

ANÁLISE DA MINERAÇÃO URBANA DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS PARA OBTENÇÃO DE MINERAIS CRÍTICOS E ESTRATÉGICOS (MCE) NO BRASIL

ANALYSIS OF URBAN MINING OF ELECTRO-ELECTRONIC WASTE TO OBTAIN CRITICAL AND STRATEGIC MINERALS (MCE) IN BRAZIL

Luiza Elena Reckziegel

Aluno de Graduação de Engenharia Ambiental, 3º período, Universidade
Federal do Rio de Janeiro

Período PIBIC ou PIBITI/CETEM: junho de 2024 a agosto de 2024

Lúcia Helena Xavier

Orientador, Bióloga, DSc

lxavier@cetem.gov.br

RESUMO

A partir do aumento da demanda por minerais críticos e estratégicos a mineração urbana surge enquanto uma solução eficiente para a recuperação de valor e de suprimentos através de estoques antropogênicos. A mineração urbana é viabilizada para realizar a recuperação de recursos a partir de fontes secundárias, consumindo menos energia e materiais. Este estudo tem como objetivo analisar a mineração urbana, considerando o potencial de recuperação de minerais críticos e estratégicos a partir de resíduos eletroeletrônicos. Para tanto, a partir de um levantamento bibliográfico e qualitativo, junto com visitas técnicas e entrevistas sobre o tema, foi realizada a análise da eficiência da mineração urbana no Brasil. Os resultados sugerem que a mineração urbana contribuirá com a aplicação dos princípios da economia circular por meio da recuperação eficiente de recursos e mitigação dos impactos na gestão de resíduos, resultando na redução da incerteza em relação ao fornecimento de minerais críticos e estratégicos. O estudo ainda aponta o potencial de recuperação de materiais secundários a partir da gestão dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos no Brasil.

Palavras-chave: mineração urbana; economia circular; minerais críticos e estratégicos (MCE).

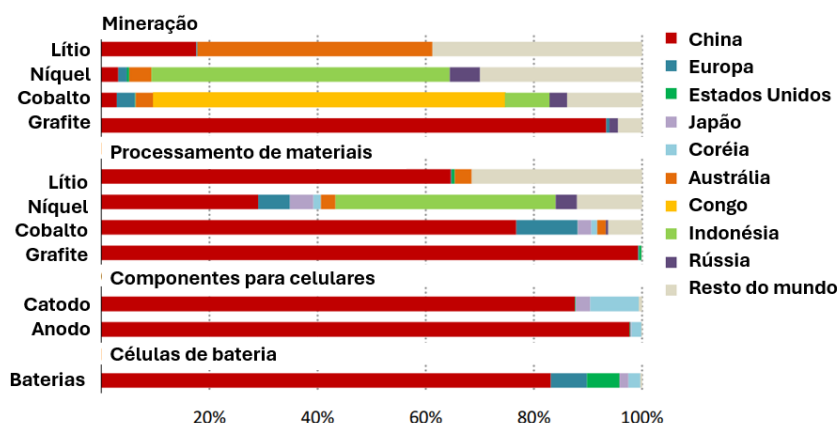
ABSTRACT

Due to the increase in demand for critical and strategic minerals, urban mining emerges as an efficient solution for recovering value and supplies through anthropogenic stocks. Urban mining is made possible to recover resources from secondary sources, consuming less energy and materials. This study aims to analyze urban mining, considering the potential for recovery of critical and strategic minerals from electronic waste. To this end, based on a bibliographic and qualitative survey, together with technical visits and interviews on the topic, an analysis of the efficiency of urban mining in Brazil was carried out. The results suggest that urban mining will contribute to the application of circular economy principles through efficient resource recovery and mitigation of impacts on waste management, resulting in reduced uncertainty regarding the supply of critical and strategic minerals. The study also highlights the potential for recovery of secondary materials from the management of waste from electrical and electronic equipment in Brazil.

Keywords: urban mining; circular economy; critical and strategic minerals.

1. INTRODUÇÃO

As metas globais de redução da emissão de gás carbônico postuladas a partir do Acordo de Paris tornou urgente a busca por opções mais sustentáveis de suprimento energético. Um exemplo disso é o surgimento de tecnologias voltadas à eletrificação da mobilidade, por meio do uso de baterias, que passaram a ser priorizadas nas últimas décadas. Com isso, os recursos minerais que são utilizados, para a produção dos componentes das baterias e outros eletrônicos, experimentaram um aumento significativo na demanda (IEA, 2024).



Fonte: IEA, 2024. Disponível em: <<https://iea.blob.core.windows.net/assets/cb39c1bf-d2b3-446d-8c35-aae6b1f3a4a0/BatteriesandSecureEnergyTransitions.pdf>>.

Figura 1. Distribuição geográfica da cadeia global de suprimentos de baterias.

A escassez de recursos naturais, resultado do aumento da demanda por minerais críticos e estratégicos, em conjunto com o aumento da quantidade de resíduos sem destinação correta, provocou a necessidade de explorar novas abordagens para a gestão, recirculação e o reaproveitamento dos recursos em uso. Assim, a mineração urbana emergiu como uma alternativa para recuperar os recursos secundários valiosos dos resíduos sólidos, de modo a minimizar a exploração ambiental, o esgotamento das reservas naturais e promover a economia circular (XAVIER et al., 2021).

A economia circular é contemplada por um sistema regenerativo e restaurativo. Diferente da economia linear, os processos circulares buscam reduzir o uso de materiais virgens, a fim de priorizar a utilização de insumos oriundos de resíduos e estimular o ciclo desses materiais (GOMES et al., 2020), ou seja, resíduos são considerados recursos (CUCCHIELLA et al., 2015).

Além de contribuir com o mercado da reciclagem e gerar benefícios socioeconômicos, a mineração urbana reforça o conceito de recurso renovável ao apresentar grande potencial no fornecimento de minerais antropogênicos (XAVIER et al., 2023), como, por exemplo, cobre, níquel e cobalto, altamente demandados para o processamento de produtos necessários para a transição energética.

2. OBJETIVO

O objetivo principal da pesquisa é descrever uma análise da mineração urbana, através do processamento de REEE e recuperação de materiais secundários, com destaque aos minerais críticos e estratégicos.

3. METODOLOGIA

O presente artigo é um estudo baseado em uma revisão de literatura, seguido de uma pesquisa qualitativa para obter e comparar informações sobre os processos adotados na mineração urbana, a fim de descrever o funcionamento do processamento de resíduos eletroeletrônicos. Para isso, foram realizadas pesquisas nas plataformas de pesquisa Science Direct; Google Acadêmico, Google e Scielo. Posteriormente, o andamento da pesquisa se deu através de visitas técnicas às empresas e indústrias na região da capital de São Paulo, em conjunto com o Projeto RECUPER3 do CETEM/MCTI.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A nomenclatura “crítica” e “estratégica” aplicada a alguns minerais está associada à dependência da cadeia de suprimento e ao valor econômico, por isso, é variável para cada país. Assim, os minerais críticos estão atrelados ao suprimento e à sua importância na cadeia de valor de determinado local. Por outro lado, os minerais estratégicos são caracterizados pela vantagem comercial que conferem ao país com dotação mineral (DE TOMI et al., 2024).

A busca por fontes alternativas de energia leva ao crescimento da demanda de minerais críticos e estratégicos, e evidencia problemas ambientais relacionados à extração e à falta de gestão desses materiais após o consumo (CRUZ-SOTELO et al., 2017). Os impactos associados podem ser terrestres, aquáticos e atmosféricos, relacionados principalmente ao descarte inadequado dos resíduos e do manuseio incorreto (DE OLIVEIRA et al., 2017). Dessa maneira, a mineração urbana, com foco nos REEE, surge para realizar a obtenção desses minerais finitos por meio de fontes secundárias.

Ainda, no Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), regulamentada pela Lei nº 12.305 de 2010 e pelo Decreto nº 10.936 de 2022, atua na logística reversa e gestão de REEE, sendo o Decreto nº 10.240/2020 responsável pela implementação dos produtos eletroeletrônicos e seus componentes no sistema de logística reversa (XAVIER et al., 2023). Sendo assim, há empresas que possuem papel na gestão de resíduos eletroeletrônicos no Brasil, sendo o estado de São Paulo o com maior concentração dessa atividade, o que justifica a escolha do local para a realização de visitas técnicas.

As empresas visitadas são direcionadas à gestão de resíduos eletroeletrônicos e ao seu processamento, a fim de recuperar materiais secundários. Nesse sistema foi evidenciado uma logística que engloba diversas etapas, como o transporte dos resíduos eletroeletrônicos, o estoque de equipamentos pós consumo, a manufatura reversa, o reprocessamento, a reciclagem, a remineração, entre outros. Ainda, durante procedimento, materiais ferrosos, não ferrosos, cobre, plástico e outros são recuperados. Além disso, é importante ressaltar que as empresas e indústrias são equipadas de máquinas licenciadas que realizam o processamento de diversos tipos de REEE, com destaque para a presença de equipamentos capazes de realizar o tratamento de efluentes e gases oriundos do processo, o que propõe uma circularidade econômica eficaz.

Em evidência, o relatório Global E-waste Monitor, publicado em 2024, estimou que o Brasil gera anualmente certa de 2,4 milhões de toneladas de resíduos eletroeletrônicos, dos quais seria possível realizar a recuperação de aproximadamente 946 mil toneladas de ferro, 158 mil toneladas de alumínio e 79 mil toneladas de cobre. Além disso, estima-se que é possível se recuperar cerca de 24 kg de ouro, 9 toneladas de cobre, 259 kg de prata e 9 quilos de paládio a partir da mineração urbana de 1 milhão de celulares (ILANKOON et al., 2018).

5. CONCLUSÕES

A análise do processamento de REEE pela mineração urbana revela a importância desse processo circular para a reciclagem de materiais e para a eficiência na gestão de resíduos. Dessa maneira, ao evidenciar a existência e a eficácia do processamento de REEE no Brasil, destaca-se

a importância da atuação da mineração urbana, principalmente na gestão e no descarte de resíduos, além da redução da incerteza em relação ao fornecimento de minerais críticos e estratégicos.

Nessa perspectiva, dentro das pesquisas e trabalhos futuros, é fundamental o investimento em pesquisas de campo, já que desenvolvem evidências do funcionamento da gestão de resíduos eletroeletrônicos no Brasil. Dessa forma, ações como as pretendidas pelo projeto Recuper3 contribuem para uma maior elucidação das oportunidades e desafios dessa gestão.

6. AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem a bolsa concedida pelo CNPq para o desenvolvimento da pesquisa (Processo 117754/2024-2) e à Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação SETEC/MCTI por apoiar o Projeto RECUPER3 realizado pelo Centro de Tecnologia Mineral (CETEM).

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALDÉ, C.P. et al. The global e-waste monitor. United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Vienna, p. 1-109, 2017.

CUCCHIELLA, F. et al. Recycling of WEEEs: An economic assessment of present and future e-waste streams. *Renewable and sustainable energy reviews*, vol. 51, p. 263-272, 2015.

CRUZ-SOTELO, S.E. et al. E-waste supply chain in Mexico: Challenges and opportunities for sustainable management. *Sustainability*, vol. 9, n. 4, p. 503, 2017.

DE OLIVEIRA, J.D. et al. Resíduos eletroeletrônicos: geração, impactos ambientais e gerenciamento. *Revista Brasileira de Geografia Física*, vol. 10, n. 5, p. 1655-1667, 2017.

DE TOMI, G.; LOREDO, G.; SANTOS, V. *Minerais Críticos e Estratégicos no Brasil: Uma Agenda de Soberania e de Clima*. 2024.

GOMES, C.F.; OTTONI, M.; XAVIER, L.H. Traditional mining and urban mining: aspects of e-waste management in Brazil.

ILANKOON, I.M.S.K. et al. E-waste in the international context - A review of trade flows, regulations, hazards, waste management strategies and technologies for value recovery. *Waste management*, vol. 82, p. 258-275, 2018.

World Energy Outlook Special Report Batteries and Secure Energy Transitions. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://iea.blob.core.windows.net/assets/cb39c1bf-d2b3-446d-8c35-aae6b1f3a4a0/BatteriesandSecureEnergyTransitions.pdf>>. Acesso em 23 jul. 2024

XAVIER, L.H.; OTTONI, M. de S.O. *Mineração urbana: conceitos e análise do potencial dos resíduos eletroeletrônicos*. 2021. <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/2483>

XAVIER, L.H.; OTTONI, M.A. Leonardo Picanço Peixoto. A comprehensive review of urban mining and the value recovery from e-waste materials. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 190, p. 106840, 2023.

XAVIER, L.H. et al. Diagnóstico da mineração urbana dos resíduos eletroeletrônicos no Brasil: Projeto MINARE: relatório final. 2023. http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/2632/1/Projeto_MINARE_2023.pdf