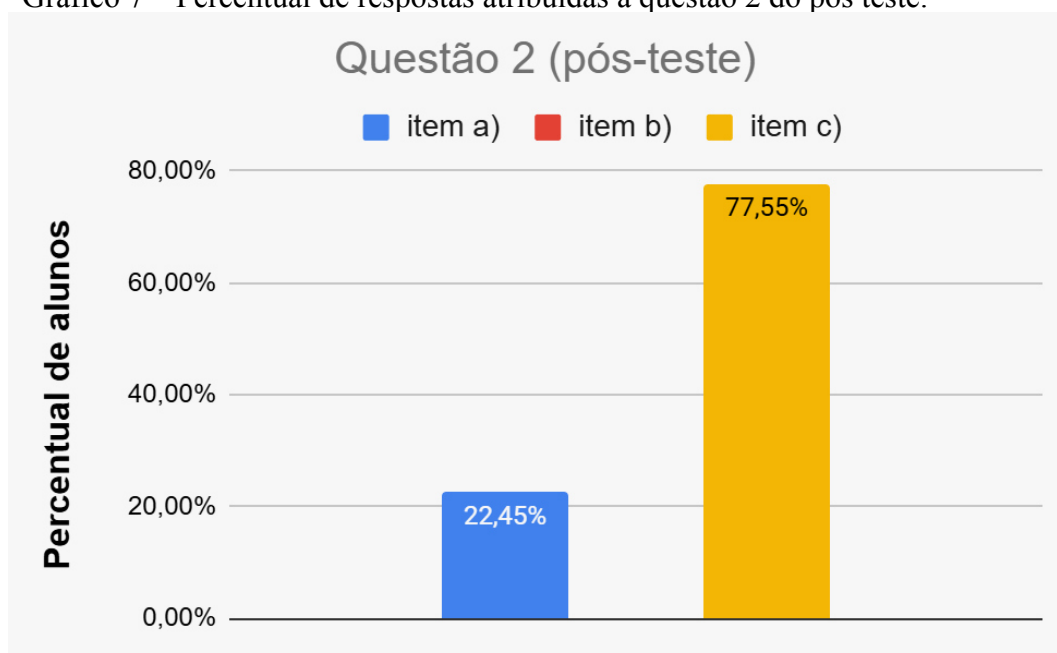
Figura 21 – Recorte questão 2 do pós-teste.

2) As reações de oxirredução regem o funcionamento de uma pilha. Nesse dispositivo, a energia química é convertida em energia elétrica, mas para isso um de seus componentes (chapas metálicas) deve sofrer oxidação e o outro participar da redução. Acerca da oxidação e da redução, assinale a alternativa correta:

- a) Oxidação é a perda de prótons e redução é o ganho de prótons pelas espécies químicas.
- b) Oxidação é a perda de calor e redução é o ganho de calor pelas espécies químicas.
- c) Oxidação é a perda de elétrons e redução é o ganho de elétrons pelas espécies químicas.

Fonte: o autor.

Gráfico 7 – Percentual de respostas atribuídas à questão 2 do pós teste.



Fonte: o autor.

Se comparado ao pré-teste, percebe-se que esse resultado é bastante impactante, pois na análise da questão 3 desse documento (APÊNDICE A), que era uma questão teórica e subjetiva, onde os alunos eram perguntados sobre o que eles entendiam por reações de oxirredução, nenhum respondeu em que consistiam essas reações e boa parte das respostas eram *não sei* ou faziam alusão a reações que envolviam oxigênio, mas sem serem de oxirredução, talvez pela similaridade do

conceito com a palavra oxigênio. Essa questão 2 do pós-teste, puramente teórica e específica, com esse percentual elevado de acertos, comprova cabalmente que os alunos estão no caminho certo no entendimento da teoria trabalhada na intervenção.

Analizando agora a questão 3 (FIGURA 22), evidenciou-se que 92,00% (GRÁFICO 8) dos estudantes responderam corretamente, marcando *item d*. Esse resultado, sem dúvida, foi o mais desafiador de adquirir, visto que esses conceitos de reações redox são complexos e demandam de um cuidado maior na hora de abordá-los. Entretanto, como foram abordados durante a experimentação, ficaram mais elucidados.

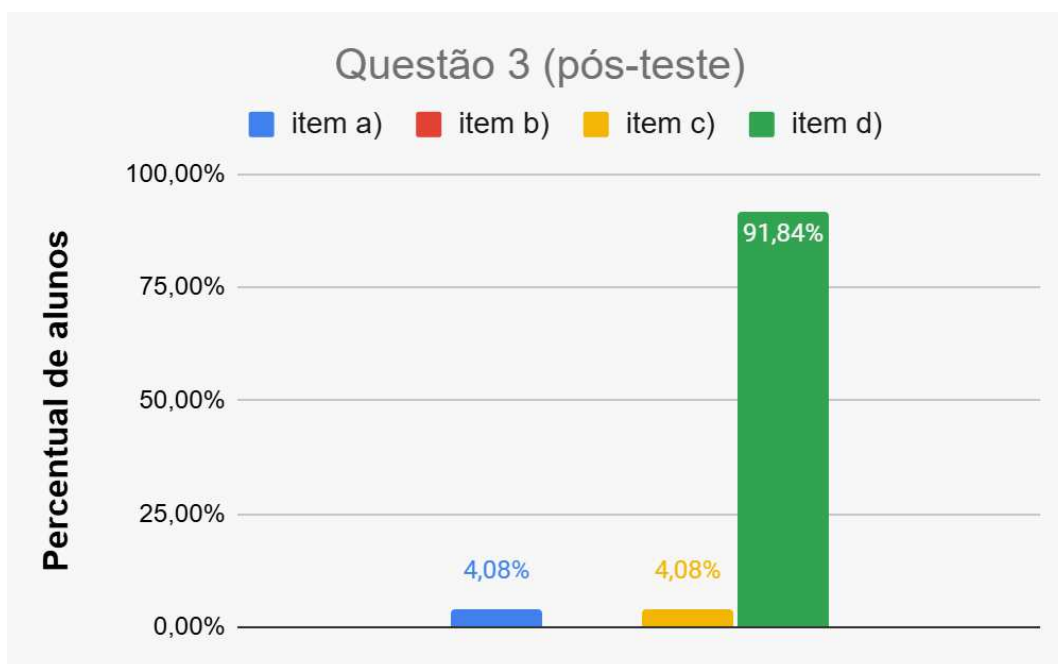
Figura 22 – Recorte questão 3 do pós-teste.

3) Acerca dos *potenciais de redução* dos eletrodos (chapas metálicas) das pilhas construídas em sala e laboratório, assinale a alternativa correta:

- a) É uma medida da capacidade de receber calor por uma espécie química.
- b) É uma medida da capacidade de ganhar massa por uma espécie química.
- c) É uma medida da capacidade de receber nêutrons por uma espécie química.
- d) É uma medida da capacidade de ganhar elétrons por uma espécie química.

Fonte: o autor.

Gráfico 8 – Percentual de respostas atribuídas à questão 3 do pós-teste.



Fonte: o autor.

Como se pode observar, o enunciado da questão 3 evocou conceitos que foram trabalhados na abordagem experimental, ou seja, os alunos já estavam familiarizados com o termo *potencial de redução*, pois durante tanto a aula teórica como experimental, eles puderam perceber a influência que essa grandeza física tinha na tensão das pilhas eletroquímicas trabalhadas.

Com base na análise dos 3 itens objetivos do pós-teste, percebeu-se que a metodologia abordada promoveu uma assimilação considerável no conteúdo elementar, o que para uma breve intervenção é bastante satisfatório. Além disso, verificou-se que a valorização dos experimentos e o suporte das aulas teóricas com experimentações simples favoreceu muito a construção de um entendimento mais sólido e contextual do conteúdo.

5.2.1 Questões de percepção dos estudantes acerca da metodologia

Visando compreender melhor a percepção que os estudantes tiveram acerca da metodologia aplicada, constavam no questionário final, a partir do item 4, um conjunto de questões objetivas e subjetivas. O intuito era avaliar a aceitação da metodologia e a assimilação do campo teórico, na perspectiva dos alunos.

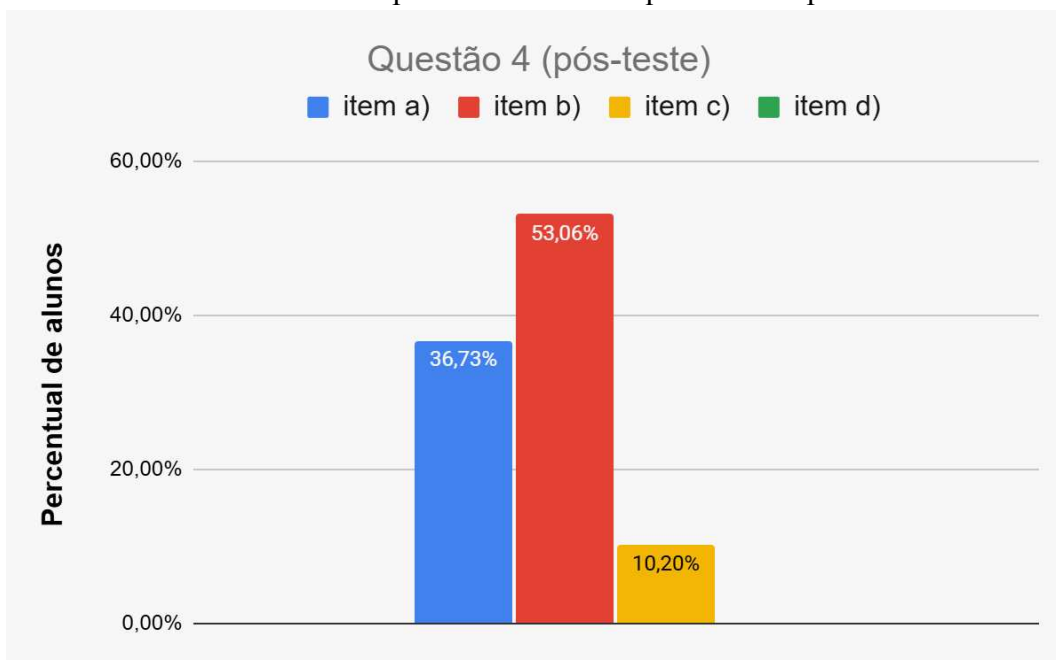
Analisando a questão 4 do pós teste (FIGURA 23), onde o público-alvo era convidado a avaliar o seu conhecimento em eletroquímica, somente cerca de 36,73 % considerou *muito melhor* e cerca de 53,06 % considerava *bom, mas ainda tinha dúvidas* (GRÁFICO 9). Essas duas alternativas, somadas, correspondem a quase 90 % dos estudantes concordando que adquiriram algum conhecimento em eletroquímica, sendo ele profundo ou superficial. Somente 10% considerou não ter mudado muito, haja vista que são possíveis faltosos das aulas teóricas, portanto não experienciaram toda a intervenção deste estudo.

Figura 23 – Recorte questão 4 pós-teste.

- 4) Após todo o conteúdo trabalhado até aqui, como você avalia seu conhecimento em eletroquímica?
- a) Muito melhor, compreendi bem.
 - b) Bom, mas ainda tenho dúvidas.
 - c) Não mudou muito.
 - d) Não entendi absolutamente nada.

Fonte: o autor.

Gráfico 9 – Percentual de respostas atribuídas à questão 4 do pós teste.



Fonte: o autor.

Apesar desse método de abordagem do conteúdo, envolvendo experimentação e a contextualização do ensino, alguns alunos ainda apresentam resistência, pois esse ramo da química é complexo e demanda de determinado esforço para ser assimilado, o que para uma intervenção que utilizou poucas aulas não é possível para todos. Mas ainda assim, considerando o considerável desconhecimento da eletroquímica pela maior parte dos educandos, a metodologia foi muito eficaz, pois teve considerável aceitação.

Na questão 5 (FIGURA 24), foram consultados quanto à eficácia dos experimentos. Constatou-se que cerca de 85,71% deles acharam excelente e que os experimentos ajudaram a entender o conteúdo teórico (item a), enquanto que 14,29 % acharam bons, mas que aprenderiam sem o uso de experimentos com a mesma qualidade (item b), como demonstrado no gráfico 10.

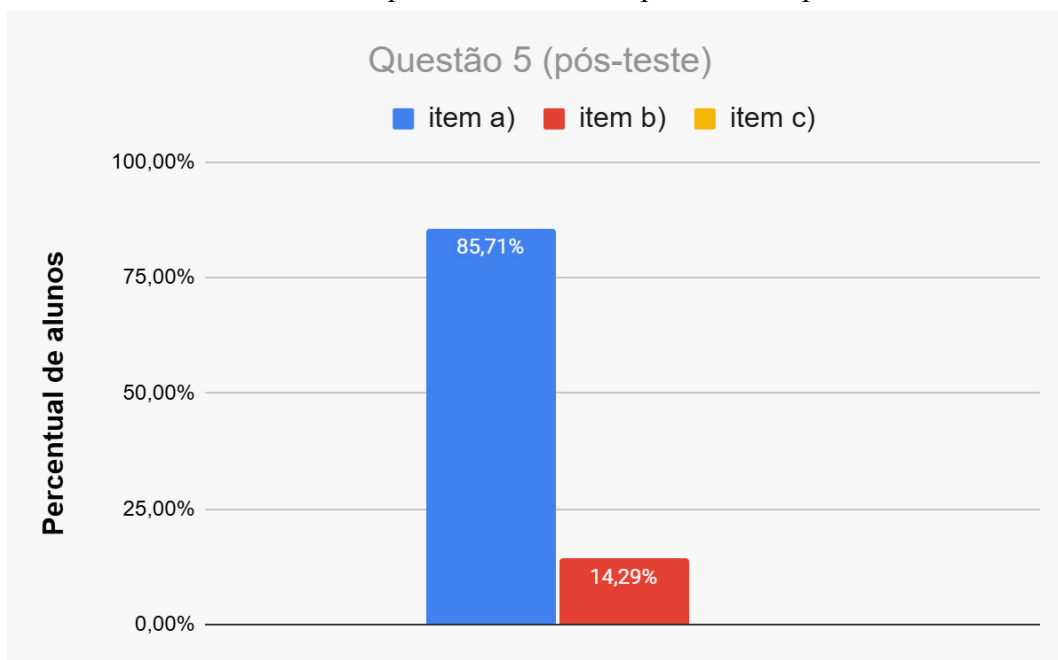
Figura 24 – Recorte questão 5 do pós-teste.

5) Como você avalia a eficácia dos experimentos realizados no decorrer deste trabalho:

- a) Excelente, os experimentos ajudaram bastante a entender o conteúdo trabalhado.
- b) Bons, mas acho que aprenderia sem experimentos da mesma forma e com a mesma qualidade.
- c) Ineficaz, pois os experimentos não condizem com a teoria trabalhada na aula.

Fonte: o autor.

Gráfico 10 – Percentual de respostas atribuídas à questão 5 do pós-teste.



Fonte: o autor.

O percentual de 14,29% de alunos que alegaram que aprenderiam da mesma forma sem o auxílio de experimentos é natural, pois acredita-se que dentre estes haja alunos faltosos que não participaram de toda a metodologia e também os que não se identificaram com o conteúdo trabalhado, visto que é um campo teórico complexo. Apesar desse percentual, a maioria esmagadora ainda assim teve considerável aceitação, alegando que os experimentos foram excelentes e ajudaram a compreender o conteúdo teórico.

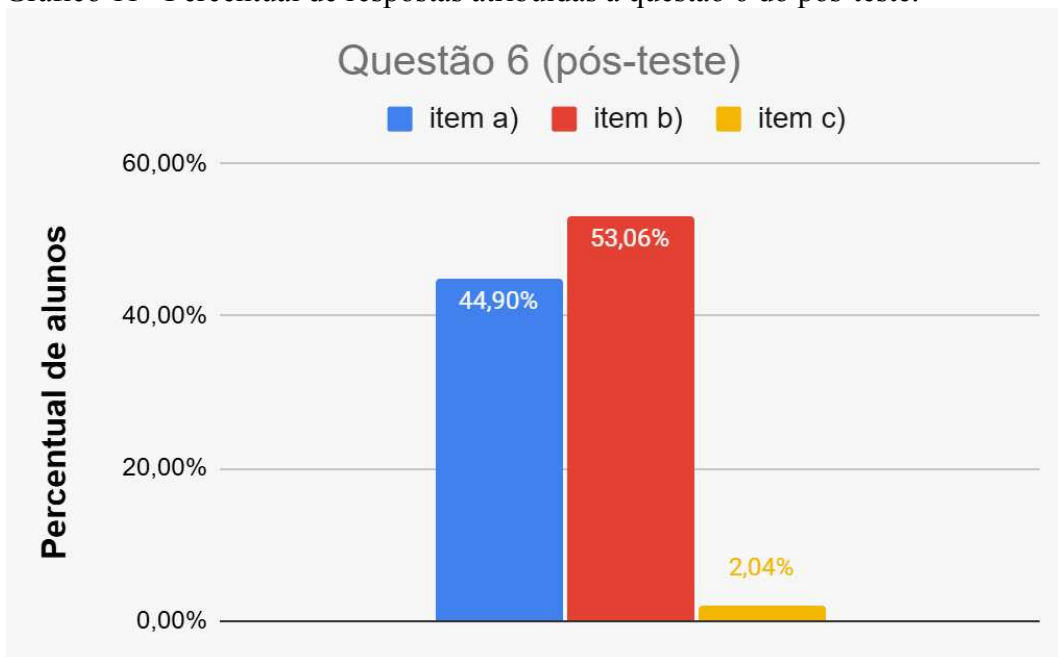
Já na questão 6 (FIGURA 25), quando avaliaram o grau de motivação para aprender eletroquímica através dessa metodologia, cerca de 44,90 % dos alunos sentiram-se bastante motivados e 53,06 % um pouco mais motivados(GRÁFICO 11). Somente 2,04 % dos estudantes preferiram a aula tradicional, o que já é comum onde a pesquisa foi realizada.

Figura 25 – Recorte da questão 6 do pós-teste.

- 6) Você se sentiu mais motivado para aprender eletroquímica com esse tipo de abordagem com a aula teórica e os experimentos?
- a) Sim, me senti bastante motivado a aprender eletroquímica com esse método.
 - b) Um pouco mais motivado a aprender eletroquímica com esse método.
 - c) Não, prefiro a abordagem tradicional (só aula teórica).

Fonte: o autor.

Gráfico 11– Percentual de respostas atribuídas à questão 6 do pós-teste.



Fonte: o autor.

Pela análise das questões 4, 5 e 6 do questionário de percepção, percebe-se que essa proposta foi extremamente impactante, se considerar que estas turmas ainda não detinham conhecimento básicos dessa área. Apesar de dúvidas que ficaram, dificuldades de assimilação para alguns e a complexidade do conteúdo, as turmas se sentiram bastante motivadas e aptas a desenvolverem um conhecimento mais completo acerca das pilhas eletroquímicas.

Na questão 7, as turmas foram perguntadas sobre qual experimento mais gostaram. A maioria esmagadora demonstrou bastante apreço pela pilha voltaica, devido ser um conteúdo novo e uma experimentação inédita, naquele contexto. Pode-se perceber isso com os seguintes comentários dos alunos:

- *Gostei mais da parte da construção da primeira pilha*
- *Gostei do experimento pilha de Volta*
- *A das chapas metálicas, por ser a parte prática*
- *Pilha de Volta porque é muito interessante como ela funciona*

Na mesma questão, uma parte considerável das turmas demonstrou bastante apreço pela pilha de Daniell de laranjas, isso porque acharam curioso como uma laranja poderia ser utilizada como meio eletrolítico para o experimento. Podemos observar nos seguintes comentários dos alunos:

- *Experimentos com a laranja. Porque foi uma coisa muito surpreendente*
- *Gostei mais da parte que a laranja foi a solução, porque é bem curioso uma laranja se transformar em energia*

Outras respostas fizeram alusão ao uso do multímetro, e a ligação dos dispositivos eletrônicos com a pilha de Volta, mas foi uma quantidade diminuta dos participantes do estudo.

Pode-se ,portanto, afirmar que os experimentos cativaram profundamente a quem deles participou, e que essa forma de abordar a disciplina de química, em especial esses ramos mais difíceis e arraigados de conceitos e teorias, foi significativamente potencializadora do aprendizado. Além do mais, todos esses métodos favoreceram o envolvimento dos estudantes para a compreensão do campo teórico, à medida que estes praticavam a experimentação.

Finalmente , na questão 8 buscou-se saber se os alunos ficaram mais esclarecidos dos impactos ambientais que as pilhas causam e da necessidade da destinação adequada destes dispositivos (FIGURA 26) . Constatou-se que cerca de 69% dos estudantes compreenderam melhor que pilhas não deveriam ser descartadas em lixo comum (item a), enquanto que 31% sentiram-se razoavelmente esclarecidos acerca dos impactos ambientais e da necessidade de manejo adequado desses componentes (item b), como demonstrado no gráfico 12.

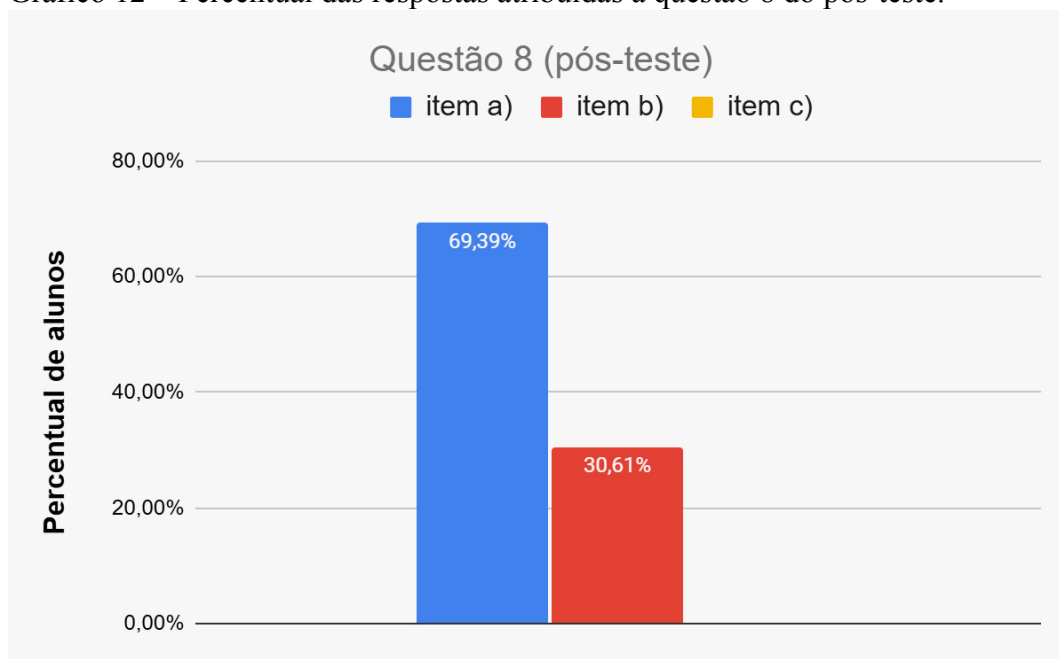
Figura 26 – Recorte da questão 8 do pós-teste.

8) Você se sentiu mais esclarecido acerca dos impactos ambientais e a necessidade da destinação adequada das pilhas comerciais?

- a) **Sim, compreendi melhor que pilhas não devem ser descartadas no lixo comum, pois causam danos ao meio ambiente.**
- b) **Razoavelmente, pois eu já tinha conhecimento dos impactos ambientais e da necessidade de descartar as pilhas adequadamente.**
- c) **Não, não há importância em dar um destino adequado para as pilhas.**

Fonte: o autor.

Gráfico 12 – Percentual das respostas atribuídas à questão 8 do pós-teste.



Fonte: o autor.

Comparando com a questão 7 do pré-teste, essa abordagem envolvendo o manejo adequado de pilhas demonstrou-se bastante pertinente, pois boa parte dos alunos alegaram não saber anteriormente os impactos ambientais que as pilhas eletroquímicas causavam. Alguns deles até sabiam superficialmente que algum dano era causado, mas não sabiam as corretas maneiras de descarte. Portanto, atrelar o conteúdo de eletroquímica com os impactos ambientais e a construção das pilhas contribuiu para uma abordagem interdisciplinar entre Biologia, Química e Física.

6 CONCLUSÃO

O uso de experimentos de pilhas eletroquímicas de baixo custo como facilitador do ensino do campo teórico deste ramo no ensino regular demonstrou-se bastante eficaz, produzindo bons resultados. As atividades experimentais contribuíram para o maior engajamento dos estudantes ao conteúdo e favoreceram profundamente o aprendizado elementar dos conceitos teóricos desse ramo da química, que costuma ser complexo e pouco prático no ensino médio.

Inicialmente, com a primeira intervenção teórica, os discentes ainda estavam um pouco deslocados quanto à complexidade do assunto, mas tiveram uma mudança de perspectiva quando passaram a ver empiricamente a teoria se materializando e mostrando-se verdadeira. Com o experimento da pilha de limão, realizado na aula teórica, os estudantes passaram a ver o quão promissor seria a abordagem daquele assunto, portanto, sem pestanejar, participaram com afinco de toda a intervenção pedagógica.

Além disso, com a intervenção experimental, percebeu-se o maravilhamento dos alunos acerca da perspectiva metodológica adotada no ensino de química. Eles se sentiram profundamente valorizados quando foram confiados para fazer todos os procedimentos experimentais, munidos de materiais que são comuns em seu cotidiano. Além disso, relataram profundo entusiasmo por experimentos e metodologias novas no ensino desta ciência.

Com análise estatística feita, percebeu-se que o trabalho teve um impacto considerável para o público-alvo e que contribuiu positivamente para a formação humana das turmas, garantindo melhor compreensão dos dispositivos eletroquímicos presentes no cotidiano e dando as bases para o entendimento da parte mais complexa da eletroquímica. Além disso, os dados corroboram que qualquer um está apto a fazer e pensar ciência, independente dos materiais que dispõe e da conjuntura social em que vive.

Conclui-se que, em um contexto de ensino básico carente de muitos recursos para práticas experimentais, é de fundamental valor a busca por alternativas para o ensino não só de eletroquímica, mas da química no geral. Por isso, é de extrema importância a integração entre a teoria e o experimento, mesmo que estes sejam feitos com materiais mais simples e alternativos. Por fim, percebe-se o quão impactante é o uso de experimentos que alicerçam o entendimento da teoria ministrada em sala de aula e que são necessárias mais propostas dessa natureza para dinamizar e potencializar o ensino de química.

REFERÊNCIAS

- APROVATOTAL. Ânodo e cátodo nas pilhas ou células eletroquímicas. Disponível em: <https://aprovatotal.com.br/anodo-catodo/>. Acesso em: 9 jun. 2025.
- ATKINS, P.; JONES, L. Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- AUSUBEL, David P. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Paralelo Editora, 2003.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018.
- CABALLERO, María T. et al. Medidas de resistencias, voltajes y corrientes: multímetro. Alicante: Universidad de Alicante, Departamento de Óptica, Farmacología y Anatomía, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10045/16564>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- CORREIA, Denys Bezerra et al. As manifestações da Corrente Positivista na Educação Científica. Research, Society and Development, v. 10, n. 2, e42610212708, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/12708/11436/167498>. Acesso em: 05 jun. 2025.
- CHANG, R. e GOLDSBY, K. A. Química. 11ª ed. Porto Alegre: Amgh, 2013.
- DE LIMA, Jozária de Fátima Lemos et al. A contextualização no ensino de cinética química. Revista Química Nova na Escola, n. 10, p. 26-29, 2000. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc11/v11a06.pdf?agreq=contextualiza%C3%A7%C3%A3o%20cin%C3%A9tica&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq>. Acessado em: 26 dez. 2024.
- DE LIMA SANTOS, Francisca Alana et al. Contextualização da aprendizagem: perspectivas de uma metodologia ativa. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 7, p. 43392–43402, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n7-089. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/12657>. Acesso em: 28 dez. 2024.
- FIORI, G.; BERTOLDO, R. R. Contextualizando o ensino de Química por meio das atividades experimentais. Cascavel-PR, v. 1, p. 1-17, 2013. Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2013/2013_unioeste_qui_artigo_giovana_fiori.pdf. Acesso em: 28 dez. 2024.
- FISICANDO. *A primeira pilha elétrica*. 2016. Disponível em: <https://fisicando3001.blogspot.com/2016/05/appe.html>. Acesso em: 1 jul. 2025
- FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. "Pilha Seca de Leclanché"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/pilha-seca-leclanche.htm> . Acesso em 21 de julho de 2025.

FURNAT, Jean Pierre. Daniell cell. Physics-Chemistry Interactive Flash Animation. Disponível em: https://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/chemistry_interactive/daniell_cell_flash.htm. Acesso em: 16 jun. 2025.

GERMANO, Marcelo Gomes; DE LIMA, Isabelle Priscila Carneiro; DA SILVA, Ana Paula Bispo. Pilha voltaica: entre rãs, acasos e necessidades. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, [S. l.], v. 29, n. 1, p. 145–155, 2012. DOI: 10.5007/2175-7941.2012v29n1p145. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29n1p145>. Acesso em: 7 fev. 2025.

HARRIS, Daniel C. Análise Química Quantitativa. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HIOKA, N.; SANTIN FILHO, O.; MENEZES, A.J.; YONEHARA, F.S.; BERGAMASKI, K.; PEREIRA, R.V. Pilhas de Cu/Mg construídas com materiais de fácil obtenção. Química Nova na Escola, n. 11, p. 40-44, 2000. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc11/v11a09.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2025.

JOHNSTONE, A. H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. Journal of Computer Assisted Learning, v. 7, n. 2, p. 75-83, 1991.

OLIVEIRA, J. R. S. A perspectiva sócio-histórica de Vygotsky e suas relações com a prática da experimentação no ensino de Química. Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v. 3, n. 3, p. 25-45, 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/38134/29083>. Acesso em: 30 dez. 2024.

PILLA, L. Físico-Química vol. 2, LTC Editora, Rio de Janeiro-RJ, Brasil, 1980.

RODRIGUES, Francisco Idelbrando Lima. O experimento de baixo custo como recurso didático no ensino de reações químicas e de ácidos e bases no 9º ano do ensino fundamental: um estudo de caso. 2024. 155 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024.

SANTOS, Lucélia Rodrigues dos; MENEZES, Jorge Almeida de. A experimentação no ensino de Química: principais abordagens, problemas e desafios. PESQUIS-EDUCA – Revista Eletrônica de Educação, Santos, v. 12, n. 25, p. 1–16, jan./abr. 2020. Disponível em: <https://periodicos.unisantos.br/pesquiseduca/article/view/940/pdf>. Acesso em: 4 jul. 2025.

SANTOS, P. R. S. O uso de experimentos de baixo custo como instrumento para o ensino de física no ensino básico. 101 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

SANTOS, Murilo Rodrigues dos; BARROSO, Maria Cleide da Silva; HOLANDA, Francisca Helena de Oliveira; SAMPAIO, Caroline de Goes. História da Química: um estudo teórico sobre a pilha de Alessandro Volta. Research, Society and Development, [S. l.], v. 9, n. 5, p. e195953409, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i5.3409>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/3409/4701/26075>. Acesso em: 5 jun. 2025.

SANTOS, T. N. P.; BATISTA, C. H.; OLIVEIRA, A. P. C.; CRUZ, M. C. P. Aprendizagem ativo-colaborativo-interativa: inter-relações e experimentação investigativa no ensino de eletroquímica. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 40, n. 4, p. 258–266, nov. 2018. Disponível em: <https://www.revistas.unam.mx/index.php/req/article/download/84696/76143?inline=1>. Acesso em: 9 jun. 2025.

SILVA, A. M. S.; JARDIM, W. F. A importância da experimentação no ensino de química: a produção de pilhas eletroquímicas em sala de aula. *Química Nova na Escola*, n. 11, p. 33–36, maio 2000. Disponível em: <https://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc11/v11a08.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2025.

SILVA, F. H. S. Sequência didática de eletrodinâmica utilizando leds em circuitos elétricos simples. 2021. 95 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

SILVA, João da. Estudo sobre a química orgânica. *Química Nova*, v. 40, n. 4, p. 72–80, 2017. Disponível em: https://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc40_4/04-EA-72-17.pdf. Acesso em: 5 jun. 2025.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. Fundamentos de Química Analítica. Tradução da 8ª edição norte-americana. 8. ed. São Paulo: Thomson Learning, 2004.

SÓ QUÍMICA. Força eletromotriz, potencial de redução e de oxidação. *Virtuous Tecnologia da Informação*, 2008-2025. Disponível em: <http://www.soquimica.com.br/conteudos/em/eletroquimica/p3.php>. Acesso em: 16 jun. 2025.

SOUSA, Gabrielly Galdino de; ALMEIDA, Matheus Pereira de; SALES, Luciano Leal de Moraes. Utilização de uma pilha de limão como ferramenta didática: uma abordagem experimental para a diminuição da abstração dos conceitos eletroquímicos. I Congresso Nacional de Ciência e Tecnologia em uma Perspectiva Interdisciplinar - Cajazeiras-PB, 2024. Disponível em: <https://doity.com.br/anais/congresso-nacional-de-ciencia-e-tecnologia-em-uma-perspectiva-interdisciplinar/trabalho/354851>. Acesso em: 09/06/2025 às 22:11.

SOUZA, Roberto Wanderley de. Uma sequência didática para o uso do multímetro como uma ferramenta na aprendizagem de medidas elétricas no ensino médio. 2020. 154 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/4769>. Acesso em: 10 jun. 2025.

SANJUAN, Maria Eugênia Cavalcante et al. Maresia: Uma Proposta para o Ensino de Eletroquímica. *Revista Química Nova na Escola*, vol 31, n 3, p 190-196. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_3/07-RSA-2008.pdf. Acesso em: 26 dez. 2024.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Instituto de Física. Pilhas e acumuladores – texto. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: https://efisica2.if.usp.br/pluginfile.php/5410/mod_resource/content/0/pilhas_e_acumuladores%20-%20texto.pdf. Acesso em: 5 jun. 2025.

VILLULLAS, Hebe Mercedes; TICIANELLI, Edson Antonio; GONZALEZ, Ernesto Rafael. Células a combustível: energia limpa a partir de fontes renováveis. Química Nova na Escola, n. 15, p. 28-34, 2002. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc15/v15a06.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2025.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO INICIAL APLICADO NO INÍCIO DA INTERVENÇÃO

QUESTIONÁRIO INICIAL

OBSERVAÇÃO: o intuito deste questionário é somente avaliar o seu nível de conhecimento acerca do conteúdo de eletroquímica. É de extrema importância que as respostas sejam atribuídas de acordo com seu conhecimento, sem o auxílio de ferramentas de pesquisa. Esse questionário fará parte de uma pesquisa científica, que envolverá experimentação no ensino de eletroquímica. Responda com consciência!

Somente o primeiro nome:

Turma:

1) Você já ouviu falar sobre a eletroquímica?

- a) Sim, sei o que estuda essa área da química e entendo alguns processos.
- b) Sim, mas não sei explicar nenhum processo que envolva a eletroquímica.
- c) Não, nunca vi nada relacionado a eletroquímica.

2) Das afirmações abaixo, assinale a alternativa que você considera correta com relação a eletroquímica:

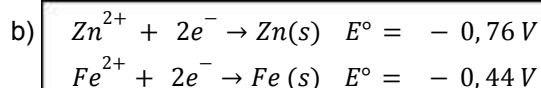
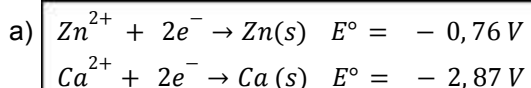
- a) A eletroquímica é regida por reações que envolvem transferência de calor entre os reagentes em uma reação química.
- b) A eletroquímica é regida por reações que envolvem compartilhamento de elétrons entre os reagentes de uma reação química.
- c) A eletroquímica é regida por reações que envolvem transferência de elétrons entre os reagentes de uma reação química.

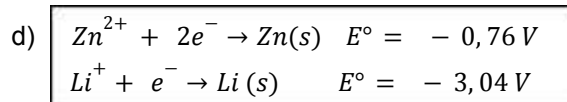
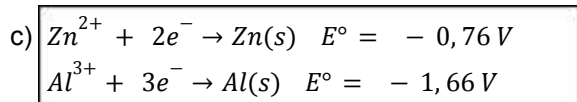
3) A eletroquímica trata dos fenômenos conhecidos como reações de oxirredução. O que você entende por essas reações e como se processam?

4) O exemplo mais emblemático das reações de oxirredução é o que acontece nas pilhas e baterias. Em relação às pilhas, assinale a alternativa que você considera correta:

- a) É um dispositivo que armazena energia elétrica, em que os elétrons armazenados podem ser utilizados para ligar aparelhos eletrônicos.
- b) É um dispositivo que armazena cargas carregadas positivamente e com elas promove o funcionamento de eletrônicos.
- c) É um dispositivo que armazena energia química e a converte em energia elétrica.
- d) É um dispositivo que não armazena nem cargas, nem energia química, nem energia elétrica, mas que promove o funcionamento de eletrônicos.

5) Uma pilha eletroquímica é formada quando dois metais com diferentes potenciais de redução são postos para reagirem em um meio eletrolítico. Nos sistemas eletroquímicos abaixo, em qual deles o zinco atua sendo o ânodo de uma pilha eletroquímica :





6) O ferro enferruja por consequência da formação de uma camada de óxido de ferro em sua superfície. Com relação a reação de oxirredução que envolve a formação da ferrugem, assinale a alternativa que você considera correta:

- a) Na reação com o oxigênio, o ferro é um agente oxidante e o oxigênio um agente redutor.
- b) Esse processo de formação da ferrugem é não espontâneo.
- c) Se o ferro não tivesse contato com o ar atmosférico, ainda assim ficaria enferrujada .
- d) Na reação com o oxigênio, o ferro perde elétrons.

7) Você entende bem ou razoavelmente o funcionamento e as reações de oxirredução de uma pilha comum, conhecida também como pilha de Leclanché?

8) Em sua opinião, existe algum impacto ambiental que pode ser causado pelo descarte de pilhas e baterias no lixo comum (sem coleta seletiva)? Cite algum impacto, se houver.

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO FINAL APLICADO APÓS A INTERVENÇÃO

QUESTIONÁRIO FINAL

Este questionário tem por objetivo avaliar o nível de assimilação do conteúdo de eletroquímica trabalhado até aqui. É de suma importância que as respostas dadas estejam de acordo com o que foi aprendido tanto em sala como em laboratório. Responda com consciência!

Somente o primeiro nome:

Turma:

1) Acerca do ramo de estudo da eletroquímica, assinale a alternativa correta:

- a) A eletroquímica estuda os processos de conversão da energia térmica em energia química.
- b) A eletroquímica estuda os processos de conversão da energia cinética em energia mecânica.
- c) A eletroquímica estuda os processos de conversão entre a energia química e a energia elétrica e vice-versa.

2) As reações de oxirredução regem o funcionamento de uma pilha. Nesse dispositivo, a energia química é convertida em energia elétrica, mas para isso um de seus componentes (chapas metálicas) deve sofrer oxidação e o outro participar da redução. Acerca da oxidação e da redução, assinale a alternativa correta:

- a) Oxidação é a perda de prótons e redução é o ganho de prótons pelas espécies químicas.
- b) Oxidação é a perda de calor e redução é o ganho de calor pelas espécies químicas.
- c) Oxidação é a perda de elétrons e redução é o ganho de elétrons pelas espécies químicas.

3) Acerca dos *potenciais de redução* dos eletrodos (chapas metálicas) das pilhas construídas em sala e laboratório, assinale a alternativa correta:

- a) É uma medida da capacidade de receber calor por uma espécie química.
- b) É uma medida da capacidade de ganhar massa por uma espécie química.
- c) É uma medida da capacidade de receber nêutrons por uma espécie química.
- d) É uma medida da capacidade de ganhar elétrons por uma espécie química.

4) Após todo o conteúdo trabalhado até aqui, como você avalia seu conhecimento em eletroquímica?

- a) Muito melhor, compreendi bem.
- b) Bom, mas ainda tenho dúvidas.
- c) Não mudou muito.
- d) Não entendi absolutamente nada.

5) Como você avalia a eficácia dos experimentos realizados no decorrer deste trabalho:

- a) Excelente, os experimentos ajudaram bastante a entender o conteúdo trabalhado.
- b) Bons, mas acho que aprenderia sem experimentos da mesma forma e com a mesma qualidade.
- c) Ineficaz, pois os experimentos não condizem com a teoria trabalhada na aula.

6) Você se sentiu mais motivado para aprender eletroquímica com esse tipo de abordagem com a aula teórica e os experimentos?

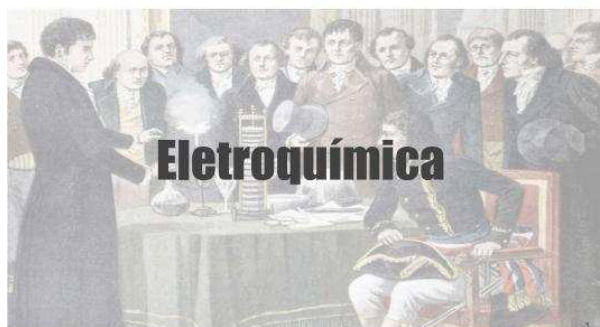
- a) Sim, me senti bastante motivado a aprender eletroquímica com esse método.
- b) Um pouco mais motivado a aprender eletroquímica com esse método.
- c) Não, prefiro a abordagem tradicional (só aula teórica).

7) De todos os experimentos trabalhados até aqui, qual você mais gostou? Por quê?

8) Você se sentiu mais esclarecido acerca dos impactos ambientais e a necessidade da destinação adequada das pilhas comerciais?

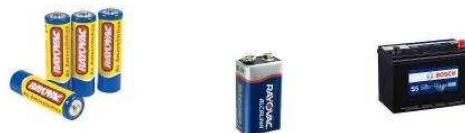
- a) Sim, compreendi melhor que pilhas não devem ser descartadas no lixo comum, pois causam danos ao meio ambiente.
- b) Razoavelmente, pois eu já tinha conhecimento dos impactos ambientais e da necessidade de descartar as pilhas adequadamente.
- c) Não, não há importância em dar um destino adequado para as pilhas.

APÊNDICE C -- SLIDES SUPORTE DAS AULAS TEÓRICAS



Processos espontâneos

- Convertem energia química em energia elétrica



2

Processo não espontâneo

- Converte energia elétrica em energia química (eletrolise)



3

Reações de oxirredução



4

Reações de oxirredução

Formação da ferrugem



5

Reações de oxirredução

Combustão da palha de aço



6

Pilhas

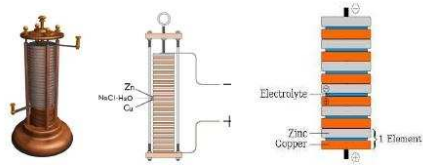
"Se a vida te der limões, pegue um pedaço de cobre e um de zinco, dois fios e faça uma pilha"



7

Pilhas

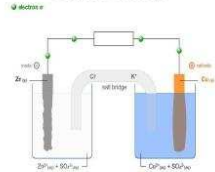
Pilha de Alessandro Volta



8

Pilhas eletroquímicas

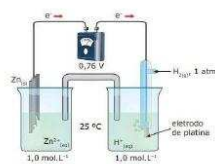
Pilha de Daniell



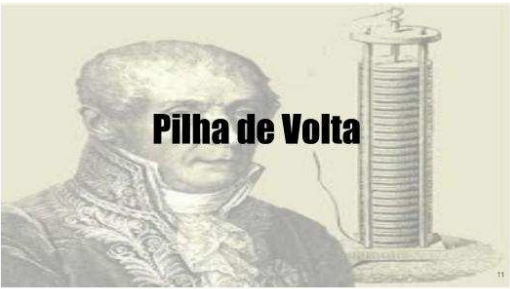
9

Eletrodo padrão de hidrogênio (EPH)

Potenciais de redução (E° em V)	Potenciais de redução (E° em V)
Li ⁺ + e ⁻ → Li	-3.04
K ⁺ + e ⁻ → K	-2.93
Ca ²⁺ + 2e ⁻ → Ca	-2.87
Na ⁺ + e ⁻ → Na	-2.71
Mg ²⁺ + 2e ⁻ → Mg	-2.36
Al ³⁺ + 3e ⁻ → Al	-1.66
Zn ²⁺ + 2e ⁻ → Zn	-0.76
Fe ²⁺ + 2e ⁻ → Fe	-0.44
Cd ²⁺ + 2e ⁻ → Cd	-0.40
Ni ²⁺ + 2e ⁻ → Ni	-0.25
Sn ²⁺ + 2e ⁻ → Sn	-0.14
Pb ²⁺ + 2e ⁻ → Pb	-0.13
H ⁺ + e ⁻ → H ₂	0.00
Cu ²⁺ + 2e ⁻ → Cu	+0.34
Ag ⁺ + e ⁻ → Ag	+0.80
Hg ²⁺ + 2e ⁻ → Hg	+0.85
Br ₂ + 2e ⁻ → 2Br ⁻	+1.07
Cl ₂ + 2e ⁻ → 2Cl ⁻	+1.36
O ₂ + 4e ⁻ → 2O ²⁻	+1.23
F ₂ + 2e ⁻ → 2F ⁻	+2.87



10



11

Procedimento experimental

- Objetivo:
Verificar empiricamente o processo de transferência de elétrons, através das reações de oxirredução.
- Objetivo específico:
 - Construir uma pilha Voltaica em laboratório;
 - Construir uma pilha de Daniell adaptada com limões;
 - Medir as diferenças de potenciais de cada pilha produzida;
 - Utilizar a corrente elétrica da pilha voltaica para ligar eletrônicos;
 - Comparar a pilha de Daniell adaptada com a pilha teórica.

12

Procedimento experimental

Passo a passo

- 1. Dissolver o sal de cozinha na solução de ácido acético (vinagre) - **Eletrolito**
- 2. Umedecer o feltro (paninho) na solução eletrolítica **(vinagre com sal dissolvido)**
- 3. Identificar as chapas de zinco e cobre dispostas na bancada
- 4. Montar quatro células com zinco + feltro + cobre
- 5. Após montar as quatro células, medir com o voltímetro a voltagem gerada
- 6. Utilizar o suporte e colocar as quatro células sobrepostas uma sobre a outra, fazendo o contato do cobre de uma com o zinco da outra.
- 7. Após a sobreposição das células, medir voltagem total gerada pelo seu dispositivo eletroquímico
- 8. Utilizar seu dispositivo para ligar eletrônicos, encostando o fio preto no contato do zinco e o vermelho no contato do cobre
- 9. Ligar led, relógio e calculadora

13

Pós laboratório

Responda os itens abaixo:

- 1. Qual o ânodo e o cátodo da sua pilha?
- 2. Qual metal oxida e qual participa da reação de redução? Consulte a tabela de potencial e mostre o potencial de redução de cada metal.

14

APÊNDICE D - PLANO DE AULA DAS AULAS TEÓRICAS

Plano de Aula

1. Identificação
Escola: EEMTI João Mattos
Disciplina: Química
Série: 2º ano - Ensino Médio
Professor(a): Marcos Ernande
Duração: 100 minutos.
2. Tema da aula:
Introdução à eletroquímica e as reações de oxirredução.
3. Habilidade
(EM13CNT107) Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos – com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais –, para propor ações que visem a sustentabilidade.
4. Objetivos
<p>4.1 Objetivo Geral</p> <ul style="list-style-type: none"> Compreender, do ponto de vista teórico e empírico, como se dão os processos de transferências de elétrons nas reações de oxirredução e sistemas eletroquímicos espontâneos. <p>4.2 Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> Explicar o conteúdo introdutório de eletroquímica e as reações de oxirredução espontâneas; Demonstrar com experimentos simples a ocorrência dos fenômenos de oxirredução; Associar as reações de oxirredução com os fenômenos que ocorrem em pilhas eletroquímicas e baterias.
5. Conteúdo
<p>5.1 Introdução</p> <ul style="list-style-type: none"> Entrega do questionário e discussão inicial sobre o que é a eletroquímica e o que esse ramo da química estuda, desde os processos que ocorrem espontaneamente e os processos não espontâneos. Enfatizar também qual será o foco da aula, que serão as reações espontâneas, próprias das pilhas e baterias. Entregar também uma tabela de potenciais de redução, que servirá de material de consulta. <p>5.2 Desenvolvimento</p> <ul style="list-style-type: none"> Definição, nos processos de oxirredução, do que é oxidação, redução, agente redutor e agente oxidante; Explicação da reatividade dos elementos e compostos químicos e sua consequência no potencial padrão de redução e explicação desse conceito e sua importância na eletroquímica; Explicação da dependência das reações eletroquímicas com a diferença e potencial (DDP) ou força eletromotriz (fem) e explicar em que consiste esse conceito; Explicação do conceito de E°, associando com as teorias de ligações; Demonstração, com o uso de um sistema simples de eletrodos, multímetro e fruta ácida (limão) reações simples de oxirredução e o desenvolvimento da diferença de potencial, introduzindo os eletrodos na fruta e medindo a diferença de potencial com as pontas de prova do multímetro; Contextualização de todo o conteúdo trabalhado com pilhas eletroquímicas e baterias. <p>5.3 Conclusão</p> <ul style="list-style-type: none"> Breve explicação do que será trabalhado na aula seguinte, que será a complementação do conteúdo de eletroquímica e a explicação do procedimento experimental de pilhas voltaicas.

6. Metodologia
<ul style="list-style-type: none"> • Avaliação diagnóstica: Inicialmente, entregar a avaliação diagnóstica para a turma resolver. • Aula expositiva: após a distribuição para a turma do questionário diagnóstico e a tabela de potenciais padrão, introduzir o conteúdo elementar de reações de oxirredução. • Apresentação do conteúdo: quadro branco e experimentos simples com o material alternativo, para embasar o campo teórico e tornar a explicação mais enriquecedora. • Participação ativa dos alunos: no decorrer da aula, solicitar a consulta da tabela de potenciais e propor que eles utilizem os dados da tabela para identificação dos agentes oxidantes e redutores dos exemplos propostos no quadro. • Fechamento: contextualizar o conteúdo trabalhado com as pilhas eletroquímicas convencionais (Leclanché) e a importância do estudo da eletroquímica para a transição energética.
7. Recursos didáticos
Lousa, pincel, apagador, chapas metálicas e fruta ácida (meio eletrolítico) ,multímetro e material impresso .
8. Cronograma da aula:
<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação e questionário de sondagem (30min) • Desenvolvimento da aula com auxílio de experimentos e demonstrações (60) • Contextualização do conteúdo e conclusão (10 min)
9. Avaliação
O método de avaliação da aula será a própria avaliação diagnóstica que será passada e a participação da turma na resolução dos itens que serão postos no quadro, no decorrer da aula.
10. Bibliografia
<p>REIS, Marta. Química vol. 2, 2 ed. São Paulo: Ática, 2016.</p> <p>FELTRE, Ricardo. Química vol. 2, 6 ed. Moderna: São Paulo, 2004.</p> <p>CHANG, Raymond. Química 6ed. São Paulo: AMGH Editora, 2013.</p>

APÊNDICE E - PLANO DE AULA DAS AULAS PRÁTICAS

Plano de Aula

1. Identificação	
Escola:	EEMTI João Mattos
Disciplina:	Química
Série:	2º ano - Ensino Médio
Professor(a):	Marcos Ernande
Duração:	100 minutos.
2. Tema da aula:	
Experimentação e construção das pilhas eletroquímicas.	
3. Habilidade	
(EM13CNT107) Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos – com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais –, para propor ações que visem a sustentabilidade.	
4. Objetivos	
<p>4.1 Objetivo Geral</p> <ul style="list-style-type: none"> Compreender, do ponto de vista empírico, como se dão os processos de transferências de elétrons nas reações de oxirredução, através da construção de pilhas. <p>4.2 Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> Construir uma pilha voltaica com materiais alternativos; Construir uma pilha de Daniell adaptada, com materiais alternativos; Comparar as pilhas construídas em laboratório com as existentes na literatura. 	
5. Conteúdo	
<p>5.1 Introdução</p> <ul style="list-style-type: none"> Inicialmente, fazer uma breve recapitulação do conteúdo estudado acerca de eletroquímica e processos espontâneos de oxirredução. <p>5.2 Desenvolvimento</p> <ul style="list-style-type: none"> Explicação do procedimento experimental para a construção da pilha de Alessandro Volta; Construção da pilha voltaica, utilizando chapas metálicas e soluções eletrolíticas; Promover o funcionamento de eletrônicos com as pilhas construídas em laboratório; Construção de uma pilha de Daniell com limão e chapas metálicas de cobre e zinco (chapa galvanizada) e medição do potencial com o multímetro; Comparar a pilha de Daniell de limão com a pilha existente na literatura, apontando semelhanças e diferenças; Explicar o funcionamento de uma pilha comum (Leclanché) <p>5.3 Conclusão</p> <ul style="list-style-type: none"> Após a realização da prática, apontar a importância do ramo da eletroquímica para a sociedade, com a transição energética. Apontar também a necessidade de um manejo adequado do lixo eletrônico e os impactos ambientais que esses resíduos geram. 	
6. Metodologia	
<ul style="list-style-type: none"> Início: Recapitular brevemente as reações de oxirredução que regem uma pilha. Prática experimental: dividir os alunos individualmente ou em dupla nas bancadas do laboratório. Em cada 	

posição, em cima da bancada, estarão os seguintes conjuntos de materiais: chapas galvanizadas e de cobre, pedaços de feltro, recipiente com vinagre e uma quantidade de cloreto de sódio, suportes e luzes de led. Em uma região principal da bancada estarão disponíveis um relógio despertador, uma calculadora, e multímetros para medir as diferenças de potenciais das pilhas.

- **Prática experimental 2:** o segundo experimento será realizado pelo docente, que será a construção da pilha de Daniell com dois limões, chapas de cobre e zinco e um pedaço de papel toalha para simular a ponte salina da pilha embebido com solução de cloreto de sódio. Após a construção dessa pilha, evidenciar os conceitos que estão envolvidos em seu funcionamento e apontar as diferenças da pilha adaptada para a pilha de Daniell teórica.
- **Contextualização:** após a construção de todos esses dispositivos e da prática experimental, explicar o funcionamento de uma pilha de Leclanché e finalizar com uma breve discussão dos impactos que tanto as pilhas como os demais lixos eletrônicos podem acarretar.

7. Materiais necessários

Todos os materiais necessários serão levados no dia da prática experimental. Consistem em: chapas de zinco e cobre, luzes de led, vinagre, sal de cozinha, suportes de papelão para as pilhas, relógio despertador, calculadora, multímetros

8. Cronograma da aula:

- Introdução com recapitulação do conteúdo de eletroquímica **(10 min)**
- Explicação do procedimento experimental e experimentação no laboratório **(60)**
- Contextualização do conteúdo e conclusão com aplicação do questionário final **(30 min)**

9. Avaliação

O método de avaliação da aula será o pós teste, que será entregue após a realização da prática.

10. Bibliografia

REIS, Marta. Química vol. 2, 2 ed. São Paulo: Ática, 2016.

FELTRE, Ricardo. Química vol. 2, 6 ed. Moderna: São Paulo, 2004.

CHANG, Raymond. Química 6ed. São Paulo: AMGH Editora, 2013.

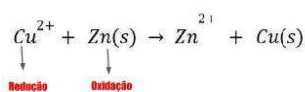
APÊNDICE F – SLIDES COM O MATERIAL TEÓRICO DE REVISÃO E PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL



Eletroquímica

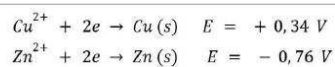


Reações de oxirredução



- Redução \rightarrow ganho de elétrons (agente oxidante)
- Oxidação \rightarrow perda de elétrons (agente redutor)

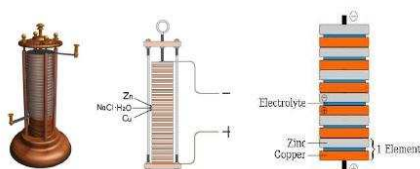
Pilhas



- Espécie química com maior potencial de redução **ganha elétrons**
- Espécie química com menor potencial de redução **cede elétrons**

Construção da pilha de Volta

Pilha de Alessandro Volta



Procedimento experimental

Objetivo:

Verificar empiricamente o processo de transferência de elétrons, através das reações de oxirredução.

Objetivo específico:

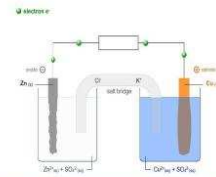
- Construir uma pilha Voltaica em laboratório;
- Construir uma pilha de Daniell adaptada com limões;
- Medir as diferenças de potenciais de cada pilha produzida;
- Utilizar a corrente elétrica da pilha voltaica para ligar eletrônicos;
- Comparar a pilha de Daniell adaptada com a pilha teórica.

Procedimento experimental

Passo a passo

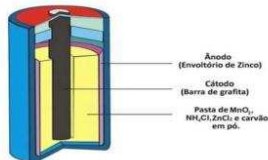
1. Dissolver o sal de cozinha no solução de ácido acético (vinagre) - **Eletrólito**
2. Umedecer o feto l paninho! na solução eletrolítica **(vinagre com sal dissolvido)**
3. Identificar os cliques de zinco e cobre dispostos na base da
4. Montar quatro células com zinco + feltro + cobre
5. Após montar as quatro células, medir com o voltímetro a voltagem gerada
6. Utilizar o suporte e colocar as quatro células sobrepostas uma sobre a outra, fazendo o contato do cobre de uma com o zinco da outra.
7. Após a sobreposição das células, medir voltagem total gerada pelo seu dispositivo eletroquímico
8. Utilizar seu dispositivo para ligar eletrônicos, encostando o fio preto no contato do zinco e o vermelho no contato do cobre
9. Ligar led, relógio e calculadora

Pilha de Daniell



https://www.physics-chemistry-institute-nashville.com/chemistry_interactive/daniell_cell_flash.htm

Pilha de Leclanché



Descarte de pilhas

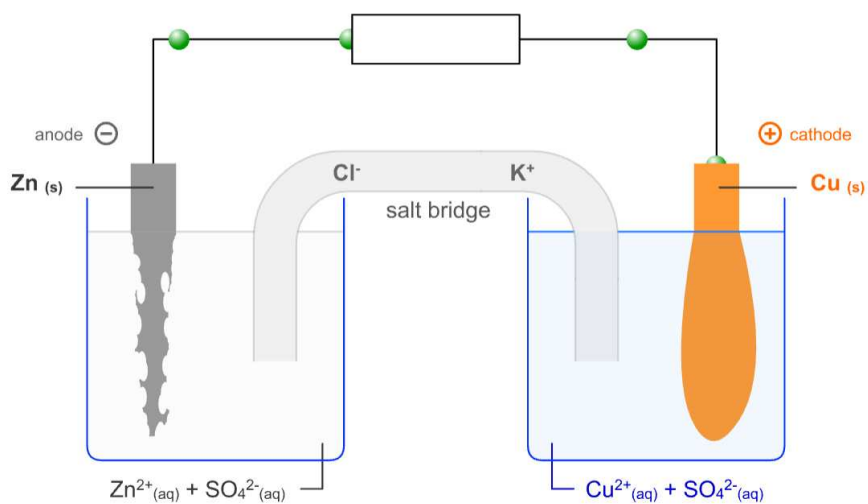
- Não podem ser descartadas em lixo comum, pois contém materiais tóxicos;
- Empresas que comercializam esses produtos;
- Pontos de coleta de empresas privadas (Enel, farmácias, comércio e empresas de eletrônicos);
- **Ambipar environment**
(https://sistema.gmsh.com.br/info?green?u9=%E2%9C%93&search_state=CE&search_city=FORTALEZA&button)

Obrigado!

ANEXO A – TABELA DE POTENCIAIS DE REDUÇÃO UTILIZADA NA AULA TEÓRICA

	Potenciais de oxidação (E°_{ox}), em volt		Potenciais de redução (E°_{red}), em volt	
<div><div>↑</div><div>AUMENTA O CARÁTER REDUTOR</div></div>	+ 3,04	$\text{Li}^{+} + 1e \rightleftharpoons \text{Li}^{\circ}$	-3,04	<div><div>↓</div><div>AUMENTA O CARÁTER OXIDANTE</div></div>
	+ 2,87	$\text{Ca}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Ca}^{\circ}$	-2,87	
	+ 2,71	$\text{Na}^{+} + 1e \rightleftharpoons \text{Na}^{\circ}$	-2,71	
	+ 2,36	$\text{Mg}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Mg}^{\circ}$	-2,36	
	+ 1,66	$\text{Al}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Al}^{\circ}$	-1,66	
	+ 0,76	$\text{Zn}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Zn}^{\circ}$	-0,76	
	+ 0,44	$\text{Fe}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Fe}^{\circ}$	-0,44	
	+ 0,28	$\text{Co}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Co}^{\circ}$	-0,28	
	+ 0,25	$\text{Ni}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Ni}^{\circ}$	-0,25	
	+ 0,14	$\text{Sn}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Sn}^{\circ}$	-0,14	
	+ 0,13	$\text{Pb}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Pb}^{\circ}$	-0,13	
	0,00	$2\text{H}^{+} + 2e \rightleftharpoons \text{H}_2$	0,00	
	-0,34	$\text{Cu}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Cu}^{\circ}$	+0,34	
	-0,80	$\text{Ag}^{+} + e \rightleftharpoons \text{Ag}^{\circ}$	+0,80	
	-0,85	$\text{Hg}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Hg}^{\circ}$	+0,85	
	-1,07	$\text{Br}_2 + 2e \rightleftharpoons 2\text{Br}^{-}$	+1,07	
	-1,36	$\text{Cl}_2 + 2e \rightleftharpoons 2\text{Cl}^{-}$	+1,36	
	-1,50	$\text{Au}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Au}^{\circ}$	+1,50	
-2,87	$\text{F}_2 + 2e \rightleftharpoons 2\text{F}^{-}$	+2,87		

Fonte: (SÓ QUÍMICA, 2008)

ANEXO B - SIMULADOR DA PILHA DE DANIELL USADO NA AULA PRÁTICA● electron e^- 

https://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/chemistry_interactive/daniell_cell_flash.htm

Fonte: (FURNAT, 2025)