



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS PICOS-PI
CURSO LICENCIATURA EM QUÍMICA MÓDULO IX**

CAMILY VITÓRIA BORGES FONTES

**QUÍMICA AMBIENTAL: Os impactos decorrentes do descarte de pilhas e
baterias**

PICOS-PI

2026

CAMILY VITÓRIA BORGES FONTES

QUÍMICA AMBIENTAL: Os impactos decorrentes do descarte de pilhas e baterias

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como exigência para
aprovação na disciplina Trabalho de
Conclusão de Curso (TCC) II, do Curso de
Licenciatura em Química, do Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Piauí, Campus Picos

Orientador: Prof. Me. Francisco de Assis
Araújo Barros

PICOS

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Fontes, Camily Vitória Borges

F682q Química ambiental : os impactos decorrentes do descarte de pilhas e baterias / Camily Vitória Borges Fontes. - 2026.
37 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Picos, 2026.

Orientador : Prof Me. Francisco de Assis Araújo Barros.

1. Meio ambiente. 2. Saúde humana. 3. Descarte incorreto. 4. Pilhas e baterias. I. Título.

CDD - 540

Elaborado por Silvio de Carvalho Gomes Coutinho CRB 3/1362

CAMILY VITÓRIA BORGES FONTES

QUÍMICA AMBIENTAL: Os impactos decorrentes do descarte de pilhas e baterias

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II, do Curso de Licenciatura em Química, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Picos

Orientador: Prof. Me. Francisco de Assis Araújo Barros

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Francisco de Assis Araújo Barros (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof^a. Ma. Rayza Borba de Lima
Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Prof. Me. Renato Pereira de Sousa
Universidade Federal do Piauí (UFPI)

RESUMO

A criação de pilhas e baterias representou um marco importante para a evolução da tecnologia humana, pois possibilitou maior portabilidade dos equipamentos eletrônicos, promovendo praticidade, conforto e eficiência no cotidiano da sociedade moderna. Com esse avanço tecnológico, diversos aparelhos tornaram-se acessíveis e indispensáveis, facilitando atividades domésticas, profissionais e educacionais. No entanto, o uso crescente desses dispositivos acarretou consequências significativas, especialmente no descarte inadequado de pilhas e baterias no meio ambiente. No Brasil, esses resíduos frequentemente são descartados no lixo comum ou armazenados em gavetas, devido à falta de conhecimento da população sobre os riscos que representam para a saúde humana e ambiental. O aumento do consumo de aparelhos eletrônicos resultou também no crescimento da geração de resíduos perigosos que, quando descartados em lixões ou aterros sanitários, liberam substâncias tóxicas. Esses componentes causam a contaminação do solo e da água, afetando os seres vivos e atingindo o homem por meio da cadeia alimentar. Dessa forma, a conscientização ambiental e o descarte adequado de pilhas e baterias tornam-se essenciais para reduzir os impactos ambientais e preservar a qualidade de vida da sociedade.

Palavras-chave: Pilhas e Baterias. Descarte Incorreto. Meio Ambiente. Contaminação. Saúde Humana.

ABSTRACT

The invention of batteries represented a significant milestone in the evolution of human technology, enabling greater portability of electronic equipment and promoting practicality, comfort, and efficiency in the daily lives of modern society. With this technological advancement, various devices have become accessible and indispensable, facilitating domestic, professional, and educational activities. However, the increasing use of these devices has led to significant consequences, especially the improper disposal of batteries in the environment. In Brazil, these wastes are frequently discarded in regular trash or stored in drawers due to a lack of public awareness about the risks they pose to human and environmental health. The increased consumption of electronic devices has also resulted in a growth in the generation of hazardous waste, which, when disposed of in dumps or landfills, releases toxic substances. These components contaminate soil and water, affecting living beings and impacting humans through the food chain. Therefore, environmental awareness and the proper disposal of batteries are essential to reduce environmental impacts and preserve the quality of life for society.

Keywords: Cells and Batteries. Improper Disposal. Environment. Contamination. Human Health.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Relação sistêmica da química ambiental com os ecossistemas.....	13
Figura 2 - Ciclo da logística reversa.....	20
Figura 3 - Folder educativo sobre o descarte adequado de pilhas e baterias.....	26

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	08
2	JUSTIFICATIVA.....	11
3	OBJETIVOS.....	12
3.1	Objetivo Geral.....	12
3.2	Objetivos Específicos.....	12
4	REFERENCIAL TEÓRICO	13
4.1	Contexto Histórico.....	13
4.2	Lixo Eletrônico.....	14
4.3	Pilhas e Baterias.....	15
4.4	Descarte incorreto de pilhas e baterias.....	18
4.5	Descarte correto de pilhas e baterias.....	19
4.6	Leis e políticas públicas.....	20
5	METODOLOGIA.....	22
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
7	CONCLUSÃO.....	28
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

Um dos principais problemas que as sociedades enfrentam é a gestão dos resíduos produzidos. Há muito tempo, produzir lixo se tornou regra e causou problemas aos povos. Em princípio, os nômades e coletores que habitavam a casa comum há cerca de 5 mil anos permaneciam em uma determinada área até seus recursos se tornarem escassos. Então, deixavam o local em busca de uma nova morada. Para trás ficava seu lixo, em geral orgânico, que era logo decomposto. À medida que o ser humano começou a desenvolver certas ferramentas para seu próprio conforto e a construir moradias fixas, o processo de sedentarização se instalou. Com ele, há domesticação dos animais e um aumento na produção de resíduos, porém, nada muito alarmante (HISTÓRIA, 1999). A Química Ambiental estuda os processos químicos que ocorrem na natureza e suas complexas interações com os meios bióticos e abióticos, analisando tanto a composição natural quanto o impacto e o fluxo de contaminantes na cadeia alimentar e na saúde humana (MANAHAN, 2013; BAIRD; CANN, 2011). Neste caso, estudam-se fontes, reações, transporte, efeitos e destino de espécies químicas e o efeito das atividades humanas (GUPTA e KHOLANGBAM, 2015), em que essas fontes são formas de poluição, como, por exemplo, o despejo incorreto de resíduos sólidos, desmatamento e o lixo eletrônico.

As pilhas e baterias são exemplos de lixo eletrônico. Esses dispositivos transformam energia química em energia elétrica e estão presentes em diversos equipamentos utilizados diariamente para os mais diversos fins. Contêm em sua composição metais pesados, como chumbo, cádmio e outras substâncias altamente tóxicas que podem causar graves danos ambientais caso sejam descartados de forma incorreta (PARECER TÉCNICO Nº 70 CGVAM/SVS/MS/2008). O descarte inadequado de pilhas e baterias em lixões ou aterros comuns resulta na degradação física e no rompimento das cápsulas protetoras desses dispositivos. Esse processo expõe substâncias altamente tóxicas ao ecossistema, desencadeando um ciclo severo de degradação ambiental. Inicialmente, ocorre a lixiviação dos componentes químicos nocivos para as camadas do solo, alterando suas propriedades biológicas e comprometendo a produtividade de lavouras locais (REZENDE et al., 2024). Paralelamente, essas substâncias penetram o perfil terrestre até alcançarem o lençol freático e corpos d'água superficiais, o que inutiliza recursos hídricos destinados ao

consumo público e destrói habitats aquáticos inteiros (BRASIL, 2008).

Em relação à agressão aos organismos vivos, ela se agrava de forma contínua devido ao fenômeno da bioacumulação ao longo da teia alimentar. Elementos não biodegradáveis são incorporados por plantas e pequenos seres, acumulando-se em concentrações progressivamente maiores e mais letais à medida que avançam na cadeia ecológica até atingirem o topo, onde se encontram os seres humanos (FIOCRUZ, 2018). Na saúde humana, a exposição crônica a esses elementos provoca danos sistêmicos irreversíveis. O chumbo ataca de forma direta o sistema nervoso central e compromete o desenvolvimento cognitivo, enquanto o cádmio acumula-se preferencialmente nos rins, causando severas disfunções renais e atuando como um potente agente carcinogênico no organismo (BRASIL, 2008).

Diante desse cenário de degradação ambiental, a Química Verde emerge como um modelo conceitual e prático indispensável para mitigar tais impactos. Proposta originalmente por Anastas e Warner (1998), a Química Verde fundamenta-se em doze princípios que visam reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias nocivas durante o design, manufatura e aplicação de produtos químicos. No âmbito das fontes de energia portáteis, o descarte inadequado viola diretamente os preceitos de Prevenção de Resíduos (Princípio 1) e de Design para a Degradação (Princípio 10), uma vez que o modelo linear de consumo negligencia o ciclo de vida pós-consumo desses materiais.

Sob a perspectiva da sustentabilidade e da economia circular, a Química Verde não foca apenas na remediação dos danos causados pelo descarte inadequado, mas sim na reengenharia do produto. Conforme apontado por Lenardão *et al.* (2003), a aplicação da Química Verde no setor industrial exige o desenvolvimento de rotas sintéticas mais seguras e a substituição de componentes tóxicos por alternativas renováveis ou de menor impacto ecotoxicológico. Desse modo, o redesenho de acumuladores de energia — como o investimento em baterias de íons de sódio ou matrizes poliméricas orgânicas — alinha-se à busca por tecnologias limpas, transformando o gerenciamento de resíduos em um processo ecoeficiente que minimiza a pegada ambiental desde a concepção do produto até a sua disposição final.

Nesta perspectiva, é importante tratar do descarte adequado de pilhas e baterias, sobre o qual este trabalho fez uma análise do impacto causado pelo descarte incorreto de pilhas e baterias no eixo ambiental. A escolha do tema visa à proximidade

com a realidade da comunidade e pode despertar nesta uma visão crítica e reflexiva sobre suas ações perante o meio ambiente. Além disso, atualmente, a preocupação com o destino correto do lixo eletrônico tem aumentado, haja vista seus efeitos negativos. Verifica-se que os impactos causados pelo lixo eletrônico afetam as comunidades, inclusive os seres humanos. Diante desse exposto, este trabalho visa a que as ações educativas busquem sensibilizar a comunidade acerca do problema.

2 JUSTIFICATIVA

No cenário brasileiro, a maior parcela dos consumidores adquire pilhas e baterias de uso convencional e, devido à escassez de pontos de coleta ou à desinformação, acaba realizando o descarte inadequado desses resíduos junto ao lixo doméstico convencional (SANTOS, 2019; SILVA, 2010). A problemática da destinação final de resíduos como pilhas e baterias está presente nos diálogos da sociedade que se preocupa com os impactos ao meio ambiente e à saúde provocados pela má destinação final desses resíduos.

A ausência de reciclagem de componentes eletrônicos, como pilhas e baterias, culmina na perda de matérias-primas valiosas e eleva a demanda energética para a extração de novos recursos, gerando uma pegada de carbono significativamente maior no processo de fabricação (SANTOS *et al.*, 2023; ROBINSON, 2009).

Legalmente, há previsão de que esses resíduos especiais deveriam retornar para seus fabricantes, garantindo que os mesmos darão o destino adequado; entretanto, é importante conscientizar a população sobre o descarte correto de pilhas e baterias, incentivando a coleta seletiva e o encaminhamento desses resíduos para locais adequados de reciclagem e tratamento. Isso pode ser feito por meio de campanhas de educação ambiental, pontos de coleta em locais estratégicos e regulamentações específicas que responsabilizem fabricantes e consumidores pelo descarte correto desses produtos.

Dessa forma, é possível garantir a proteção do meio ambiente e da saúde pública. Além de preservar recursos naturais e reduzir emissões de gases de efeito estufa.

Portanto, justificam-se a elaboração e a distribuição de folders educativos voltados à conscientização da população sobre a importância do descarte correto de pilhas e baterias e ao incentivo à coleta seletiva desses materiais. Além disso, este estudo busca analisar os impactos socioambientais decorrentes do descarte inadequado desses resíduos e discutir estratégias de reciclagem, logística reversa e educação ambiental que contribuam para a redução desses impactos, a preservação do meio ambiente e a proteção da saúde pública.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Analisar os impactos socioambientais decorrentes do descarte inadequado de pilhas e baterias, identificando soluções viáveis de reciclagem e promovendo a conscientização pública por meio de materiais informativos.

3.2 Objetivos específicos

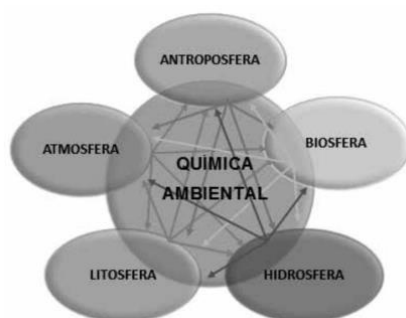
- Promover a conscientização da população sobre os impactos ambientais e os riscos à saúde humana decorrentes do descarte inadequado de pilhas e baterias, por meio da elaboração e distribuição de folders educativos que orientem sobre a correta destinação desses resíduos e incentivem a adoção de práticas ambientalmente responsáveis;
- Analisar os efeitos toxicológicos dessas substâncias sobre os organismos vivos e a saúde humana, considerando a bioacumulação e a biomagnificação na cadeia alimentar;
- Investigar as práticas de descarte de pilhas e baterias adotadas pela sociedade e o nível de conhecimento ambiental da população;
- Discutir a importância da logística reversa, da reciclagem e da educação ambiental como estratégias de mitigação dos impactos ambientais;
- Avaliar os processos de contaminação do solo e dos recursos hídricos resultantes do descarte incorreto desses resíduos;
- Identificar e caracterizar os principais componentes químicos presentes em pilhas e baterias, com ênfase nos metais pesados e em seu potencial poluidor.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Contexto histórico

A Química Ambiental teve origem na química clássica, possivelmente ainda no século XVII, quando começou a preocupação com a devastação do meio ambiente na região do Reino Unido, próxima à qual se realizava a extração de carvão mineral (JARDIM, 2001). Os anos de 1960 e 1970 foram marcados por um grande impulso no crescimento da Química Ambiental, devido aos riscos à saúde humana causados pela poluição do meio ambiente natural e visto que a Química Ambiental tem uma relação sistêmica com vários ecossistemas, conforme revelado na Figura 1 (LENZI e FAVERO, 2011; BLEAM, 2012).

Figura 1: Relação sistêmica da química ambiental com os ecossistemas.



Fonte: Adaptado de Lenzi e Favero (2011, p. 81).

Porém, no Brasil, foi somente em 1994 que foi criada a Divisão de Química Ambiental na Sociedade Brasileira de Química (SBQ), com o propósito de abrigar a produtividade técnica e científica dos técnicos e pesquisadores que já, há alguns anos, trabalhavam nesta área de concentração (MOZETO; JARDIM, 2002).

Reconhecida como uma parte interdisciplinar da química como ciência exata, a Química Ambiental tem uma função importante no diagnóstico e na contribuição para a solução de problemas ambientais (MOZETO e JARDIM, 2002). Assim, o processo de ensino-aprendizagem é de suma importância na divulgação da Química Ambiental. Neste caso, como o ensino deve ser interdisciplinar, dará maior ênfase à aprendizagem de habilidades como a formulação de perguntas, pensamento sistemático, resolução de problemas, tomada de decisões, raciocínio avaliativo e uma visão plurilateral (ZOLLER, 2005).

Vivemos uma era de mudanças rápidas advindas do desenvolvimento das tecnologias digitais que trazem novas e diferentes interfaces e interações entre pessoas na sociedade (COUTINHO e LISBÔA, 2011). A informação é a transmissão de mensagens que possuem um significado comum entre o emissor e um sujeito. Toda informação é dotada de consciência, objetivo e finalidade ao ser transmitida do emissor para o interlocutor (KOHN e MORAES, 2007).

Segundo Bachi (2013, p. 1), “devido ao aumento na busca da tecnologia, muitos aparelhos acabam se tornando obsoletos cada vez em menos tempo, gerando um grande número de resíduos”. Há resíduos eletrônicos que se acumulam no ambiente, pois, em boa parte das vezes, não têm um destino final adequado, assim como o lixo eletrônico, por exemplo, as pilhas e baterias.

4.2 Lixo eletrônico

De acordo com Gouveia (2012), conforme os anos passam, mais a população global cresce, principalmente nos meios urbanos. Nos últimos anos, o problema que mais vem preocupando a comunidade científica e a população no geral é o crescimento alarmante na quantidade de resíduos dispersos no meio ambiente. Por ano, são descartadas em torno de 20 a 50 milhões de toneladas de lixo eletrônico em todo o mundo (SONG; LI, 2014). Estima-se que, até 2025, o número de resíduos sólidos (eletrônicos ou não) descartados pela população seja de aproximadamente 2 bilhões de toneladas por ano (HOORNWEG; BHADA-TATA, 2012). Estes números são consequência do aumento populacional e das grandes revoluções tecnológicas que se têm experienciado nas últimas décadas.

Por consequência disso, a produção de resíduos aumenta em níveis alarmantes. Além disso, devido aos avanços tecnológicos, todo esse lixo produzido passou a ter em sua composição materiais sintéticos e alguns elementos muito perigosos, tanto aos ecossistemas quanto à saúde humana (GOUVEIA, 2012).

Nesse contexto, é importante ressaltar que o manejo adequado de resíduos é de extrema necessidade para a preservação do meio ambiente. E mais do que isso, a diminuição de sua produção. Quando dispostos irresponsavelmente, os resíduos podem comprometer a qualidade do solo, da água e do ar, por serem fontes de compostos orgânicos voláteis, solventes e metais pesados, por exemplo (GOUVEIA, 2012).

No Brasil, grande parte dos resíduos eletrônicos não chega ao seu destino correto. Também devido ao grande número de lixões a céu aberto, percebem-se as devastadoras consequências sobre o meio ambiente, já que o lixo eletrônico descartado é responsável pela liberação de uma grande quantidade de metais pesados, tóxicos ao ambiente. Dentre os metais liberados, ferro (Fe), cobre (Cu), alumínio (Al), zinco (Zn) e chumbo (Pb) são encontrados em maior quantidade, a cada tonelada de lixo misto (NATUME; SANT'ANNA, 2011).

4.3 Pilhas e baterias

No final da década de 1970 surgiram os primeiros sinais de alerta sobre os perigos de se descartar baterias e pilhas usadas junto com o resíduo comum. A demanda na utilização de energia portátil é crescente em equipamentos eletroeletrônicos diversos. Isso provoca o crescimento da produção e do consumo de pilhas e baterias (ROCHA, 2004).

As pilhas e baterias incluem em sua composição metais pesados que podem contaminar o solo, as plantas, o lençol freático e também comprometer a saúde humana (MENDES et al., 2013).

Diariamente, milhões de pessoas descartam de maneira incorreta pilhas e baterias, lançando-as no meio ambiente, onde esses dispositivos liberam seus componentes tóxicos, contaminando o solo, a água, a atmosfera e todas as formas de vida, inclusive o homem (SCHIO, 2003).

Uma pilha é um dispositivo capaz de produzir corrente elétrica (eletricidade) por meio de reações de oxidação e redução de componentes metálicos presentes em sua estrutura (FABRI e SILVEIRA, 2012).

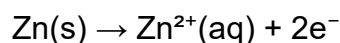
De acordo com a Resolução CONAMA 401/08, baterias são definidas como "acumuladores recarregáveis ou conjuntos de pilhas, interligados em série ou em paralelo", e pilhas como sendo "geradores eletroquímicos de energia elétrica, mediante conversão de energia química, podendo ser do tipo primária (não recarregável) ou secundária (recarregável)" (BRASIL, CONAMA 401 de 2008, p. 1).

Apesar disso, as duas têm o mesmo intuito: a produção de corrente elétrica para o abastecimento de alguma fonte ou produto; contudo, possuem características, funcionamento e composição variados (MARQUES; CUNHA, 2013). No Brasil, o termo 9ª bateria refere-se, por exemplo, a dispositivos industriais e automobilísticos,

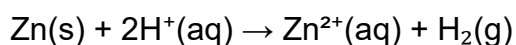
a equipamentos médicos e a pilhas e dispositivos usados em equipamentos domésticos (SCHIO, 2003).

Quando descartadas inadequadamente no meio ambiente, as pilhas e baterias ficam expostas a fatores como umidade, variações de pH e condições de oxidação e redução, que podem favorecer a corrosão de seus invólucros e a liberação dos componentes químicos presentes em seu interior. Pilhas zinco-carbono e alcalinas possuem, principalmente, zinco e manganês em sua composição, além de poderem apresentar outros elementos, como chumbo, cádmio e mercúrio, cujos teores são regulamentados devido aos riscos ambientais associados à sua presença (SILVA et al., 2011; BRASIL, 2008).

No caso das pilhas zinco-carbono e alcalinas, o zinco metálico presente no ânodo pode sofrer oxidação quando exposto às condições ambientais, formando íons Zn^{2+} , conforme a seguinte semirreação:

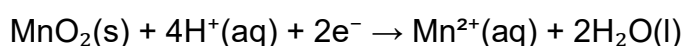


Em meio ácido, essa transformação também pode ser representada de forma global por:



A formação de Zn^{2+} é ambientalmente relevante porque essa espécie pode permanecer na solução do solo ou interagir com sua fração sólida, dependendo principalmente do pH, da matéria orgânica e das características mineralógicas do solo. Bertoncini e Mattiazzo (1999) destacam que a mobilidade de metais como zinco, cádmio e níquel é influenciada pelas condições físico-químicas do meio, sendo a retenção geralmente favorecida pelo aumento do pH e pelo teor de matéria orgânica. Dessa maneira, condições que favoreçam sua solubilização podem aumentar a possibilidade de transporte desses elementos ao longo do perfil do solo.

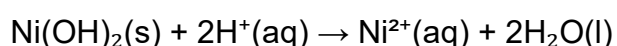
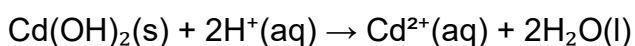
O manganês, encontrado principalmente na forma de dióxido de manganês (MnO_2) em pilhas alcalinas e zinco-carbono, também pode sofrer transformações químicas. Em ambientes ácidos e redutores, o MnO_2 pode ser convertido em Mn^{2+} , segundo a reação:



O Mn^{2+} apresenta maior solubilidade e mobilidade quando comparado a determinadas formas sólidas de manganês. Agourakis et al. (2006), ao estudarem pilhas alcalinas abertas submetidas à percolação de uma solução que simulava chuva ácida em uma coluna de solo durante um ano, observaram aumento expressivo das

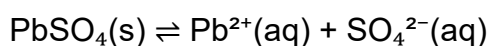
concentrações de zinco e manganês na camada superficial do solo, demonstrando que o descarte desses materiais pode contribuir para alterações na composição química do ambiente.

Além das pilhas alcalinas e zinco-carbono, as baterias de níquel-cádmio representam outra fonte de espécies metálicas potencialmente tóxicas. Quando compostos hidroxilados desses metais entram em contato com ambientes suficientemente ácidos, sua solubilização pode ser representada, de maneira simplificada, pelas seguintes reações:



A liberação dos íons Cd^{2+} e Ni^{2+} é preocupante devido à possibilidade de interação dessas espécies com a solução e com as partículas do solo. Martinelli (2013), ao avaliar experimentalmente a contaminação provocada por baterias Ni-Cd em colunas de solo, verificou aumento das concentrações de cádmio e níquel, demonstrando que esses elementos apresentam potencial para alterar os ciclos naturais e comprometer a qualidade do solo. A mobilidade dessas espécies, entretanto, não é constante, uma vez que processos de adsorção, precipitação e retenção pelas partículas minerais podem modificar seu comportamento no ambiente (BERTONCINI; MATTIAZZO, 1999).

As baterias chumbo-ácido também merecem atenção ambiental, pois apresentam chumbo em seus eletrodos e solução de ácido sulfúrico como eletrólito. Entre as espécies presentes durante os processos eletroquímicos encontra-se o sulfato de chumbo, cuja dissolução pode ser representada pelo equilíbrio:



Embora o sulfato de chumbo apresente baixa solubilidade, alterações nas condições químicas do ambiente podem influenciar a forma em que o chumbo se encontra no solo. A presença de espécies contendo Pb^{2+} representa risco ambiental em razão da toxicidade e da persistência do chumbo. Por esse motivo, as baterias chumbo-ácido usadas requerem gerenciamento e destinação ambientalmente adequados, sendo consideradas resíduos que não devem ser descartados junto aos resíduos sólidos comuns (BRASIL, 2008).

Outro elemento relevante é o lítio, empregado em diferentes tipos de baterias modernas. Apesar de não ser classificado como metal pesado, sua presença em resíduos descartados inadequadamente também merece atenção. Oliveira et al.

(2013), ao investigarem a sorção e a mobilidade do lítio em solos de áreas de disposição de resíduos sólidos urbanos, demonstraram que seu deslocamento varia de acordo com as características do solo e que, em condições de maior mobilidade, existe possibilidade de transporte em direção às águas subterrâneas.

Portanto, as reações apresentadas demonstram que o descarte inadequado de pilhas e baterias não ocasiona apenas o acúmulo físico desses resíduos no ambiente. A deterioração desses materiais e as transformações químicas de seus componentes podem favorecer a formação e a liberação de espécies como Zn^{2+} , Mn^{2+} , Cd^{2+} , Ni^{2+} e Pb^{2+} . O comportamento dessas espécies depende de fatores como pH, umidade, matéria orgânica, composição mineralógica e condições de oxirredução do solo, que controlam processos de adsorção, precipitação, dissolução e lixiviação (AGOURAKIS et al., 2006; BERTONCINI; MATTIAZZO, 1999; MARTINELLI, 2013). Esses processos reforçam a necessidade da coleta seletiva, da logística reversa e da destinação ambientalmente adequada desses resíduos, conforme estabelecido pela legislação brasileira (BRASIL, 2008).

4.4 Descarte incorreto de pilhas e baterias no meio ambiente

No Brasil, apesar da existência de uma legislação que determina serem proibidas as formas de destinação final de quaisquer pilhas e baterias utilizadas, e que esses produtos devem ser devolvidos aos seus fabricantes, ainda é ineficiente o processo de tratamento de pilhas e baterias esgotadas, sendo que estas muitas vezes são descartadas indevidamente no lixo doméstico (PROVAZI et al., 2012, p. 336).

No capítulo VI art. 22, da Resolução CONAMA nº 401, de 4 de novembro de 2008, fica explicitamente proibida a disposição ou destinação final de pilhas e baterias de forma inadequada:

Não serão permitidas formas inadequadas de disposição ou destinação final de pilhas e baterias usadas, de quaisquer tipos ou características, tais como: I - lançamento a céu aberto, tanto em áreas urbanas como rurais, ou em aterro não licenciado; II - queima a céu aberto ou incineração em instalações e equipamentos não licenciados; III - lançamento em corpos d'água, praias, manguezais, pântanos, terrenos baldios, poços ou cacimbas, cavidades subterrâneas, redes de drenagem de águas pluviais, esgotos, ou redes de eletricidade, telefone, mesmo que abandonadas, ou em áreas sujeitas à inundação (BRASIL, 2008, art. 22).

O hábito cultural de reter pilhas esgotadas em residências ou descartá-las diretamente no fluxo de resíduos domésticos agrava o quadro de degradação

ambiental; a degradação física desses dispositivos resulta na lixiviação de componentes tóxicos, contaminando o solo, os aquíferos subterrâneos e comprometendo a integridade da fauna e da flora locais (SANTOS, 2019; SILVA, 2010).

Uma questão preocupante é a potencial contaminação das águas subterrâneas por meio de lixiviação dos aterros e lixões, devido aos metais pesados, considerados sérios poluentes ambientais, devido à propriedade de bioacumulação por meio da cadeia alimentar e por seus efeitos sobre o organismo humano (AFONSO et al., 2003, p. 575).

4.5 Descarte correto de pilhas e baterias no meio ambiente

Atualmente, um dos maiores problemas do Brasil é a coleta de pilhas e baterias, devido à falta de conhecimento e de informações sobre o tema, pois não depende apenas da cooperação da população em geral, mas também de indústrias e lojas que comercializam esse tipo de produto. Existem atualmente várias maneiras de descartar corretamente as pilhas e baterias, como, por exemplo, por meio da reciclagem desses materiais e do ciclo da logística reversa, mostrado na Figura 2.

No Brasil, a reciclagem é feita a partir da separação dos metais de revestimento externo, que devem ser mandados para empresas recicladoras especializadas nesses produtos, e depois os metais internos, que podem ser restaurados por ponto de fusão, precipitação, eletrólise ou condensação (ECYCLE, 2011).

Na reciclagem, alguns dos metais pesados podem ser reaproveitados como o cádmio metálico, que, com pureza acima de 99,95%, pode ser utilizado por fabricantes de baterias automotivas. Assim como os óxidos metálicos, usados na fabricação de fogos de artifício, pisos de cerâmica, tintas e vidros, e também níquel e ferro, utilizados na fabricação de aço inoxidável (ECYCLE, 2011).

LEITE (2003, p. 16) define Logística Reversa como:

A área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuição reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros.

Figura 2: Ciclo da logística reversa.



Fonte: GREEN ELETRON. **Ciclo da Logística Reversa**. 2022. Disponível em: greeneletron.org.br.

4.6 Leis e políticas públicas

A Constituição Federal de 1988, no Art.225, descreve que todos têm direito ao meio ambiente e que o poder público, juntamente com a coletividade, deve defendê-lo e preservá-lo para presentes e gerações futuras. No inciso VI, a fim de “promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente. Nesse contexto, toda a sociedade tem responsabilidade e compromisso com a proteção ambiental (BRASIL, 1988).

A Educação Ambiental tem como um dos princípios básicos a visão holística, devendo permear todo o processo educativo (BRASIL, 1999). Um processo de aprendizagem permanente, para promover o desenvolvimento sustentável, requer educação continuada, aprendizado estático e dinâmico, a teoria e a prática, múltiplas escolhas e decisões, uma escolha de forma consciente e responsável (MARIGA, 2006).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, no Art.8, elenca os instrumentos, a pesquisa científica e tecnológica e a EA é valorizada como um instrumento importante (BRASIL, 2010)

A Lei nº 6.938 dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. O Art.2 descreve os incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais e fortalece a ideia de educação ambiental a todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade,

objetivando capacitá-la à participação ativa na defesa do meio ambiente (BRASIL, 1981).

O desenvolvimento sustentável é um instrumento indispensável e surge como proposta para atenuar parte dos problemas de exploração do meio ambiente. A educação ambiental tem função importante na conscientização dos indivíduos sobre a proteção ambiental. (REMÉDIO e BARBOSA, 2013).

A educação ambiental é fundamental em todos os níveis dos processos educativos e, em especial, nos anos iniciais da escolarização, pois é mais fácil conscientizar desde criança (MEDEIROS et al., 2011).

5 METODOLOGIA

O presente estudo caracterizou-se como uma pesquisa de abordagem qualitativa, de natureza exploratória, desenvolvida por meio de revisão bibliográfica e documental, com enfoque na problemática do descarte inadequado de pilhas e baterias e seus impactos ambientais, sociais e à saúde humana, considerando como contexto de análise o município de Picos, no estado do Piauí. A abordagem qualitativa permitiu a interpretação e a compreensão do fenômeno investigado, enquanto a pesquisa exploratória possibilitou ampliar o conhecimento sobre a temática por meio da análise e organização de informações obtidas em diferentes fontes, conforme Gil (2008).

A revisão bibliográfica foi realizada mediante consulta a publicações científicas produzidas entre os anos de 2000 e 2026, abrangendo artigos científicos, livros, dissertações, teses e periódicos especializados. Também foram consultados repositórios eletrônicos, como o Google Acadêmico, além de sites institucionais, como o da Sociedade Brasileira de Química (SBQ), e periódicos da área, entre eles *Química Nova* e *Química Nova na Escola*. Foram selecionadas obras que apresentavam relevância para o tema, atualidade e confiabilidade científica, servindo como base para a fundamentação teórica da pesquisa.

Após a seleção do material, as informações foram organizadas e analisadas de forma descritiva e interpretativa, possibilitando a identificação dos principais impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado de pilhas e baterias, das implicações à saúde humana, da legislação aplicável e das estratégias de gerenciamento e educação ambiental relacionadas a esses resíduos.

Como parte dos procedimentos metodológicos da pesquisa, foi elaborado e distribuído um folder educativo direcionado à comunidade acadêmica do Instituto Federal do Piauí (IFPI) – Campus Picos. O material teve como finalidade sensibilizar estudantes e servidores acerca dos riscos ambientais e à saúde decorrentes do descarte inadequado de pilhas e baterias, além de apresentar orientações sobre a destinação ambientalmente adequada desses resíduos. A escolha do IFPI – Campus Picos justificou-se pela facilidade de acesso da pesquisadora ao público-alvo, o que possibilitou a realização da ação de conscientização durante o desenvolvimento da pesquisa.

O folder foi elaborado com o auxílio das plataformas digitais Canva e Microsoft Designer, que possibilitaram a criação de um material visualmente atrativo, com linguagem clara, objetiva e acessível. Posteriormente, o material foi distribuído aos estudantes e servidores da instituição, acompanhado de breves orientações sobre o descarte adequado de pilhas e baterias, com o objetivo de promover a conscientização ambiental e incentivar práticas adequadas de destinação desses resíduos.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos por meio da revisão bibliográfica evidenciaram que a educação ambiental constitui uma importante estratégia para minimizar os impactos decorrentes do descarte inadequado de pilhas e baterias. Esse resultado está em consonância com Medeiros et al. (2011), que afirmam que a educação ambiental favorece a formação de cidadãos conscientes e comprometidos com a preservação ambiental. Além disso, Remédio e Barbosa (2013) destacam que a educação ambiental é um importante instrumento de proteção do meio ambiente e de promoção do desenvolvimento sustentável.

Os estudos analisados demonstram que, embora a legislação brasileira estabeleça mecanismos para a logística reversa desses resíduos, a falta de informação e de conscientização da população ainda representa um dos principais desafios para a efetivação de práticas ambientalmente adequadas. Esse resultado corrobora Santos (2019) e Silva (2010), que apontam que grande parte da população ainda descarta pilhas e baterias juntamente com o lixo doméstico por desconhecer os riscos ambientais e os locais adequados para devolução desses resíduos. Nesse sentido, os resultados reforçam que a divulgação de informações sobre os riscos associados ao descarte incorreto desses materiais pode contribuir para o fortalecimento da responsabilidade socioambiental e para a adoção de práticas mais sustentáveis.

Como parte das ações propostas neste estudo, foi elaborado um folder educativo contendo informações sobre os impactos ambientais e os riscos à saúde humana decorrentes do descarte inadequado de pilhas e baterias, além de orientações sobre a destinação ambientalmente adequada desses resíduos. O material foi desenvolvido com linguagem clara, objetiva e acessível, associada a recursos visuais que favorecem a compreensão das informações apresentadas, tornando-o um instrumento de apoio às ações de educação ambiental.

Após sua elaboração, o folder foi distribuído aos estudantes e servidores do IFPI – Campus Picos como estratégia de educação ambiental. A utilização de materiais educativos impressos constitui uma estratégia relevante para a disseminação de informações e para a sensibilização da população quanto às questões ambientais. Segundo Echer (2005), esses materiais favorecem a compreensão das informações em saúde e educação, enquanto Almeida (2017)

ressalta sua importância como instrumento de educação ambiental voltado para a mudança de comportamento. A distribuição do material constituiu uma ação de educação ambiental voltada à divulgação de informações sobre os impactos do descarte inadequado de pilhas e baterias e sobre as formas corretas de destinação desses resíduos. A iniciativa buscou aproximar o conhecimento científico da comunidade acadêmica, estimulando a reflexão acerca da responsabilidade individual e coletiva na gestão desses materiais e reforçando a importância da logística reversa como instrumento de preservação ambiental.

Embora o presente estudo não tenha realizado avaliação quantitativa ou qualitativa da percepção dos participantes após a distribuição dos folder, a literatura consultada demonstra que materiais educativos constituem importantes ferramentas para a disseminação de conhecimentos relacionados às questões ambientais. Nesse contexto, a elaboração e a distribuição do folder configuram uma ação educativa compatível com os objetivos da pesquisa, ao promover o acesso à informação e ao incentivar a reflexão sobre práticas ambientalmente responsáveis.

Dessa forma, os resultados obtidos neste estudo reforçam a relevância da educação ambiental como estratégia complementar às políticas públicas de gerenciamento de resíduos sólidos e de logística reversa. Além disso, evidenciam que ações educativas, como a distribuição de folders, podem ampliar a divulgação de conhecimentos sobre o descarte adequado de pilhas e baterias, contribuindo para o fortalecimento da consciência ambiental e para a promoção de atitudes sustentáveis na comunidade. A Figura 3 apresenta o folder educativo elaborado no âmbito desta pesquisa e distribuído à comunidade acadêmica do IFPI – Campus Picos como estratégia de sensibilização para o descarte ambientalmente adequado de pilhas e baterias.

Figura 3: Folder educativo sobre o descarte adequado de pilhas e baterias

CONSCIENTIZAÇÃO AMBIENTAL

•Ter consciência ambiental é compreender o meio ambiente em sua totalidade, incluindo a si e ao restante da humanidade como parte desse ambiente, e ser responsável pela sua preservação e manutenção. É saber que certos atos e escolhas cotidianos podem causar alterações ambientais e que a sobrevivência dos ecossistemas depende de ações e decisões individuais e coletivas.



“Preservar a natureza é a chave para manter o equilíbrio ambiental”



LIXO ELETRÔNICO



•É um resíduo sólido de coleta obrigatória, configurando-se como um grave problema para o meio ambiente e para a saúde humana, desde sua produção até o seu descarte, pois possuem metais pesados altamente tóxicos. Partindo dessa ótica, as pilhas e baterias pertencem a classe de lixo eletrônico.



PILHAS E BATERIAS

•Pilhas e baterias são dispositivos que transformam energia química em energia elétrica, e estão presentes em diversos equipamentos utilizados diariamente para os mais diversos fins. Diariamente milhões de pessoas descartam de maneira incorreta pilhas e baterias, lançando-as no meio ambiente, onde esses dispositivos liberam seus componentes tóxicos contaminando o solo, água, atmosfera e todas as formas de vida, inclusive o homem.



DESCARTE ADEQUADO DE PILHAS E BATERIAS

•Descartar pilhas e baterias do jeito inadequado é perigoso por conta das substâncias tóxicas presentes nesses dispositivos. O primeiro passo para descarte correto de pilhas e baterias usadas costuma ser a devolução para as lojas que costumam vender os produtos, pois realiza a separação, o armazenamento e o transporte adequado desses materiais.



Fonte: Acervo da autora (2026)

Diante dos resultados apresentados, verifica-se que os objetivos propostos nesta pesquisa foram alcançados. A revisão da literatura permitiu identificar os principais impactos socioambientais decorrentes do descarte inadequado de pilhas e baterias, evidenciando os riscos da contaminação do solo, da água e da saúde humana pela liberação de metais potencialmente tóxicos. Além disso, constatou-se que a logística reversa representa uma estratégia fundamental para a destinação ambientalmente adequada desses resíduos, contribuindo para a redução dos impactos ambientais e para o fortalecimento da economia circular, conforme preconiza a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010). Os resultados também evidenciaram a importância da educação ambiental como instrumento de sensibilização da população, favorecendo a adoção de práticas sustentáveis e o descarte correto desses materiais.

Nesse contexto, como estratégia de sensibilização ambiental, a elaboração e a distribuição do folder educativo constituíram uma ação complementar de conscientização, visando disseminar informações sobre os riscos do descarte inadequado e incentivar a participação da comunidade acadêmica em práticas ambientalmente responsáveis. Assim, os resultados obtidos reforçam que a integração entre educação ambiental, logística reversa e participação da sociedade é essencial para minimizar os impactos ambientais associados às pilhas e baterias, corroborando os estudos de Leite (2003), Medeiros et al. (2011) e Remédio e Barbosa (2013). Desse modo, a pesquisa contribui para ampliar as discussões acerca da gestão ambientalmente adequada de pilhas e baterias e evidencia que a articulação entre poder público, instituições de ensino, setor produtivo e sociedade é indispensável para o fortalecimento da logística reversa, da educação ambiental e da promoção de práticas sustentáveis.

7 CONCLUSÃO

Com a crescente produção e utilização de aparelhos eletrônicos, o consumo de pilhas e baterias tem aumentado significativamente, resultando na ampliação da geração desses resíduos. Como consequência, o descarte inadequado desses materiais tornou-se um importante problema ambiental, agravado pela desinformação da população, pela insuficiência de ações de sensibilização ambiental, pela escassez de pontos de coleta e pela limitada implementação da logística reversa em diversos municípios.

A revisão bibliográfica realizada permitiu identificar que o descarte inadequado de pilhas e baterias representa um dos principais desafios relacionados ao gerenciamento de resíduos sólidos, devido à presença de metais potencialmente tóxicos, como mercúrio, chumbo, cádmio, níquel e lítio. Os estudos analisados demonstraram que esses elementos podem contaminar o solo e os recursos hídricos quando descartados de forma inadequada, comprometendo o equilíbrio dos ecossistemas e oferecendo riscos à saúde humana em decorrência da bioacumulação na cadeia alimentar.

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que o objetivo geral e os objetivos específicos desta pesquisa foram alcançados, uma vez que foi possível analisar os impactos socioambientais decorrentes do descarte inadequado de pilhas e baterias, discutir a importância da logística reversa e da educação ambiental, bem como elaborar e distribuir um folder educativo voltado à sensibilização da comunidade acadêmica quanto à destinação ambientalmente adequada desses resíduos. Nesse sentido, constatou-se que a conscientização da sociedade, aliada ao fortalecimento da coleta seletiva e da logística reversa, constitui uma estratégia fundamental para minimizar os impactos ambientais associados a esses resíduos. Esses achados reforçam a importância da educação ambiental como ferramenta de transformação social, capaz de promover mudanças de comportamento, incentivar práticas sustentáveis e contribuir para a conservação dos recursos naturais.

Conclui-se, portanto, que a integração entre o conhecimento científico, a educação ambiental e a efetiva implementação de políticas públicas voltadas à gestão de resíduos constitui um elemento essencial para a promoção da responsabilidade socioambiental e da sustentabilidade. Além de contribuir para o debate sobre a destinação ambientalmente adequada de pilhas e baterias, este trabalho resultou na

elaboração e na distribuição de um folder educativo como ferramenta de educação ambiental, contribuindo para a disseminação de informações e para a sensibilização da comunidade acadêmica quanto ao descarte correto desses resíduos. A pesquisa também poderá subsidiar futuras investigações e o desenvolvimento de ações educativas voltadas ao fortalecimento da gestão sustentável dos resíduos sólidos, especialmente aquelas que avaliem a efetividade de estratégias de educação ambiental na promoção do descarte adequado de pilhas e baterias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, Julio. C.; BARANDAS, Ana. P. M. G.; SILVA, Gustavo. A. P.; FONSECA, Sandro. G. Processamento da pasta eletrolítica de pilhas usadas. *Quím. Nova*, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 573-577, jul./ago. 2003. Disponível em: Acesso em 15 de novembro de 2025.

AGOURAKIS, D. C.; CAMARGO, I. M. C.; COTRIM, M. B.; FLUES, M. Comportamento de zinco e manganês de pilhas alcalinas em uma coluna de solo. *Química Nova*, São Paulo, v. 29, n. 5, p. 960-964, 2006.

ALMEIDA, F. A. Educação ambiental e sustentabilidade. 2017.

ALMEIDA, D. M. Elaboração de materiais educativos. Disciplina de Ações Educativas na Prática de Enfermagem, Escola de Enfermagem, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. 2017. Disponível em: Acesso em 18 de novembro de 2025.

ANASTAS, Paul T.; WARNER, John C. Green Chemistry: Theory and Practice. New York: Oxford University Press, 1998.

BACHI, Mariana H.; Resíduos Tecnológicos: A relação dos Resíduos Eletroeletrônicos com a Legislação do Brasil. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental GVAA – Grupo Verde Agroecologia e Abelhas*, Pombal, PB, V.7, N. 1, 2013.

BAIRD, Colin; CANN, Michael. Química Ambiental. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

BERTONCINI, E. I.; MATTIAZZO, M. E. Lixiviação de metais pesados em solos tratados com lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 23, n. 3, p. 737-744, 1999.

BLEAM, William F., Acid-Base Chemistry, Soil and Environmental Chemistry,

Academic Press, 2012. Pages257-319.

BRASIL. Resolução CONAMA 257 de 30 de junho de 1999. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res25799.html>. Acesso em 15 de outubro de 2025.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Congresso Nacional, 1988.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conceitos de Educação Ambiental. Brasília, 1999.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Congresso Nacional. 2010.

BRASIL. Resolução nº 401, de 04 de novembro de 2008. CONAMA. Disponível em: [:/www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=589](http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=589). Acesso em 25 de outubro de 2025.

BRASIL. Política Nacional do Meio Ambiente. Congresso Nacional, 1981.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Parecer Técnico nº 70 CGVAM/SVS/MS/2008: Parecer do Ministério da Saúde sobre a Proposta de revisão da Resolução nº 257, de 30 de junho de 1999, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, que trata do gerenciamento de Pilhas e Baterias no Território Nacional. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2008.

CUNHA, Marlécio Maknamara da Silva. *Educação Ambiental e nordestinidade: desafios à práxis ecologista*. Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA), [S.l.], v. 7, n. 2, p. 10–17, 2013. DOI: 10.34024/revbea.2012.v7.1731. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/1731>.

Acesso em: 09 jan. 2026.

COUTINHO, C.; LISBÔA, E. Sociedade da Informação, do conhecimento e da aprendizagem: desafios para a educação no século XXI. Revista de Educação, Lisboa, vol. XVIII, nº 1, p. 5-22, 2011.

ECHER, I. C. Elaboração de manuais de orientação para o cuidado em saúde. Revista Latino-Americana de Enfermagem, v. 13, n. 5, p. 754-757, 2005.

ECYCLE. Matérias. Onde descartar pilhas portáteis? 2011. Disponível em: <http://www.ecycle.com.br/component/content/article/56-pilhas-e-baterias/188-onde-descartar-pilhas-e-baterias.html>. Acesso em 12 de dezembro de 2025.

FABRI, Fabiane. SILVEIRA Rosimari M. C. F. Alfabetização científica e tecnológica nos anos iniciais a partir do tema lixo tecnológico. Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, vol. 5, n. 2, mai.-ago. 2012.

FIRJAN, Federação das Indústrias do Rio de Janeiro. Guia para coleta seletiva de pilhas e baterias. FIRJAN: Rio de Janeiro, 2000.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ (FIOCRUZ). Consequências do Mercúrio na Saúde Humana e no Meio Ambiente. Rio de Janeiro: EPSJV, 2018.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GUPTA, N.; KHOIYANGBAM, S. R. Introduction to Environmental Sciences, Editora: The Energy and Resources Institute, TERI, 2015, p. 428

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. Ciência & Saúde Coletiva, v. 17, p. 1503-1510, 2012.

HISTÓRIA do Lixo: linhas gerais. Universidade Federal de Minas Gerais. Veja, mar. 1999. Disponível em:

<<https://www.ufmg.br/proex/geresol/lixohistoria.htm>>. Acesso em: 02 de novembro de 2025.

HOORNWEG, D.; BHADA-TATA, P. What a Waste: A global review of solid waste management. Washington, DC: World Bank, 2012. Acesso em: 17 de outubro de 2025.

JARDIM, Wilson. Introdução à Química Ambiental. 2001. Acessado 10 de outubro de 2025

KOHN, K. , MORAES, C. H. O impacto das novas tecnologias na sociedade: conceitos e características da Sociedade da Informação e da Sociedade Digital, 2007. Intercom – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação XXX Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação.

LEITE, P. R. Logística Reversa: Meio ambiente e competitividade. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

LENARDÃO, Eder J. et al. Green chemistry: os 12 princípios da química verde e sua inserção na escola e na pesquisa. Química Nova, v. 26, n. 1, p. 123-129, 2003.

MANAHAN, Stanley E. Química Ambiental. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

MARIGA, J. T., Educação e Meio Ambiente, 2006. Acesso em 17 de novembro de 2025.

MARTINELLI, Armando Cozer. *Avaliação da contaminação de solo com cádmio e níquel provenientes de baterias Ni-Cd*. 2013. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.

MEDEIROS, A. B. ; MENDONÇA, M. J. S. L.; SOUSA, G. L.; OLIVEIRA, I. P. A importância da educação ambiental na escola nas séries iniciais, 2011. Acesso em 17 de janeiro de 2026

MENDES, Rosa M. da L.; KAWAMOTO, Masharú S.; BARREIROS, Nayara M.; MORAES, Samir B. Impactos ambientais do lixo tecnológico: gestão de pilhas e baterias portáteis para criação de um posto de coleta. In: Congresso Nacional do Meio Ambiente, 10, 2013, Poços de Caldas. Anais Eletrônicos... Disponível em: http://meioambientepocos.com.br/portal/anais/2014/arquivos2013/185_IMPACTOS%20AMBIENTAIS%20DO%20LIXO%20TECNOL%C3%93GICO_GESTAO%20DE%20PILHAS%20BATERIAS%20PORTATEIS%20PARA%20CRITACAO.doc. Acesso em 24/02/2025.

MERK, 2002, apud MARQUES Melk B.; CUNHA, Elenia B. da; O descarte inadequado de pilhas e baterias usadas e os impactos socioambientais provocados pela ação do consumidor. Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade.vol.2, n.2,jan/jun 2013. 25 p. Disponível em: Acesso em 20 de outubro de 2025.

MOZETO, A. A. ; JARDIM, W. F. A. Química Ambiental no Brasil. Quím. Nova, São Paulo, 2002.

NATUME, R. Y.; SANT'ANNA, F. S. P. *Resíduos eletroeletrônicos: um desafio para o desenvolvimento sustentável e a nova lei da política nacional de resíduos sólidos*. In: FELIPE SANTANA MACHADO; ALOYSIO SOUZA DE MOURA (orgs.). Educação, Meio Ambiente e Território 2. São Paulo: Atena Editora, 2011.

OLIVEIRA, L. F. C. et al. Sorção e mobilidade do lítio em solos de áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 18, n. 2, p. 139-148, 2013.

PROVAZI, K.; ESPINOSA, D. C. R.; TENÓRIO, J. A. S. Estudo eletroquímico da recuperação de metais de pilhas e de baterias descartadas após o uso. Revista Escola 29 de Minas. Ouro Preto, 335-341, jul-set, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rem/v65n3/09.pdf>. Acesso em 17 de dezembro de 2025.

REIDLER, Maria V. L.; GUNTHER, Wanda M. R. Impactos Ambientais e Sanitários Causados por Descarte Inadequado de Pilhas e Baterias Usadas. 1991-2001. 2002. 20 p. São Paulo.

REMÉDIO, J. A.; BARBOSA, K. A. , A educação ambiental como instrumento de proteção do direito fundamental ao meio ambiente, 2013.

REZENDE, G. M. et al. Impactos de longo prazo da exposição a metais pesados: um estudo de revisão. *Revista de Ciências da Saúde e Biológicas*, Bento Gonçalves, v. 1, n. 1, p. 12-25, 2024.

ROBINSON, B. H. E-waste: An assessment of global production and environmental impacts. *Science of the Total Environment*, v. 408, n. 2, p. 183-191, 2009.

ROCHA, S. *Educação Ambiental nas Escolas: práticas e interdisciplinaridade*. In: _____. *Educação Ambiental e Currículo Escolar*. São Paulo: Editora Exemplo, 2004. p. 117-125.

SANTOS, F. M. Logística reversa de pilhas e baterias: desafios e perspectivas. 2019.

SANTOS, G. R. *et al.* Lixo Eletrônico: impactos, descarte e educação ambiental. *EntreAções: Revista de Extensão da UFCA*, v. 7, n. 2, p. 1-15, dez. 2023.

SANTOS, J. F. Poluição Química Proveniente Do Descarte Incorreto De Pilhas E Baterias. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, v. 3, n. 5, p. 110-125, maio 2019.

SILVA, B. O.; CÂMARA, S. C.; AFONSO, J. C.; NEUMANN, R.; ALCOVER NETO, A. Série histórica da composição química de pilhas alcalinas e zinco-carbono fabricadas entre 1991 e 2009. *Química Nova*, v. 34, n. 5, p. 812-818, 2011.

SILVA, M. A. Descarte indevido de pilhas e baterias. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 1, n. 1, p. 45-58, 2010.

SONG, Q.; LI, J. A systematic review of the human body burden of e-waste exposure in China. *Environment International*, v. 68, p. 82–93, 2014. DOI: 10.1016/j.envint.2014.03.018.

SCHIO, Regiane. *Pilhas e baterias: um lixo perigoso*. Rede Aguapé de Educação Ambiental, 2003. Disponível em: <http://www.redeaguape.org.br/artigo.php?id=27>. Acesso em: 09 fev. 2026.

ZOLLER, U. *Education in Environmental Chemistry: Setting the Agenda and Recommending Action: A Workshop Report Summary*. Journal of Chemical Education, v. 82, n. 8, p. 1237–1240, 2005.