



Análise e quantificação de metais em pilhas comercializadas no município de Jaraguá do Sul

Adrielly Kuester de Bonfim | adriellykuester07@gmail.com¹
Daniela Laís Dauhs | danielalaisdauhs@gmail.com¹
Emanuelle Dias Eger | egeremanuelle@gmail.com¹
Isadora Eloisa Golinski | isadora.eloisag@gmail.com¹
Lucas Calhari | lucascalharitech@gmail.com¹
Giovani Pakuszewski | giovanipaki@ifsc.edu.br²

Trabalho de Pesquisa
DT 2 - Meio Ambiente, Agroindústrias, Territórios e Sustentabilidade Socioambiental

Resumo:

As pilhas comerciais são amplamente utilizadas no cotidiano, porém o descarte inadequado pode causar impactos ambientais devido à presença de metais em sua composição. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo determinar e quantificar os principais metais presentes em pilhas secas ácidas e alcalinas comercializadas no município de Jaraguá do Sul, além de avaliar possíveis semelhanças entre diferentes marcas. Para isso, as amostras foram desmontadas, submetidas à digestão química e analisadas por espectrometria de emissão atômica em chama e espectrometria de absorção atômica em chama, possibilitando a determinação dos teores de manganês, níquel, zinco, sódio e potássio. Os resultados mostraram diferenças entre os tipos de pilhas analisados, principalmente quanto à composição dos ânodos e cátodos. As pilhas alcalinas apresentaram maior teor de potássio, enquanto as secas ácidas apresentaram maiores concentrações de zinco. Já os teores de manganês e níquel permaneceram semelhantes entre as amostras, indicando certa padronização desses componentes. De modo geral, os resultados contribuíram para o conhecimento da composição química das pilhas comerciais, além de fornecer informações relevantes para ações de reciclagem e reaproveitamento de materiais.

Palavras-chave: pilhas; metais; quantificação; reciclagem.

Introdução

É evidente que as pilhas comerciais são muito utilizadas no dia a dia da população, mas elas também são responsáveis pela poluição. Conforme a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE), citado pelo G1 (2022), são consumidas cerca de

¹ Estudante do curso Técnico integrado em química do Instituto Federal de Santa Catarina - campus Jaraguá do Sul - Centro.

² Servidor docente da área da Química do Instituto Federal de Santa Catarina - campus Jaraguá do Sul - Centro.

800 milhões de pilhas por ano no Brasil, mas só 5% desse total é descartado de forma adequada.

Diante desse cenário, a pesquisa teve como objetivo identificar os principais metais presentes em pilhas comerciais e determinar suas porcentagens, verificando a existência de uma formulação base empregada em sua fabricação. Para isso, diferentes pilhas comerciais foram analisadas por técnicas espectrométricas, visando comparar suas composições químicas.

Além dos resultados científicos, o trabalho contribuiu para o fortalecimento do princípio da indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão, ao proporcionar a aplicação prática de conhecimentos teóricos, contato com metodologias laboratoriais e conscientização social sobre impacto e descarte corretos.

Fundamentação teórica

De acordo com Perillo (2020), para o funcionamento da pilha deve haver componentes normalmente metálicos que reajam, gerando os processos de oxidação e redução, são eles:

O agente oxidante é responsável por ganhar elétrons, enquanto o agente redutor perde elétrons. Essa transferência ocorre através do circuito externo, gerando uma diferença de potencial e consequentemente uma corrente elétrica.

Para que ocorra a oxirredução, as pilhas possuem ao menos dois eletrodos e um eletrólito. O ânodo sofre oxidação, perdendo elétrons, enquanto o cátodo sofre redução, ganhando elétrons. O eletrólito permite o movimento de íons, possibilitando a continuidade da reação. Na pilha de Daniell, o eletrólito está em solução aquosa, enquanto nas pilhas secas tem consistência pastosa. Além disso, a pilha de Daniell contém uma ponte salina, que permite a migração de íons para equilibrar as cargas e manter o funcionamento da reação.

A pilha seca ou comum é composta por zinco metálico em forma de cilindro que desempenha o papel de ânodo. O cátodo é o carbono grafite que é envolto por uma mistura de dióxido de manganês, carvão em pó e uma pasta úmida constituída de cloreto de amônio e cloreto de zinco (INMETRO, 2024).

As pilhas alcalinas são constituídas por solução de hidróxido de potássio, que entra em contato com o zinco metálico, ânodo das pilhas, quando é incorporado em um gel. A mistura de grafite e dióxido de manganês, atua como cátodo, este é separado do ânodo por um tecido poroso e possui uma estrutura de aço o envolvendo para prevenir vazamentos (Brown; Lemay; Bursten, 2005, p.750).

Procedimentos metodológicos

Para realizar as análises, foram compradas pilhas novas das marcas mais vendidas no comércio local e de fabricação nacional, inicialmente desmontadas por corte (horizontal e dois transversais) para separação do ânodo e cátodo, que foram pesados. Em seguida, realizou-se a digestão ácida conforme Krug (2016), utilizando 0,5000 g de amostra das pastas internas, tratadas com 40 mL de ácido sulfúrico $3,0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ e 10 mL de peróxido de hidrogênio (15%), em tubos Falcon de 50 mL, sob aquecimento em banho-maria a 60°C por 40 horas, com tampas destravadas. Ao final, as amostras foram filtradas, os sólidos não solubilizados foram pesados e os extratos foram diluídos com água deionizada até 50 mL.

As análises dos extratos para determinação das concentrações dos principais metais lixiviados (manganês, níquel, potássio, sódio e zinco) nos extratos foram realizadas utilizando espectrômetro de emissão atômica em chama da marca Analyzer®, modelo 910MS e espectrômetro de absorção atômica em chama (FAAS) da marca Perkin Elmer®, modelo Analyst A400.

A determinação das concentrações dos elementos sódio e potássio foi realizada por emissão atômica em chama (fotometria de chama), devido à alta intensidade de emissão característica desses metais alcalinos nesse método, utilizando padrões analíticos de $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ da marca SpecSol® para calibração do equipamento. Já manganês, níquel e zinco foram determinados por absorção atômica em chama, técnica que apresenta maior sensibilidade e seletividade para metais de transição, utilizando padrões analíticos de $1000 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ da marca SpecSol® para construção das curvas de calibração. Os valores foram expressos em percentual total de cada metal ou composto presente na amostra.

Os resíduos líquidos foram tratados e neutralizados e os sólidos foram armazenados para serem destinados ao aterro industrial, conforme resolução CONAMA nº 401, de 4 de novembro de 2008.

Resultados e discussões

Os resultados obtidos confirmam a adequação do método proposto na metodologia para a determinação quantitativa de metais por técnicas espectrométricas. As curvas de calibração construídas para zinco, manganês e níquel apresentaram boa linearidade, com coeficientes de correlação linear de 0,992, 0,998 e 0,990, respectivamente. A partir das curvas, foi possível determinar as concentrações totais desses metais nos extratos das digestões, atendendo ao objetivo do estudo. Para sódio e potássio, utilizou-se calibração direta com solução padrão, sem necessidade de curva analítica.

Na etapa seguinte, os dados obtidos evidenciam diferentes composições entre pilhas alcalinas e secas ácidas, conforme proposto na introdução ao investigar a presença e quantificação de metais em pilhas comerciais. A análise indicou percentuais mássicos similares dos cátodos de ambos os tipos, mas quando se trata dos ânodos, o percentual mássico nas pilhas alcalinas é aproximadamente dez vezes superior ao da pilha ácida.

A quantificação dos metais revelou que as amostras apresentaram cerca de 6,0% em teor de níquel; em todas as pilhas, os valores de manganês se mantiveram em torno de 4,5% e os teores de zinco foram praticamente três vezes maiores nas pilhas secas ácidas em relação às alcalinas. Nos ânodos das pilhas alcalinas, os teores de zinco foram superiores aos dos cátodos, e o potássio se destacou como elemento majoritário.

Observou-se ainda que as pilhas alcalinas apresentam maiores teores de potássio em relação às pilhas secas ácidas, em concordância com suas composições, uma vez que utilizam hidróxido de potássio como eletrólito, enquanto as ácidas empregam cloreto de zinco. Por outro lado, os teores de níquel e manganês mostraram-se praticamente constantes entre os dois tipos de pilhas, indicando padronização desses componentes.

A comparação com estudos anteriores executados por Vieira et al. (2013) e Souza e Tenório (2001, p. 473-476) demonstra mudanças na composição ao longo do tempo, especialmente no aumento do teor de níquel nas pilhas atuais, possivelmente associado à melhoria da durabilidade e resistência à corrosão.



Assim, os resultados contribuem para a compreensão da evolução e composição química de pilhas comerciais.

Considerações finais

Em síntese, os resultados obtidos demonstram que o processo de desmontagem e análise permitiu a determinação e quantificação consistente dos principais metais presentes em pilhas comerciais utilizadas. Apesar das diferenças de massa total e composição relativa, os resultados indicam concentrações semelhantes entre as amostras, o que sugere a existência de uma formulação padrão amplamente utilizada na fabricação de pilhas, independentemente da marca. De forma geral, a consistência dos valores obtidos reforça a confiabilidade do procedimento experimental para a quantificação dos componentes e fornece subsídios técnicos relevantes para a avaliação do potencial de recuperação de materiais em processos de reciclagem.

O desenvolvimento do trabalho permitiu aos integrantes o acesso e o aprendizado de técnicas analíticas de maior refinamento, como a construção de curvas de calibração e o uso de equipamentos especializados, incluindo o espectrômetro de absorção atômica em chama (FAAS).

O projeto abre diversas possibilidades para pesquisas futuras, como a investigação de contaminantes emergentes presentes na composição das pilhas, ampliando o potencial de impacto do estudo.

Por fim, os resultados demonstram que a integração entre ensino, pesquisa e extensão foi plenamente alcançada, evidenciando o potencial formativo e institucional da iniciativa, além de apontar perspectivas para ampliação e aprofundamento em projetos futuros.

Referências

BROWN, Theodore L.; LEMAY, H. Eugene Jr.; BURSTEN, Bruce E. **Química: A ciência central**. 9ª edição. Pearson Universidades, jan. 2005. Disponível em: <https://archive.org/details/9788587918420/page/n5/mode/2up>. Acesso em: 10 out. 2024.



G1. Mais de 200 toneladas de pilhas foram recicladas em Juiz de Fora em 2021; veja onde fazer o descarte correto, G1 - Zona de mata, 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/zona-da-mata/noticia/2022/07/10/mais-de-200-toneladas-de-pilha-s-foram-recicladas-em-juiz-de-fora-em-2021-veja-onde-fazer-o-descarte-correto.ghml>. Acesso em: 19 de abr. de 2025.

INMETRO. **Pilhas Alcalinas e Zinco - Manganês.** Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/Consumidor/produtos/pilha.asp#>. Acesso em: 01 dez. 2024.

KRUG, Francisco José; ROCHA, Fábio Rodrigo Piovezani. **Métodos de preparo de amostras Para Análise Elementar.** 2. ed. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2019. 590 p. Acesso em: 1 de nov. de 2025

PERILLO, Bruna. **Pilhas – Definição, funcionamento, componentes e principais exemplos.** Disponível em: <https://conhecimentocientifico.r7.com/pilhas/>. Acesso em: 6 de dez. de 2024.

SOUZA, Cleusa Cristina Bueno Martha de. TENÓRIO, Jorge Alberto Soares. **Aplicação de processos hidrometalúrgicos na reciclagem de pilhas.** 2003. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3133/tde-03072024-155908/pt-br.php>. Acesso em: 10 de nov. de 2025.

VIEIRA, Leonardo Henrique Coimbra; SILVA, Rafael Gundim; DA SILVA, Bruno Oliveira; HENRIQUE JÚNIOR, Sérgio de Souza; CÂMARA, Sílvio Carrielo; AFONSO, Júlio Carlos. **Avaliação da qualidade de pilhas alcalinas e zinco-carbono de diferentes procedências.** Eclética Química, v. 1, p. 09–24, 2015. Disponível em: <https://revista.iq.unesp.br/ojs/index.php/ecletica/article/view/95>. Acesso em: 10 de nov. de 2025.