

DA EXPERIMENTAÇÃO À REFLEXÃO SOCIOAMBIENTAL: GUIA PEDAGÓGICO PARA O ENSINO DE ELETROQUÍMICA COM PILHAS



Natalia Cristina Perez da Silva Lopes

Orientadoras:

Angela Sanches Rocha

Célia Regina Sousa da Silva

Priscila Tamiasso Martinhon

RIO DE JANEIRO

2026

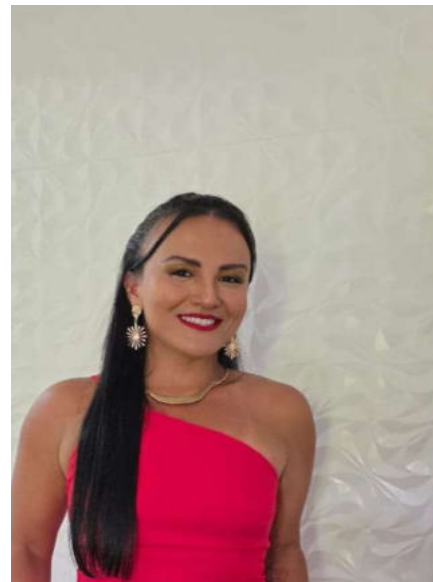
Natalia Cristina Perez da Silva Lopes

A Autora

Sou professora da Educação básica desde 2013, ano em que iniciei minha experiência como docente na rede privada de ensino, lecionando para as três séries do Ensino Médio e cursos preparatórios (pré-militar), ambos no município do Rio de Janeiro- RJ.

Sou Licenciada em Química pelo Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ – Campus Maracanã – RJ). Atualmente aluna do Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Contato: perezquimica@gmail.com



Angela Sanches Rocha

A Orientadora

Sou bacharel em Química pela Universidade Federal da Bahia e licenciada pela Faculdade Souza Marques, mestre em Química pela UFBA e doutora em Físico-Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Fiz pós-doutorado no IQ/UFRJ, Université de Caen e COPPE/UFRJ.

Desde 2013 sou professora da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, no Departamento de Físico-Química do Instituto de Química, lecionando disciplinas de graduação dos cursos de Licenciatura em Química, Engenharia Química e Geologia.



Sou professora permanente do Programa de Mestrado Profissional em Química (PROFQUI) da UFRJ e Programa de Pós-Graduação em Química (PPGQ) da UERJ, lecionando disciplinas e orientando alunos.

Sou líder do Grupo de Pesquisa em Desenvolvimento de Materiais, do CNPq, e coordeno o Laboratório de Materiais, Sustentabilidade e Educação (LaMaSE), na UERJ, onde tenho realizado pesquisas no desenvolvimento de materiais adsorventes e catalisadores, e na área de Ensino, em que me dedico ao estudo de atividades pedagógicas, letramento científico e metodologias ativas.

Célia Regina Sousa da Silva

A Orientadora

Sou bacharela em Química Industrial pela UFMA e em Medicina Veterinária pela UEMA, mestra em Físico-Química pela UFRJ e doutora em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela COPPE - UFRJ.



Realizei pesquisa em Química Aplicada à Saúde Ambiental e Ocupacional no Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana da Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz - CESTEH/ENSP/FIOCRUZ e pós-doutorado no Laboratoire Interfaces et Systèmes Electrochimiques LISE-CNRS-Paris.

Atualmente sou professora associada do Departamento de Físico-Química, IQ/UFRJ e coordenadora do curso de Licenciatura em Química EAD, do Instituto de Química da UFRJ; coordenadora da disciplina Elementos de Química Geral (EGQ), do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas EAD, do Instituto de Biologia da UFRJ; docente do curso de Especialização em Ensino de Química (CEEQuim/IQ/UFRJ); do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQui/IQ/UFRJ); coordenadora do Grupo Interdisciplinar de Educação, Eletroquímica, Saúde, Ambiente e Arte (GIEESAA/IQ/UFRJ) e pesquisadora colaboradora do Grupo de Interinstitucional e Multidisciplinar de Ensino, Pesquisa e Extensão em Ciências (GIMEnPEC/IQ/UFRJ).

Priscila Tamiasso Martinhon

A Orientadora

Sou Bacharela e Licenciada em Química com complementação de Estudos em Empreendedorismo & Inovação e especialização em Educação de Jovens e Adultos na Diversidade e Inclusão Social pela UFF, além de Mestre e doutora em Físico-Química pela UFRJ.

Realizei pós-doutorado no Laboratoire Interfaces et Systèmes Electrochimiques - LISE pelo CNRS e no Centro de Desenvolvimento Tecnológico em Saúde CDTS/FIOCRUZ.



Desde 2014 sou professora do Departamento de Físico-Química (DFQ), do Instituto de Química da UFRJ; coordenadora de disciplinas do curso de Licenciatura em Química EAD (IQ/UFRJ), Química para Engenharia de Produção (QEP); docente do curso de Especialização em Ensino de Química (CEEQuim); do Programa de Pós-graduação em Ensino de Química (PEQui); do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQui), do IQ/UFRJ e do Programa de Pós-Graduação em História das Ciências, das Técnicas e Epistemologia (HCTE/CCMN).

Coordeno o Grupo Interinstitucional e Multidisciplinar de Ensino, Pesquisa e Extensão em Ciências (GIMEnPEC/IQ/UFRJ) e sou pesquisadora do Grupo Interdisciplinar de Educação, Eletroquímica, Saúde, Ambiente e Arte (GIEESAA/IQ/UFRJ) e do Grupo de Pesquisa Educação e Drogas (GPED/UFRJ).



APRESENTAÇÃO

Apresenta-se este guia pedagógico como Produto Educacional desenvolvido no âmbito da Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional (PROFQUI), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). O material foi construído com base em atividades experimentais efetivamente realizadas em contexto escolar, tendo como propósito apoiar o ensino de Eletroquímica por meio de uma abordagem didática, investigativa e contextualizada.

Além de favorecer a compreensão de conceitos como oxidação e redução, ânodo e cátodo, diferença de potencial e fluxo de elétrons, a proposta central do guia consiste em incentivar que os experimentos sejam desenvolvidos, sempre que possível, com componentes provenientes de pilhas que seriam descartadas, ressignificando esses materiais como recurso pedagógico. Dessa forma, o trabalho articula a experimentação com a educação ambiental, estimulando reflexões sobre consumo, descarte adequado, reciclagem e sustentabilidade, ao mesmo tempo em que aproxima o conteúdo científico da realidade cotidiana dos estudantes.

Neste guia, o leitor encontrará os conceitos básicos de eletroquímica explorados a partir da realização de dois experimentos práticos, a saber: a pilha de Daniell caseira e a pilha de limão, ambos utilizando materiais de fácil acesso e, sempre que possível, recicláveis. Essa proposta visa não apenas à compreensão dos processos de oxidação e redução e da conversão de energia química em energia elétrica, mas

também à promoção da conscientização ambiental, especialmente no que se refere ao descarte adequado de pilhas e baterias.

O material está organizado em três seções. A primeira seção aborda os fundamentos teóricos da eletroquímica, apresenta uma linha do tempo histórica do desenvolvimento desse campo do conhecimento e estabelece o alinhamento com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). A segunda seção é dedicada à descrição detalhada de experimentos factíveis de serem realizados em sala de aula, acompanhados de um questionário pós-experimento, com o objetivo de favorecer a reflexão, a sistematização dos conceitos e a aprendizagem significativa. Por fim, a terceira seção trata do tema do lixo eletrônico, apresentando uma breve discussão sobre seus impactos ambientais e indicando locais adequados para o descarte de resíduos eletrônicos na cidade de Maricá (RJ).

Espera-se que este guia pedagógico possa contribuir, sobretudo, para o desenvolvimento de atividades pedagógicas no ensino de Química, especialmente junto aos estudantes da 2ª série do Ensino Médio, auxiliando professores e alunos na construção de conhecimentos científicos articulados ao cotidiano e às questões socioambientais. Deseja-se ao leitor uma boa apreciação do material e uma excelente experiência de aprendizagem.

SUMÁRIO

SEÇÃO 1

INTRODUÇÃO	9
Alinhamento com a BNCC	10
Linha do tempo da eletroquímica	12
Conceito Químico.....	14

SEÇÃO 2

Experimentos	16
Pilha de Daniell.....	18
Pilha de limão.....	19
Questionário pós experimento	20

SEÇÃO 3

Descarte de pilhas comerciais	21
CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
REFERÊNCIAS.....	29
APÊNDICE A - Imagens da abertura das pilhas.....	31

Seção 1

→ Introdução

A eletroquímica constitui um ramo fundamental da Química, dedicado ao estudo das transformações que envolvem a conversão entre energia química e energia elétrica, tendo como base os processos de oxidação e redução. Esses fenômenos, além de possuírem relevância conceitual no âmbito científico, apresentam ampla aplicação tecnológica, estando presentes em dispositivos essenciais à vida contemporânea, como pilhas, baterias, aparelhos eletrônicos portáteis e sistemas de armazenamento de energia. Dessa forma, o ensino de eletroquímica possibilita ao estudante compreender não apenas os fundamentos das reações químicas, mas também a forma como a ciência se materializa em tecnologias que impactam diretamente o cotidiano.

No contexto educacional, a abordagem da eletroquímica favorece a articulação entre ciência, tecnologia e sociedade, permitindo discutir temas atuais relacionados à produção, ao consumo de energia e às implicações ambientais associadas ao uso crescente de dispositivos eletrônicos. Pilhas e baterias, por exemplo, são objetos aparentemente simples, mas envolvem processos químicos complexos e suscitam reflexões sobre sustentabilidade, extração de recursos naturais, geração de resíduos e descarte adequado. Assim, esse conteúdo se mostra particularmente potente para promover uma visão integrada do conhecimento químico, superando uma abordagem meramente abstrata ou conteudista.

Nesta perspectiva, o presente guia pedagógico foi concebido como um recurso didático que integra fundamentos teóricos da eletroquímica, contextualização histórica e experimentação prática, por meio de atividades testadas em sala de aula, como a pilha de Daniell e a pilha de limão. A utilização de experimentos concretos possibilita ao estudante observar a conversão da energia química em energia elétrica, tornando visíveis conceitos que, muitas vezes, são tratados apenas de forma simbólica nos livros didáticos. Tal estratégia

contribui para o desenvolvimento da aprendizagem significativa, na medida em que novos conhecimentos são ancorados em experiências sensoriais e em situações próximas à realidade do aluno.

Além disso, a cartilha incorpora reflexões sobre o lixo eletrônico e o descarte correto de pilhas e baterias, ampliando o alcance do conteúdo para além do domínio estritamente conceitual. Ao abordar as consequências ambientais do uso inadequado desses materiais, o ensino de eletroquímica assume também uma dimensão formativa e cidadã, alinhada às diretrizes contemporâneas da educação científica, que defendem a formação de sujeitos críticos, conscientes e capazes de tomar decisões informadas. Dessa maneira, o material busca contribuir para um ensino de Química contextualizado, interdisciplinar e socialmente relevante, no qual o conhecimento científico é compreendido como ferramenta para interpretar e intervir de forma responsável na realidade.

➔ **Alinhamento com a BNCC**

A proposta está alinhada à BNCC (Ciências da Natureza e suas Tecnologias), especialmente ao incentivar que os estudantes analisem e representem transformações e conservações em sistemas envolvendo matéria e energia, realizando previsões e discutindo processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável e o uso consciente de recursos naturais, conforme a habilidade EM13CNT101. Além disso, ao discutir os efeitos do descarte inadequado sobre o ambiente (contaminação, persistência de materiais, risco ecológico) e promover reflexões sobre medidas de mitigação, o guia dialoga com a habilidade EM13CNT206, que enfatiza a preservação e conservação e a avaliação de impactos da ação humana e de políticas ambientais para a sustentabilidade do planeta. Por fim, ao comparar materiais (metais, eletrólitos, invólucros, componentes) e propor escolhas e práticas mais seguras — incluindo procedimentos de coleta, armazenamento e destinação — o trabalho se

ancora na habilidade EM13CNT307, voltada à análise das propriedades dos materiais e à proposição de soluções seguras e sustentáveis considerando o contexto local.

Assim, cada experimento apresentado neste guia foi pensado não apenas como demonstração de fenômenos, mas como oportunidade para integrar conceitos científicos (oxidação-redução, transferência de elétrons, potencial elétrico), procedimentos investigativos, e formação cidadã. Desse modo, a eletroquímica se torna um caminho didático potente para discutir ciência, tecnologia e ambiente de forma articulada, com atividades viáveis e orientações de segurança e destinação compatíveis com a realidade escolar.

Base Nacional Comum Curricular (BNCC)

Área do Conhecimento:
Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Unidade Temática:
Matéria e Energia

Objetos de Conhecimento:

- ✓ Transformações químicas
- ✓ Processos de oxidação e redução
- ✓ Produção e consumo de energia elétrica

Habilidades:

- **EM13CNT101** – Analisar transformações químicas e seus impactos.
- **EM13CNT206** – Avaliar processos tecnológicos associados à energia.
- **EM13CNT307** – Discutir impactos socioambientais relacionados ao uso da energia.

➔ Linha do Tempo da Eletroquímica

A história da eletroquímica costuma ser narrada a partir do fim do século XVIII, quando Luigi Galvani publicou, em 1791, seu estudo sobre a ação da eletricidade no movimento muscular (*De viribus electricitatis in motu musculari*), trabalho que popularizou a ideia de “eletricidade animal” e desencadeou um debate científico decisivo sobre a origem dos fenômenos elétricos em sistemas biológicos. Poucos anos depois, em 1800, Alessandro Volta apresentou à Royal Society a descrição da pilha voltaica, demonstrando que era possível gerar corrente contínua de forma sustentada por meio do empilhamento de discos metálicos separados por material embebido em eletrólito — um marco que inaugura, na prática, a era das baterias e impulsiona experimentos eletroquímicos em larga escala. Já em 1836, John Frederic Daniell propôs a pilha de Daniell, uma célula que fornecia corrente mais estável durante operação contínua ao separar melhor as reações e reduzir problemas de polarização observados em arranjos anteriores, tornando-se referência histórica e didática para o entendimento de semicélulas, eletrólitos e fluxo de elétrons/íons. No século XX, a evolução dos materiais e da engenharia eletroquímica levou às baterias recarregáveis modernas e, em 1991, a Sony lançou a primeira bateria recarregável de íon-lítio comercial, consolidando uma tecnologia que se tornaria dominante em eletrônicos portáteis e, posteriormente, crucial para a eletrificação do transporte.

Na atualidade, as baterias de íon-lítio seguem como eixo central do mercado, ao mesmo tempo, a fronteira tecnológica busca alternativas e melhorias, como as baterias de estado sólido, vistas como promissoras para aumentar segurança e desempenho, embora ainda enfrentem desafios de materiais, interfaces e escalonamento industrial.



A Evolução do Estudo da Eletroquímica

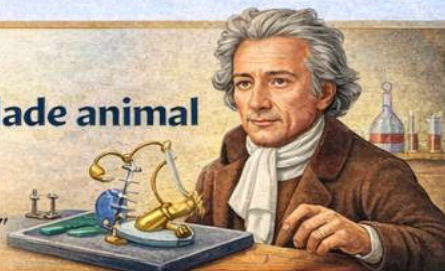


A eletroquímica estuda a conversão entre **energia química** e **energia elétrica**. Confira quatro marcos importantes dessa evolução:

1780

Luigi Galvani:
estudos sobre **eletricidade animal**

Experimentos com rãs que mostraram a existência de um tipo de "eletricidade animal"



1800

Alessandro Volta:
criação da **pilha voltaica**

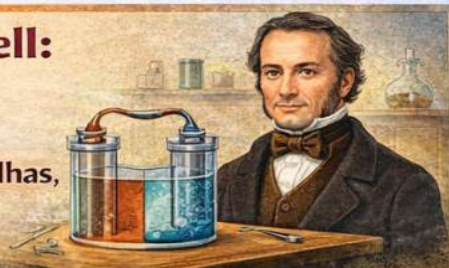
Invenção da primeira **pilha elétrica**, que gerava **corrente contínua**.



1836

John Frederic Daniell:
desenvolvimento da **Pilha de Daniell**

Melhoria na tecnologia das pilhas, aumentado a **eficiência** e **durabilidade**.



Atualidade

Baterias modernas e desafios ambientais

Avanços nas baterias e o desafio do **lixo eletrônico** e reciclagem.



➔ Conceito Químico

Na eletroquímica, compreender oxidação e redução é essencial para interpretar como as reações químicas podem produzir ou consumir energia elétrica. Oxidação é o processo no qual uma espécie química perde elétrons, enquanto redução corresponde ao processo no qual uma espécie ganha elétrons. Esses dois eventos não ocorrem de forma isolada: toda oxidação está necessariamente acompanhada de uma redução, pois os elétrons liberados por uma espécie precisam ser recebidos por outra. Essa relação simultânea constitui o fundamento das reações de oxirredução (redox) e sustenta o funcionamento de pilhas e baterias.

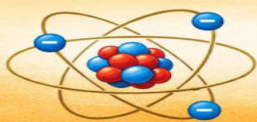
Em uma célula eletroquímica, as semi-reações acontecem em eletrodos distintos, chamados ânodo e cátodo. O ânodo é o eletrodo onde ocorre a oxidação; nele, a espécie redutora se transforma em uma forma mais oxidada, liberando elétrons para o circuito externo. O cátodo, por sua vez, é o eletrodo onde ocorre a redução; nele, a espécie oxidante recebe elétrons e se converte em uma forma mais reduzida. Essa separação espacial das semi-reações permite que o fluxo de elétrons seja canalizado por um condutor externo, o que torna possível transformar a tendência espontânea de transferência eletrônica em corrente elétrica utilizável.

Assim, o fluxo de elétrons ocorre sempre do ânodo para o cátodo no circuito externo: os elétrons produzidos na oxidação saem do ânodo e chegam ao cátodo, onde são consumidos na redução. Já a corrente elétrica convencional é descrita no sentido oposto, do cátodo para o ânodo, por convenção histórica. Paralelamente, dentro da solução eletrolítica, ocorre o fluxo de íons, que mantém a neutralidade elétrica e garante a continuidade do processo. Dessa forma, a eletroquímica pode ser compreendida como um sistema em que a matéria se transforma por reações redox enquanto a energia associada à transferência de elétrons é organizada em um caminho externo, permitindo o aproveitamento tecnológico do fenômeno em pilhas, baterias e diversos processos industriais.

PILHA DE DANIELL (célula galvânica)



O que é Eletroquímica?



Estuda as reações com transferência de elétrons

Oxidação e Redução



Oxidação
 Perda de elétrons



Redução
 Ganho de elétrons

Como Funcionam as Pilhas?



Seção 2

➔ Experimento com as pilhas

A escolha dos experimentos que compõem esta proposta didática — pilha de Daniell e pilha de limão — foi orientada por critérios simultaneamente pedagógicos, conceituais e contextuais, buscando assegurar a aprendizagem de eletroquímica de forma acessível e significativa. Primeiramente a pilha de Daniell foi selecionada por se tratar de um modelo clássico e estruturante para a compreensão de células galvânicas, permitindo demonstrar, com clareza, conceitos fundamentais como oxidação e redução, ânodo e cátodo, diferença de potencial, transferência de elétrons e a importância do meio iônico (solução eletrolítica/ponte salina) para a manutenção do funcionamento da célula. Por ser um experimento que evidencia a separação entre semicélulas e a lógica do circuito externo e interno, a pilha de Daniell favorece a construção de um raciocínio eletroquímico mais organizado e consistente, funcionando como referência para interpretar pilhas comerciais e outros processos tecnológicos baseados em reações redox.

Paralelamente, a pilha de limão foi escolhida por sua viabilidade didática e por apresentar grande potencial de engajamento, especialmente em escolas com infraestrutura limitada. Trata-se de um experimento simples, de fácil montagem, que utiliza materiais amplamente disponíveis no cotidiano e possibilita observar, de maneira concreta, a geração de corrente elétrica a partir de uma reação de oxirredução. Ao permitir variações, a pilha de limão também favorece práticas de investigação, estimulando os estudantes a levantar hipóteses, testar condições e interpretar resultados, em vez de apenas reproduzir procedimentos.

Um aspecto decisivo para a seleção de ambos os experimentos foi a preocupação em considerar a realidade de muitas escolas que não possuem laboratório de Ciências ou apresentam restrições quanto a materiais e reagentes. Nesse sentido, os dois experimentos

foram escolhidos por serem fáceis de executar, com riscos reduzidos e com possibilidade de adaptação ao espaço da sala de aula, mantendo a intencionalidade pedagógica e a coerência conceitual do conteúdo. Além disso, a proposta foi pensada para dialogar com a sustentabilidade, ao incentivar que, sempre que possível, parte dos materiais utilizados, especialmente componentes metálicos, possam ser obtidos a partir de itens que seriam descartados, como fragmentos e peças associadas a pilhas e resíduos eletroeletrônicos, ressignificando esses materiais como recursos educativos e ampliando a discussão sobre descarte correto, reciclagem e consumo responsável.

Dessa forma, a seleção da pilha de Daniell e da pilha de limão busca equilibrar rigor científico e simplicidade operacional, oferecendo ao professor alternativas experimentais que viabilizam o ensino de eletroquímica de maneira concreta e contextualizada. Ao aproximar conceitos escolares de situações reais — energia em dispositivos, materiais, resíduos e impactos ambientais —, os experimentos contribuem para que a Química seja compreendida como uma ciência presente no cotidiano, capaz de explicar fenômenos e de orientar escolhas e práticas mais responsáveis.

A experimentação em sala de aula é importante porque transforma conceitos abstratos em algo visível e concreto. Quando o aluno observa, monta, mede e compara resultados, ele deixa de apenas “decorar” e passa a compreender o fenômeno, criando relações entre teoria e prática. Além disso, atividades experimentais aumentam o interesse e a participação da turma, estimulam perguntas, hipóteses e argumentação, e favorecem uma aprendizagem mais significativa — especialmente em temas como Química, em que muitos conteúdos parecem distantes do cotidiano.

a) **Pilha de Daniell**

Para realizar o experimento são necessários os seguintes materiais:

1. Eletrodo de zinco, sugerindo-se o de uma pilha AA usada
2. Peça de cobre, que pode ser um pedaço de fio usado
3. Solução de sulfato de zinco 1 mol L^{-1}
4. Solução de sulfato de cobre 1 mol L^{-1}
5. Solução de Cloreto de Potássio 1 mol L^{-1}
6. Vidro em formato de U
7. Algodão
8. 2 bécheres ou recipientes transparentes
9. Multímetro, 2 garras jacaré e fio com terminal para ligar ao multímetro

Procedimento experimental:

1. Preparas as soluções (Sulfato de Zinco, Sulfato de Cobre e Cloreto de Potássio)
2. Preencher o vidro em formato de U com solução de Cloreto de Potássio, e tampar as extremidades com algodão embebido na mesma Solução. Ter cuidado para que não fiquem bolhas de ar.
3. Em cada becher adicionar Sulfato de Zinco e Sulfato de Cobre, e conectar os sistemas através do vidro em formato de U (ponte salina), voltado para baixo.
4. Colocar o eletrodo de Zinco, imerso na solução Sulfato de Zinco, e o pedaço de Cobre, imerso na solução Sulfato de Cobre.
5. Conectar o Multímetro em cada eletrodo, usando garras jacaré ligadas ao fio do terminal do multímetro e observar a voltagem.

b) Pilha de limão

Para realizar o experimento são necessários os seguintes materiais:

1. Limões Haiti (ou outro cítrico ácido, como laranjas ou limas)
2. Moedas de cobre (por exemplo, moedas de 5 centavos)
3. Eletrodo de Zinco (retirado da pilha)
4. Faca
5. Multímetro, 2 garras jacaré e fio com terminal para ligar ao multímetro

Procedimento experimental:

1. Corte os limões ao meio e esprema-os um pouco para liberar o suco dentro de cada metade.
2. Insira uma moeda de cobre em uma metade do limão o eletrodo de zinco na outra metade. Certifique-se de que a moeda e o eletrodo não estejam muito próximos um do outro.
3. Conecte a moeda de cobre ao eletrodo de zinco usando as garras tipo jacarés aos fios do multímetro e faça a medida de tensão em Volts.

➔ Questionário pós experimento

1. Explique com suas palavras o que é uma pilha eletroquímica.
2. Qual foi a função do eletrodo de Zinco e do eletrodo de cobre na pilha construída?
3. Como é classificada a reação entre o Cobre e o Zinco?
4. Você conseguiu observar sinais de Corrente elétrica? Descreva o que aconteceu.
5. A reutilização dos eletrodos retirados da pilha foi útil para demonstrar o funcionamento de uma pilha eletroquímica? Por quê?
6. Qual foi a função da solução eletrolítica no experimento? Você consegue pensar em outro líquido que poderia ser usado?
7. Você considera que o experimento ajudou a compreender melhor os conteúdos de eletroquímica? Justifique sua resposta.
8. Se você pudesse modificar algo no experimento para torná-lo mais interessante ou eficiente, o que sugeriria?

Seção 3

→ Descarte de pilhas comerciais

O ciclo de vida das pilhas evidencia que seus impactos ambientais não se limitam ao momento do descarte: envolvem a extração e processamento de matérias-primas, a fabricação, a distribuição, o uso e, por fim, a pós-utilização, quando o resíduo pode seguir dois caminhos opostos — a destinação inadequada (lixo comum/aterros) ou a logística reversa, que busca reinserir materiais no ciclo produtivo e garantir tratamento ambientalmente adequado. Nesse sentido, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabelece a logística reversa como instrumento de desenvolvimento econômico e social e determina a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, incluindo sistemas obrigatórios para diferentes cadeias. Para o caso específico de pilhas e baterias, a Resolução CONAMA nº 401/2008 define critérios e padrões de gerenciamento ambientalmente adequado, além de responsabilidades de fabricantes e importadores quanto ao recolhimento e destinação.

Do ponto de vista operacional, a reciclagem de pilhas ocorre em etapas encadeadas, que compõem uma cadeia logística e tecnológica relativamente complexa. De forma geral, inicia-se pela coleta, em pontos de recebimento, ecopontos e campanhas, seguida de triagem e classificação, etapa na qual os materiais são separados por tipologia, por exemplo, pilhas comuns/alcalinas, recarregáveis e baterias portáteis, condição fundamental para definir rotas de tratamento e reduzir riscos. Na sequência, ocorre o pré-processamento, que pode envolver descaracterização, trituração e separações físico-mecânicas iniciais. Em processos industriais, essa fase pode ser combinada a rotas termoquímicas e hidrometalúrgicas para recuperar metais e frações úteis. Um exemplo de descrição pública e detalhada desse tipo de rota aparece na unidade da Nexa Resources em Juiz de Fora (MG), na qual as pilhas são trituradas, passam por processamento em forno rotativo Waelz (liberação de metais na forma de óxidos) e,

posteriormente, seguem para etapas hidrometalúrgicas de separação e encaminhamento a linhas produtivas.

Quando se observa o contexto fluminense, ganha destaque a dimensão logística: nem sempre a cadeia completa de tratamento está disponível no mesmo município, ou mesmo no mesmo estado em que o resíduo é gerado e coletado. Na prática, as estruturas locais frequentemente cumprem funções de recebimento, triagem e encaminhamento, enquanto as etapas industriais mais especializadas, como processamento metalúrgico e refino podem ocorrer em outros polos. Esse movimento é coerente com a própria lógica da logística reversa, que prevê a coleta e restituição dos resíduos ao setor empresarial para reaproveitamento ou destinação final adequada.

No município de Maricá (RJ), por exemplo, há pontos de coleta de resíduos eletroeletrônicos capazes de receber baterias e pilhas em desuso. A gestão local, em parceria com organização atuante no município, descreve que os materiais recolhidos são direcionados a um centro onde se realiza triagem, separação por classificação e encaminhamento à destinação correta, além do possível recondicionamento de equipamentos recuperáveis. A própria notícia municipal indica que o instituto parceiro tem sede em Inoã, evidenciando que parte relevante do processo (recebimento e triagem) se concentra nesse território. Em termos de fechamento de ciclo, é importante notar que o reciclador final nem sempre está no mesmo local da coleta: programas de logística reversa estruturados nacionalmente realizam a coleta em diversos pontos e encaminham a plantas industriais especializadas.

Nessa direção, torna-se didaticamente relevante ressaltar, inclusive em atividades de Educação Ambiental e Química contextualizada, que a reciclagem de pilhas envolve uma cadeia intermunicipal e, por vezes, interestadual. Um exemplo consistente com essa dinâmica é o modelo em que entidades gestoras coletam os resíduos em múltiplas localidades e os enviam a unidades de processamento em Minas Gerais, onde há estrutura industrial dedicada à reciclagem de pilhas e baterias portáteis. Assim, ao discutir com os estudantes o caminho pós-consumo, é possível compreender por que um município como Maricá pode atuar

principalmente como ponto de recepção e triagem, enquanto a etapa de recuperação metalúrgica e separação avançada de metais ocorre em centros industriais especializados fora do estado.

Portanto, ao articular ciclo de vida e logística reversa no ensino de eletroquímica, o tema das pilhas oferece uma oportunidade formativa potente: permite conectar conceitos científicos (materiais, reações redox, energia e tecnologia) a uma discussão concreta sobre gestão de resíduos, políticas públicas e responsabilidade compartilhada. A compreensão de que a reciclagem não é um ato isolado, mas um processo em rede, com coleta, triagem, transporte, processamento e reinserção de materiais, fortalece a percepção dos estudantes sobre sustentabilidade como prática social e sistêmica, e não apenas como discurso.

DESCARTE CORRETO DAS PILHAS



Pilhas usadas não devem ser descartadas no lixo comum!

Pb

Cd

Hg

Ni

POR QUÊ?



Podem conter metais pesados e tóxicos (como chumbo, cádmio, mercúrio e níquel)



Podem vazar substâncias que contaminam o solo, o ar e a água.



Descartar pilhas em lixo comum é perigoso para nós e para o meio ambiente!

DESCARTE CERTO, CONSUMO CONSCIENTE!

Pilhas usadas **DEVEM** ir para coleta seletiva e devem ser tratadas por empresas especializadas, que reciclam e reaproveitam esses materiais.



Reciclar e reaproveitar pilhas velhas produz novas.



Diminuir a quantidade de lixo tóxico no meio ambiente.

O QUE PODEMOS FAZER?



Procure pontos de coleta e locais que encaminham as pilhas e baterias para reciclagem



Tente aproveitar as pilhas ao **maximo**; verifique sempre as datas de validade.



→ LOCAIS PARA COLETA EM MARICÁ:

Pontos Oficiais de Coleta de Lixo Eletrônico em Maricá (RJ)



Descarte corretamente seus eletrônicos em locais oficiais de coleta para ajudar a proteger o meio ambiente. Confira onde entregar **celulares, notebooks, pilhas, baterias** e outros dispositivos na sua cidade:



1 Instituto Nova Ágora de Cidadania (INAC)

Av. Roberto Silveira, 2108, lojas 2 e 3, Flamengo

✓ Celulares, notebooks, tablets, CPUs, pilhas, baterias

 Prefeitura de Maricá + 

2 Ecoponto da CODEMAR no Aeroporto de Maricá

Rua Jovino Duarte, 362

✓ Celulares, notebooks, tablets, gabinetes de computador, pilhas, baterias

 Prefeitura de Maricá + 
Companhia de Desenvolvimento de Maricá
Canto da Vitória, 22-13

3 Secretaria de Ciência e Tecnologia

Rua Eugênia Modesto da Silva, 276 Parque Eldorado

Segunda a sexta, 08h às 17h

 **CODEMAR**
Companhia de Desenvolvimento de Maricá

3 Secretaria de Ciência e Tecnologia

Rua Eugênia Modesto da Silva, 276 Parque Eldorado

✓ Segunda a sexta, 08h às 17h

 Secretaria Municipal de Ciência e Tecnologia

➔ LOCAIS PARA RECICLAGEM NO RIO DE JANEIRO:



Reciclagem de Pilhas na Região Metropolitana do RJ

Levantamento evidenciou a ausência de **indústrias** que realizem integralmente o ciclo de **reciclagem de pilhas** na região metropolitana do Rio de Janeiro.

O que foi descoberto?

Não há indústrias que realizem o ciclo completo de **reciclagem na região**. Os centros de coleta e **distribuição** encaminham os materiais para outros estados do Brasil.



Logística Reversa e Gestão de Resíduos

		
Relevância: Discute a importância de entender e aplicar a logística reversa no contexto local.	Crítica Realista: Evidencia limitações e desafios reais da reciclagem, mostrando que o ciclo só se completa fora do estado.	Sustentabilidade: Promove uma reflexão mais crítica sobre responsabilidade ambiental e práticas de reciclagem,

Ensino de Química e Prática Socioambiental

Contribui para uma compreensão crítica sobre as limitações e desafios da sustentabilidade.



Ensino de **Química e a Prática Socioambiental** Contribui para uma compreensão mais crítica sobre as limitações e e desafios da

Considerações Finais

A elaboração do material — concebido como um guia pedagógico cujo eixo temático é a eletroquímica — evidenciou resultados formativos relevantes tanto para o processo de ensino quanto para a reflexão docente. Entre os aspectos positivos, destaca-se, inicialmente, o levantamento e a enumeração das principais dificuldades associadas ao tema, as quais frequentemente se manifestam na aprendizagem dos estudantes e na própria prática pedagógica.

Nesse percurso, o trabalho foi construído a partir de princípios alinhados ao ensino por investigação, abordagem que atribui ao professor um papel renovado e não menos importante: o de mediador do conhecimento. Nessa perspectiva, o docente atua como facilitador do processo de ensino-aprendizagem, organizando situações, estimulando perguntas, orientando a busca por evidências e favorecendo a argumentação. O estudante, por sua vez, deixa de ser apenas receptor de informações e passa a ocupar um lugar de protagonismo, investigando, levantando hipóteses, testando possibilidades e construindo interpretações. Essa dinâmica favorece a construção de uma aprendizagem significativa, pois o conhecimento não é apresentado como algo pronto, mas como resultado de relações estabelecidas entre conceitos científicos, experiências e contexto.

A relevância de fortalecer a compreensão em eletroquímica torna-se ainda mais evidente quando se reconhece que seus conteúdos são fundamentais para interpretar diversos fenômenos presentes no cotidiano dos alunos, como o funcionamento de pilhas e baterias, a galvanoplastia e a corrosão de materiais. Ao compreender esses processos, a Química se aproxima da realidade e se mostra como uma ferramenta para ler o mundo, e não como uma ciência baseada unicamente na memorização de termos e fórmulas. Essa aproximação potencializa o sentido do conteúdo escolar, amplia o interesse dos estudantes e contribui para uma formação que articula conhecimento e cidadania.

Por fim, ao dialogar com a sustentabilidade, o trabalho ganha uma dimensão ainda mais atual e socialmente necessária. Ao tratar de pilhas e baterias, a eletroquímica se conecta diretamente a temas como consumo responsável, descarte adequado, reciclagem e impactos ambientais. Assim, compreender reações eletroquímicas não é apenas dominar um conteúdo curricular, mas também desenvolver condições para discutir decisões e práticas concretas — por exemplo, porque pilhas não devem ser descartadas no lixo comum, quais riscos ambientais podem estar associados e como a destinação correta integra responsabilidades individuais e coletivas. Dessa forma, o guia pedagógico e o conjunto de propostas didáticas aqui apresentados contribuem para uma educação científica que forma sujeitos capazes de compreender fenômenos e, simultaneamente, refletir sobre seu papel na construção de uma sociedade mais sustentável e comprometida com o futuro.

Referências

ARROYO, Miguel. *Educação e meio ambiente: reflexões e perspectivas*. São Paulo: Cortez, 2002.

ATKINS, Peter; JONES, Loretta. *Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. 5 ed. Porto Alegre. Editora Bookman. 2012.

AUSUBEL, David Paul. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Tradução de Lígia Teopisto. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/assuntos/educacao-basica/bncc>. Acesso em: 21 dez. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 401, de 4 de novembro de 2008. Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 215, p. 108-109, 5 nov. 2008. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?id=570&option=com_sisconama&task=arquivo.download. Acesso em: 22 jan. 2026.

DANIELL, John Frederic. On voltaic combinations. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, London, v. 126, p. 107-118, 1836.

DINIZ, B. P., Silva, L. A., & Alves, V. A. (2020). Experimentação no ensino de células galvânicas utilizando o método Jigsaw. *Química Nova na Escola*, 42(1), 77-87.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 25 ed. São Paulo. Paz e Terra. 2002.

GALVANI, Luigi. De viribus electricitatis in motu musculari commentarius. Bononiae: Ex Typographia Instituti Scientiarum, 1791.

GARCIA, Eduardo; SANTOS, Vanessa. Baterias, impactos ambientais e desafios para a sustentabilidade. Química Nova na Escola, v. 41, n. 2, p. 123-131, 2019.

GATTI, Bernadete. *Metodologias ativas e a inovação no ensino: uma análise crítica*. São Paulo: Atlas, 2018.

MOURA, Maria Cristina. *Educação Popular: Contribuições de Paulo Freire e Pedagogia Social*. São Paulo: Loyola, 2006.

MORAN, José Manuel. *Metodologias ativas para uma educação mais profunda e significativa*. São Paulo: Papirus, 2015.

VOLTA, Alessandro. On the electricity excited by the mere contact of conducting substances of different kinds. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, London, v. 90, p. 403-431, 1800.

APÊNDICE A

Imagens da abertura das pilhas.

a) Abertura de uma pilha alcalina



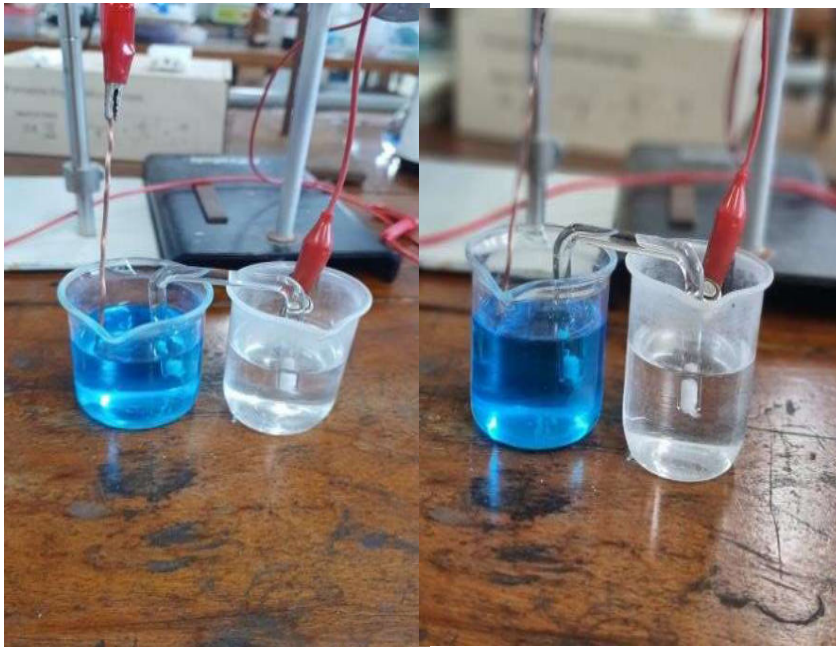
b) Eletrodo de grafite extraído da pilha em estudo



c) Eletrodo de Zinco extraído da pilha



d) Esquema montado



e) Eletrodos conectados às garras tipo jacaré da pilha de Daniell

