



A EVOLUÇÃO DA ELETROQUÍMICA E SEUS DESAFIOS FRENTE AO AUMENTO DO E-LIXO

Alexsander Felix de Miranda¹, Ana Beatriz Gonçalves Marculino de Sousa¹, Ludmila Amaral da Silva¹, Rycharda Clayde Medeiros Salles¹, Deumara Galdino de Oliveira¹, Nathália de Almeida Leite da Silva¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Rio de Janeiro, Brasil (aalexanderoutlookfm@gmail.com)

Resumo: Este trabalho foi desenvolvido por alunos de iniciação científica do IFRJ, campus Paracambi, por meio de pesquisa bibliográfica sobre a relação entre eletroquímica e e-lixo. O estudo buscou analisar avanços da área e sua contribuição para tecnologias atuais, além de aproximar os alunos ao tema. Observou-se que o crescimento tecnológico e a obsolescência programada ampliam a geração de e-lixo, tornando essenciais práticas sustentáveis para reduzir impactos ambientais.

Palavras-chave: E-lixo; Eletroquímica; Educação ambiental.

INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico tem proporcionado importantes transformações na sociedade, contribuindo para melhorias na comunicação, na indústria, na ciência e na qualidade de vida. Entretanto, o crescimento acelerado do consumo de equipamentos eletroeletrônicos, associado à obsolescência programada e à rápida inovação tecnológica, tem intensificado a geração de resíduos eletroeletrônicos, conhecidos como e-lixo (Waldman, 2013). Esses resíduos incluem aparelhos como celulares, computadores, televisores e outros dispositivos que, após o descarte, apresentam potencial de reaproveitamento de materiais, mas também podem representar riscos ambientais quando manejados de forma inadequada (Linhares et al., 2012).

A produção em larga escala e o consumo crescente de produtos tecnológicos foram impulsionados pelo desenvolvimento dos modelos industriais modernos, que favoreceram a redução dos custos de fabricação e o aumento da disponibilidade de bens eletrônicos (Botelho, 2001; Padilha, 2016). Como consequência, observa-se um aumento significativo da quantidade de resíduos gerados, tornando o gerenciamento do e-lixo um desafio ambiental e social, especialmente em relação à coleta, tratamento e destinação final adequada desses materiais (Caumo; Abreu, 2013). Esses materiais possuem em sua composição elementos de valor econômico, como metais, mas também substâncias potencialmente tóxicas, incluindo chumbo, mercúrio, berílio e cádmio, que podem contaminar o solo, a água e afetar a saúde humana quando descartados incorretamente (Celinski et al., 2013; Muller; et al., 2017).

Nesse contexto, a Eletroquímica apresenta papel fundamental no desenvolvimento de tecnologias utilizadas atualmente, especialmente na produção de dispositivos baseados em sistemas de armazenamento e conversão de energia, como baterias e células eletroquímicas. O crescimento da demanda por tecnologias de armazenamento energético, impulsionado pela expansão de dispositivos eletrônicos e de soluções relacionadas à transição energética, destaca a relevância desses sistemas e também evidencia a necessidade de estratégias para o gerenciamento adequado dos resíduos gerados ao longo de seu ciclo de vida (IEA, 2024). Embora esses avanços tenham contribuído significativamente para o desenvolvimento tecnológico, também ampliaram a necessidade de discutir formas sustentáveis de descarte, reciclagem e reaproveitamento desses equipamentos.

A gestão ambiental torna-se, portanto, essencial para conciliar desenvolvimento tecnológico e preservação dos recursos naturais. Entre as estratégias aplicadas destaca-se a logística reversa, que promove o retorno dos produtos descartados ao ciclo produtivo (Lino e Bonetto, 2014). No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, estabelece diretrizes para a gestão adequada dos resíduos e reforça a responsabilidade compartilhada entre fabricantes, comerciantes, consumidores e órgãos públicos quanto ao seu gerenciamento (Oliveira, 2014).

Além disso, a reciclagem do e-lixo contribui para a economia circular ao permitir o reaproveitamento de materiais valiosos e reduzir a necessidade de extração de novos recursos naturais. Segundo a Plataforma



para Aceleração da Economia Circular, o descarte inadequado de resíduos eletrônicos representa uma perda significativa de materiais estratégicos que poderiam retornar ao processo produtivo (Pace, 2019). Dessa forma, ações voltadas à educação ambiental, conscientização social e implementação de práticas sustentáveis são fundamentais para minimizar os impactos associados ao crescimento desse tipo de resíduo.

Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo apresentar uma revisão bibliográfica sobre a relação entre a evolução da Eletroquímica e o aumento do e-lixo, analisando os impactos ambientais associados e as principais estratégias para uma gestão mais sustentável desses resíduos.

MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa caracteriza-se como uma revisão bibliográfica de abordagem qualitativa e caráter exploratório, desenvolvida com o objetivo de analisar a relação entre a evolução da Eletroquímica e a problemática do lixo eletrônico. A coleta de dados foi realizada por meio de pesquisas em bases científicas, utilizando como descritores: lixo eletrônico, e-lixo, eletroquímica, células eletroquímicas, impactos ambientais e logística reversa. Foram selecionados artigos científicos, dissertações, teses e relatórios técnicos relacionados ao tema, considerando a relevância e atualidade das informações. Posteriormente, os materiais foram analisados de forma crítica, buscando identificar os principais avanços tecnológicos associados à Eletroquímica, os impactos ambientais do descarte inadequado de resíduos eletrônicos e as estratégias sustentáveis para seu gerenciamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos estudos selecionados evidenciou que o crescimento acelerado da produção e do consumo de equipamentos eletroeletrônicos, associado à redução do tempo de vida útil dos produtos, tem intensificado a geração de e-lixo em escala global. Esse cenário está relacionado principalmente à obsolescência programada e à rápida evolução tecnológica, que estimulam a substituição frequente de dispositivos ainda funcionais (Padilha, 2016; Waldman, 2013).

Os resíduos eletroeletrônicos apresentam características distintas dos resíduos domésticos comuns devido à presença de materiais de elevado valor econômico, como cobre, ouro e outros metais, além de substâncias potencialmente tóxicas, como chumbo, mercúrio e cádmio. Quando descartados inadequadamente, esses componentes podem provocar contaminação do solo e dos recursos

hídricos, além de representar riscos à saúde humana e aos ecossistemas (Almeida et al., 2015; Muller; et al., 2017). Dados recentes reforçam que o aumento da geração mundial de lixo eletrônico representa um desafio ambiental crescente, exigindo sistemas mais eficientes de coleta, reciclagem e reaproveitamento desses materiais (UNITAR, 2024).

A evolução da Eletroquímica mostrou-se diretamente relacionada ao desenvolvimento de tecnologias presentes nos equipamentos eletrônicos atuais, especialmente baterias e sistemas de armazenamento de energia. Esses dispositivos possibilitaram avanços importantes em áreas como comunicação, mobilidade elétrica e armazenamento energético, porém também ampliaram a necessidade de estratégias adequadas para o gerenciamento dos resíduos gerados ao final de sua vida útil (IEA, 2024). Dessa forma, observa-se uma relação direta entre inovação tecnológica e a necessidade de desenvolver soluções sustentáveis para o ciclo de vida desses produtos.

A revisão também destacou a importância da logística reversa como ferramenta para reduzir os impactos associados ao descarte inadequado. Esse processo permite o retorno dos resíduos ao setor produtivo, favorecendo a reutilização, reciclagem e recuperação de materiais, além de contribuir para a redução da extração de recursos naturais (Lino e Bonetto, 2014). Nesse contexto, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabelece a responsabilidade compartilhada entre fabricantes, comerciantes, consumidores e poder público, fortalecendo a necessidade de ações integradas para a gestão desses resíduos (Oliveira, 2014).

Além dos aspectos ambientais, os estudos analisados apontam que o e-lixo deve ser compreendido também como uma oportunidade dentro do conceito de economia circular. O reaproveitamento de componentes eletrônicos permite recuperar matérias-primas estratégicas e reduzir perdas associadas ao descarte, promovendo um modelo de produção mais sustentável (Pace, 2019). Portanto, os resultados indicam que a combinação entre desenvolvimento tecnológico, educação ambiental, reciclagem e políticas públicas é fundamental para minimizar os impactos do crescimento do lixo eletrônico.

CONCLUSÃO

A pesquisa permitiu compreender que a Eletroquímica desempenha papel essencial no desenvolvimento de tecnologias responsáveis por



importantes avanços sociais e científicos, especialmente relacionadas ao armazenamento e conversão de energia. Entretanto, o aumento da utilização desses dispositivos contribui para a intensificação da geração de resíduos eletroeletrônicos, tornando necessária uma abordagem sustentável para todo o ciclo de vida dos produtos.

A revisão bibliográfica evidenciou que o e-lixo representa simultaneamente um desafio ambiental e uma fonte potencial de recursos, devido à presença de materiais recicláveis e componentes de valor econômico. O descarte inadequado desses resíduos pode causar impactos significativos pela liberação de substâncias tóxicas, enquanto processos de reciclagem e logística reversa podem favorecer a recuperação de materiais e a redução da exploração de recursos naturais.

Dessa forma, conclui-se que a integração entre avanços tecnológicos, gestão ambiental, responsabilidade compartilhada e educação ambiental é indispensável para conciliar os benefícios proporcionados pela Eletroquímica com a preservação ambiental. A adoção de práticas baseadas na economia circular apresenta-se como uma alternativa promissora para reduzir os impactos associados ao crescimento do e-lixo e promover um desenvolvimento tecnológico mais sustentável.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ) pelo apoio institucional e infraestrutura concedidos para a realização deste trabalho, e ao CNPq pelo financiamento.

REFERÊNCIAS

- Almeida, M. A. et al. Destinação do lixo eletrônico: impactos ambientais causados pelos resíduos tecnológicos. *Revista Científica e-Locução*, v. 1, n. 07, p. 56-72, 2015.
- Botelho, A. Do fordismo à produção flexível - A produção do espaço em um contexto de mudanças das estratégias de acumulação de capital. *GEOUSP Espaço e Tempo*, v. 5, n. 2, 2001.
- Caumo, M.; Abreu, M. C. Resíduos eletroeletrônicos: produção, consumo e destinação final. *Maiêutica - Tecnologia e Meio Ambiente*, v. 1, n. 1, p. 53-60, 2013.
- Celinski, T. M. et al. Gestão do lixo eletrônico: desafios e oportunidades. In: *Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*, 4., 2013.

International Energy Agency (IEA). *Batteries and Secure Energy Transitions*. Paris: IEA, 2024.

Linhares, S. N.; Nobre, M. F.; Moscardi, J. P. Os resíduos eletroeletrônicos: uma análise comparativa acerca da percepção ambiental dos consumidores. 2012.

Lino, M. S.; Bonetto, N. C. F. Logística reversa do resíduo tecnológico e a responsabilidade do consumidor. *Revista Acadêmica Oswaldo Cruz*, n. 4, 2014.

Muller, K. J. S.; Ribeiro, W. C.; Gomez, M. R. F. Lixo eletrônico: viabilidade prática pedagógica. *RECIT*, v. 8, n. 15, p. 65-77, 2017.

Oliveira, S. S. V. Um estudo de caso sobre o projeto gerenciamento do lixo eletrônico. *Dissertação (Mestrado em Gestão de Políticas Públicas) — Universidade do Vale do Itajaí*, 2014.

PACE. *A New Circular Vision for Electronics: Time for a Global Reboot*. World Economic Forum, 2019.

Padilha, V. Desejar, comprar e descartar: da persuasão publicitária à obsolescência programada. *Ciência e Cultura*, v. 68, n. 4, p. 46-49, 2016.

UNITAR. *Global E-waste Monitor 2024*. United Nations Institute for Training and Research, 2024.

Waldman, M. Lixo eletrônico: resíduo novo e complexo. In: *Fórum Municipal de Lixo e Cidadania*, 2013.