

MINERAÇÃO DE LÍTIU PARA A PRODUÇÃO DE BATERIAS RECARREGÁVEIS: desafios e estratégias para um modelo sustentável

LITHIUM MINING FOR THE PRODUCTION OF RECHARGEABLE BATTERIES: challenges and strategies for a sustainable model

Arthur Ferreira de Souza¹
Vítório Alves Moreira Souza Santos²
Maria Luiza Damascena dos Santos³
Daniel Davi Ribeiro Magalhães Xavier dos
Santos⁴
Paulo Hernandes Gonçalves da Silva⁵

Área Temática 05: Meio ambiente, Mudanças climáticas e Sustentabilidade
Modalidade: Artigo Científico

Resumo

Este artigo aborda a mineração de lítio para a produção de baterias recarregáveis, enfocando os desafios socioambientais e as estratégias para um modelo sustentável. Considerando o crescimento exponencial da demanda global por metais estratégicos, especialmente no contexto da transição energética, realiza-se uma análise qualitativa e documental com base em revisão bibliográfica sistemática, levantamento de dados técnicos e estatísticos, e identificação de impactos e práticas sustentáveis. A pesquisa destaca os principais entraves ambientais, sociais e econômicos, incluindo a degradação ambiental, conflitos territoriais e fragilidades regulatórias, além de apresentar propostas para inovação tecnológica, economia circular e fortalecimento da governança. Conclui-se que a sustentabilidade na mineração de lítio depende da articulação entre desenvolvimento tecnológico, justiça ambiental e políticas públicas eficazes. O estudo contribui para a compreensão das dinâmicas da mineração estratégica no Brasil e reforça a importância do alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU.

Palavras-Chave: mineração sustentável; lítio; baterias recarregáveis; impactos socioambientais; economia circular.

Abstract

This article addresses lithium mining for the production of rechargeable batteries, focusing on socio-environmental challenges and strategies for a sustainable model. Considering the exponential growth in global demand for strategic metals, especially in the context of the energy transition, a qualitative and documentary analysis is carried out based on a systematic literature review, a survey of technical and statistical data, and the identification of sustainable impacts and practices. The research highlights the main environmental, social and economic barriers, including environmental degradation, territorial conflicts and regulatory weaknesses, in addition to presenting proposals for technological innovation, circular economy and strengthening of governance. It is concluded that sustainability in lithium mining depends on the articulation between technological development, environmental justice and effective

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – *Campus Araguatins*; arthur.souza3@estudante.ifto.edu.br

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – *Campus Araguatins*; vitorio.santos2@estudante.ifto.edu.br

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – *Campus Araguatins*; maria.santos67@estudante.ifto.edu.br

⁴ Universidade CEUMA – *Campus Imperatriz*; danieldavirmxavier14@gmail.com

⁵ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – *Campus Araguatins*; paulohg@ifto.edu.br

public policies. The study contributes to the understanding of the dynamics of strategic mining in Brazil and reinforces the importance of alignment with the UN Sustainable Development Goals.

Key words: sustainable mining; lithium; rechargeable batteries; socio-environmental impacts; circular economy.

1. Introdução

A crescente demanda por tecnologias de ponta, especialmente no setor de energia limpa, mobilidade elétrica e dispositivos eletrônicos, intensificou a procura por metais estratégicos como as terras raras, o lítio e o cobalto. Esses elementos são essenciais para a fabricação de baterias recarregáveis, turbinas eólicas, catalisadores industriais e componentes de alta tecnologia (IEA, 2021). Conforme apontam Sousa Filho e Serra (2014), as terras raras e outros metais críticos desempenham papel central no avanço tecnológico e no reposicionamento geopolítico de países que detêm tais recursos.

Assim como destaca a Agência Internacional de Energia (IEA, 2021), a demanda por lítio poderá crescer mais de 40 vezes até 2040, enquanto outros minerais críticos, como cobalto e níquel, também terão papel central na transição energética global. O avanço das tecnologias limpas e a crescente eletrificação de setores estratégicos, como o transporte e a geração de energia, vêm impulsionando de forma acelerada a demanda por baterias recarregáveis, especialmente para veículos elétricos, sistemas de armazenamento de energia solar e dispositivos eletrônicos.

Nesse contexto, a mineração desses insumos assume papel central na chamada economia verde, que visa à redução das emissões de carbono e ao uso de tecnologias sustentáveis. Contudo, as práticas convencionais de extração mineral ainda representam sérios desafios ambientais e sociais, tais como a degradação de ecossistemas, o uso intensivo de recursos hídricos e a violação de direitos de comunidades tradicionais (VOX, 2025; AP News, 2024).

Diante disso, o conceito de mineração sustentável tem ganhado destaque, propondo modelos que integrem viabilidade econômica, proteção ambiental e justiça social, onde esse cenário busca analisar os principais desafios socioambientais relacionados à mineração de metais raros, como lítio e cobalto, voltada à produção de baterias, essenciais para a segurança energética e climática das próximas décadas.

2. Metodologia

A mineração de metais raros voltada à produção de baterias recarregáveis representa um campo estratégico, inserido no debate global, com ênfase em casos do Brasil, sobre transição energética e sustentabilidade. A compreensão desse fenômeno exige uma análise integrada de dados técnicos, ambientais e sociais, considerando as transformações geopolíticas e tecnológicas em curso.

A pesquisa caracteriza-se como qualitativa, de caráter exploratório e documental, voltada à compreensão dos desafios e estratégias sustentáveis relacionados à mineração de lítio. Conforme Gil (2010), esse tipo de abordagem é adequado quando se busca maior familiaridade com um fenômeno pouco consolidado, permitindo descrevê-lo e interpretá-lo à luz de referenciais teóricos.

Complementando essa perspectiva, Lakatos e Marconi (2003) defendem que a pesquisa científica deve organizar-se em etapas sistemáticas, fundamentadas em métodos coerentes com o objeto estudado.

O estudo foi estruturado em quatro etapas:

1. Mapeamento do estado da arte por meio de revisão bibliográfica sistemática;
2. Levantamento de dados estatísticos sobre reservas, produção e demanda de metais críticos;
3. Identificação de impactos socioambientais e desafios regulatórios;
4. Sistematização de boas práticas sustentáveis com base em diretrizes ESG e políticas públicas ambientais.

A análise dos dados foi realizada por meio da técnica de análise de conteúdo temática, articulando os dados empíricos à luz dos referenciais teóricos sobre sustentabilidade e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, especialmente os ODS 7 (Energia Acessível e Limpa), 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura) e 12 (Consumo e Produção Responsáveis).

Para garantir a robustez e a atualidade da pesquisa, as fontes foram priorizadas conforme sua relevância e atualidade, incluindo órgãos governamentais, instituições internacionais, publicações acadêmicas e plataformas científicas reconhecidas.

3. Resultados/Discussões

A mineração de metais críticos como o lítio, essencial à produção de baterias recarregáveis, representa um dos pilares da transição energética global. No entanto, essa atividade enfrenta diversos desafios socioambientais e emergem estratégias voltadas à sustentabilidade fundamentais para equilibrar o avanço tecnológico com a preservação ambiental e a justiça social, especialmente em regiões com alta vulnerabilidade ecológica.

3.1 Desafios ambientais, sociais e regulatórios da mineração sustentável

A exploração de lítio, é essencial para a fabricação de baterias recarregáveis, encontra-se no centro das transformações energéticas globais, onde, sua produção em larga escala impõe desafios significativos à sustentabilidade ambiental e social. Os impactos ambientais mais imediatos incluem a degradação do solo, a supressão de vegetação nativa e a contaminação de recursos hídricos, especialmente em regiões de clima árido onde a mineração de salmouras subterrâneas é predominante (Earth.org, 2023).

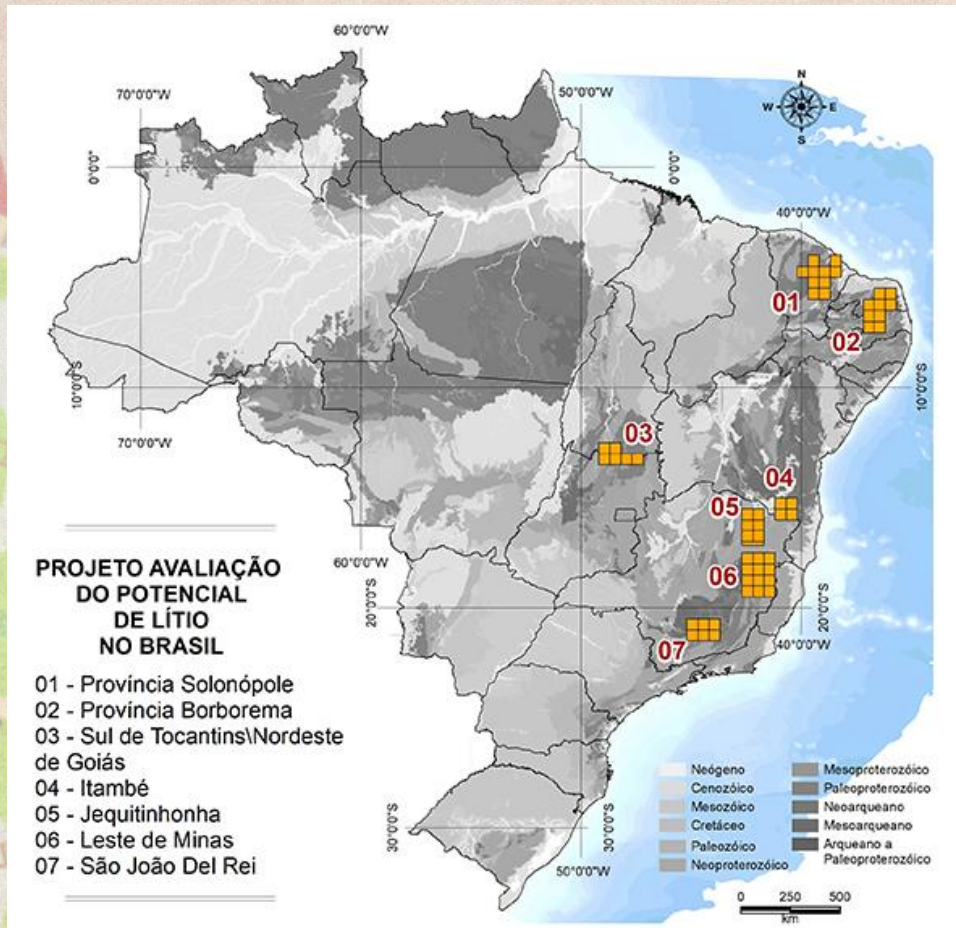
A Agência Internacional de Energia (2021), Earth.org, (2023) e o Serviço Geológico dos Estados Unidos – United States Geological Survey, (2022) mostram a preocupação em afirmar que a utilização intensiva de água nesse tipo de mineração, como no "Triângulo do Lítio" sul-americano, coloca em risco a biodiversidade e a disponibilidade hídrica local. Além das questões ambientais, há desafios de ordem social e econômica, assim como acontece em muitos territórios minerados, comunidades tradicionais e povos originários enfrentam processos de deslocamento e violação de direitos (AFDB, 2023).

A localização das principais áreas com potencial de exploração de lítio no território brasileiro, evidenciam-se a concentração na região Sudeste, sobretudo no Vale do Jequitinhonha (MG), conhecido como "Vale do Lítio". A região, segundo o SGB (2024), possui elevado potencial econômico e estratégico para a inserção do Brasil na cadeia global de fornecimento de baterias, sendo considerada uma das mais promissoras da América Latina nesse setor.

A figura abaixo, disponibilizada pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB), apresenta a localização das principais áreas com potencial de exploração de lítio no território brasileiro, evidenciando a concentração na região Sudeste, sobretudo no Vale do Jequitinhonha (MG),

reforçando a importância de uma abordagem integrada entre planejamento territorial, proteção ambiental e desenvolvimento tecnológico:

IMAGEM I - Distribuição das principais áreas pegmatíticas no Brasil



Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2024)

Além das questões ambientais, há desafios de ordem social e econômica. Em muitos territórios minerados, comunidades tradicionais e povos originários enfrentam processos de deslocamento e violação de direitos. Os conflitos territoriais indígenas no Brasil, conforme Bragato e Bigolin (2017), são marcados por tensões entre risco e mecanismos de prevenção, evidenciando a necessidade urgente de políticas eficazes para proteção desses povos. Tais conflitos abrangem desde a apropriação indevida de terras coletivas até a ausência de consulta prévia, livre e informada, conforme previsto na Convenção nº 169 da Organização Internacional do Trabalho (OIT, 1989).

Tais conflitos são agravados pela baixa distribuição dos benefícios gerados pela exploração e pela fragilidade institucional. Conforme aponta o Instituto Igarapé (2023), a

mineração de metais críticos ainda opera sob um modelo de governança frágil, com lacunas regulatórias e baixa capacidade de fiscalização dos órgãos competentes, como a Agência Nacional de Mineração (ANM), o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e as secretarias estaduais de meio ambiente, além do Ministério de Minas e Energia (MME), responsável pela consolidação das diretrizes da Política Nacional de Mineração Sustentável.

Outro ponto crítico é a dependência tecnológica e geopolítica. O Brasil, embora possua reservas expressivas de lítio e cobalto, especialmente nos estados de Minas Gerais e Paraíba, conforme dados do Serviço Geológico do Brasil (2024), ainda depende da importação de tecnologias para beneficiamento e industrialização desses minerais, tal vulnerabilidade compromete a soberania produtiva e posiciona o país em uma condição periférica na cadeia global de valor.

A Agência Internacional de Energia (IEA, 2021) alerta que a demanda por lítio pode crescer mais de 40 vezes até 2040, intensificando a pressão sobre os territórios produtores. Essa tendência reforça a necessidade urgente de uma política nacional para minerais estratégicos, com foco em pesquisa, agregação de valor e sustentabilidade (Brasil Mineral, 2025).

Dessa forma, os desafios enfrentados pela mineração de lítio e outros metais críticos não estão dissociados, mas sim interligados, pois a ausência de regulação adequada potencializa os impactos ambientais, enquanto os conflitos sociais refletem a exclusão de comunidades no processo decisório. A dependência tecnológica agrava a posição do país na cadeia global, reforçando a necessidade de estratégias integradas para superar tais limitações. Conforme reforçam Sousa Filho e Serra (2014), o desafio é transformar a riqueza mineral em benefício coletivo, com base em um modelo que respeite os limites ambientais e promova inclusão social duradoura.

3.2 Estratégias para um Modelo Sustentável na Mineração de Lítio

Para mitigar os impactos socioambientais da mineração de lítio, a implementação de estratégias sustentáveis é fundamental. A inovação tecnológica emerge como um dos principais caminhos para uma exploração mais responsável, onde técnicas menos agressivas ao meio ambiente podem ser aplicadas.

A mineração por salmouras, por exemplo, que utiliza reservatórios subterrâneos, permite um consumo hídrico mais controlado, reduzindo o impacto em regiões áridas, pois, além disso, o reaproveitamento de rejeitos e o monitoramento ambiental em tempo real são essenciais para evitar contaminações e degradação do solo (Serviço Geológico do Brasil, 2024; Futurecom, 2024). Tecnologias digitais e automação também têm sido empregadas para otimizar processos, garantindo maior eficiência e menor desperdício (Revista Fator Brasil, 2024).

Paralelamente, a governança socioambiental tem se mostrado crucial para garantir a justiça social e a participação das comunidades afetadas, sobretudo indígenas e tradicionais. A adoção dos preceitos da Convenção nº 169 da Organização Internacional do Trabalho, que assegura a consulta prévia, livre e informada a esses povos, constitui uma prática essencial para a minimização de conflitos territoriais e para o respeito aos seus direitos (OIT, 1989). Nesse contexto, as políticas ambientais e sociais baseadas em critérios ESG ganham destaque, uma vez que promovem transparência, responsabilidade e mitigação de riscos nas atividades mineradoras (Instituto Igarapé, 2023; ANM, 2024).

Outro eixo importante é a economia circular, que busca reduzir a dependência da extração mineral primária por meio da reciclagem e do reuso de materiais, fazendo com que a reciclagem de baterias, por exemplo, tem sido apontada como uma alternativa viável para diminuir a extração de lítio, cobalto e outros metais críticos, contribuindo para a redução dos impactos ambientais e a criação de novos ciclos produtivos. Estudos indicam que a ampliação dessa prática pode não apenas preservar recursos naturais, mas também gerar benefícios econômicos para países produtores e consumidores (NEXV, 2024; Renovables.blog, 2024).

No âmbito das políticas públicas, destaca-se a necessidade de uma articulação institucional robusta, envolvendo órgãos como o Ministério de Minas e Energia (MME), a Agência Nacional de Mineração (ANM), o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), além das secretarias estaduais e municipais de meio ambiente. Essas entidades devem atuar de forma integrada para implementar diretrizes claras, promover a fiscalização efetiva e fomentar a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico. A existência de uma política nacional para minerais estratégicos é vital para garantir o alinhamento entre desenvolvimento econômico e sustentabilidade (BRASIL MINERAL, 2025; MME, 2024).

Finalmente, o desenvolvimento tecnológico e a capacitação de recursos humanos são pilares que sustentam a sustentabilidade no setor mineral. Investimentos em pesquisa e desenvolvimento tecnológico possibilitam a criação de processos mais limpos e eficientes, enquanto a formação de mão de obra qualificada garante a adoção correta dessas tecnologias e práticas. Parcerias entre setor público, iniciativa privada e instituições acadêmicas são essenciais para acelerar essa transformação e posicionar o Brasil como protagonista na cadeia global de minerais críticos (Brasil Mineral, 2025; SGB, 2024).

4. Considerações Finais ou Conclusão

Portanto, este estudo permitiu identificar os principais desafios e estratégias para a mineração sustentável de lítio destinada à produção de baterias recarregáveis, evidenciando entraves ambientais, sociais e econômicos que impactam a viabilidade dessa atividade no contexto da transição energética global. Conforme apontam Sousa Filho e Serra (2014), a exploração de metais raros como o lítio é fundamental para o avanço tecnológico, mas demanda uma gestão responsável que minimize os impactos ambientais e assegure a justiça social.

A análise dos dados indicou que, embora o potencial mineral brasileiro seja expressivo, especialmente nas regiões Sudeste e Nordeste, há fragilidades regulatórias e conflitos territoriais que precisam ser superados para garantir um desenvolvimento sustentável. Essa constatação reforça a necessidade de alinhamento entre as demandas de energia limpa previstas pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em particular os ODS 7 (Energia Acessível e Limpa), 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura) e 12 (Consumo e Produção Responsáveis), e a promoção da justiça ambiental no âmbito da mineração (IEA, 2021; ANM, 2024).

Dessa forma, conclui-se que os objetivos propostos foram alcançados, pois o estudo evidenciou não apenas os entraves, mas também as estratégias e boas práticas que podem contribuir para um modelo de mineração mais sustentável. Entre as principais recomendações destacam-se o investimento contínuo em pesquisa e inovação tecnológica, o incentivo à economia circular e à reciclagem de baterias, o fortalecimento dos marcos regulatórios e da fiscalização socioambiental, além da promoção da transparência e da responsabilidade social das empresas mineradoras (Instituto Igarapé, 2023; NEXV, 2024).

O enfoque crítico deste trabalho ressalta a urgência de articular a transição energética global com a justiça ambiental, garantindo que a exploração dos recursos minerais ocorra de maneira ética e sustentável, respeitando os direitos das comunidades tradicionais e protegendo os ecossistemas afetados pela mineração. Assim, a construção de políticas públicas eficazes e integradas torna-se imprescindível para que o Brasil possa aproveitar seu potencial mineral de forma responsável e competitiva no cenário internacional (Brasil Mineral, 2025; MME, 2024).

5. Agradecimentos

Agradecemos ao grupo de pesquisa CES (Conhecimento, Educação e Sustentabilidade) em Ação pelo apoio fundamental durante o desenvolvimento deste estudo. Estendemos nossos agradecimentos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – *Campus Araguatins* pelo incentivo a realização da pesquisa.

6. Referências Bibliográficas

AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA (IEA). *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*. Paris: IEA, 2021. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>. Acesso em: 29 jun. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). Relatórios e diretrizes sobre governança e políticas ambientais. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anm>. Acesso em: 30 jun. 2025.

AP NEWS. Growing demand for minerals sparks Indigenous outcry over mining practices. 2024. Disponível em: <https://apnews.com/article/5bfc90d265315319e34e330103ec5744>. Acesso em: 29 jun. 2025.

BANCO AFRICANO DE DESENVOLVIMENTO - AFRICAN DEVELOPMENT BANK (AFDB). Success stories: children out of cobalt mines in DRC. 2023. Disponível em: <https://www.afdb.org/en/success-stories/republica-democratica-do-congo-um-projeto-financiado-pelo-banco-africano-de-desenvolvimento-retira-milhares-de-criancas-das-minas-de-cobalto-e-leva-de-volta-escola-68598>. Acesso em: 30 jun. 2025.

BRAGATO, F. F.; BIGOLIN, P. Conflitos territoriais indígenas no Brasil: entre risco e prevenção. *Revista Direito e Práxis*, v. 8, n. 1, p. 156–195, 2017. DOI: <https://doi.org/10.12957/dep.2017.21350>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rdp/a/QwksQbVvrLyPMrsrYBzJjMk/>. Acesso em: 30 jun. 2025.

BRASIL MINERAL. *O Brasil precisa virar a página com uma política para os seus minerais*. 2025. Disponível em: <https://www.brasilmineral.com.br/noticias/o-brasil-precisa-virar-a-pagina-com-uma-politica-para-os-seus-minerais>. Acesso em: 30 jun. 2025.

DIREITOAMBIENTAL.COM. *Minerais do futuro: sustentabilidade na era das terras raras*. 2024. Disponível em: <https://direitoambiental.com/minerais-do-futuro-razao-valores-tecnologia-e-sustentabilidade-na-era-das-terras-raras/>. Acesso em: 30 jun. 2025.

EARTH.ORG. *The environmental impacts of lithium and cobalt mining*. 2023. Disponível em: <https://earth.org/lithium-and-cobalt-mining/>. Acesso em: 30 jun. 2025.

INSTITUTO IGARAPÉ. *Minerais críticos e estratégicos do Brasil: oportunidades e riscos*. 2023. Disponível em: <https://igarape.org.br/wp-content/uploads/2023/10/Minerais-Criticos-e-Estrategicos.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2025.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. *Fundamentos de metodologia científica*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LINEUP MAGAZINE. *Bióloga alerta para impacto ambiental da mineração de metais*. 2024. Disponível em: <https://lineupmagazine.com.br/?p=551>. Acesso em: 30 jun. 2025.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. *O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde*. 10. ed. São Paulo: Hucitec, 2008.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). *Política nacional para minerais estratégicos e sustentabilidade*. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mme>. Acesso em: 30 jun. 2025.

NEXV. *Reciclagem de baterias no mundo: desafios e iniciativas*. 2024. Disponível em: <https://nexv.com.br/panorama-global-reciclagem-baterias/>. Acesso em: 30 jun. 2025.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO (OIT). *Convenção nº 169 sobre povos indígenas e tribais*. Genebra, 1989. Disponível em: <https://portal.antt.gov.br/conven%C3%A7ao-n-169-da-oit-povos-indigenas-e-tribais>. Acesso em: 30 jun. 2025.

RENOVABLES.BLOG. *O que são metais raros e porque são importantes nas baterias recarregáveis*. 2024. Disponível em: <https://renovables.blog/pt/reciclagem/lixo-eletr%C3%B4nico/O-que-s%C3%A3o-metais-raros-e-por-que-s%C3%A3o-importantes-nas-ervas-daninhas%3F/>. Acesso em: 30 jun. 2025.

REVISTA FATOR BRASIL. *Minas de lítio: o papel da TI na exploração sustentável e otimizada desta riqueza*. 2024. Disponível em: <https://www.revistafatorbrasil.com.br/2024/06/25/minas-de-litio-o-papel-da-ti-na-exploracao-sustentavel-e-otimizada-desta-riqueza/>. Acesso em: 30 jun. 2025.

SERVIÇO GEOLÓGICO DOS ESTADOS UNIDOS – UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). *Mineral Commodity Summaries 2022*. Reston, VA: USGS, 2022. Disponível em: <https://www.usgs.gov/centers/nmic/mineral-commodity-summaries>. Acesso em: 30 jun. 2025.

SGB – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. *Lítio no mundo*. 2024. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/litio/nomundo.html>. Acesso em: 30 jun. 2025.

SOUSA FILHO, P. C. de; SERRA, O. A. Terras raras no Brasil: histórico, produção e perspectivas. *Química Nova*, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 753–760, 2014. DOI: 10.5935/0100-4042.20140121. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/rV5BjydbKvZfZcPhwktTVgf/>. Acesso em: 29 jun. 2025

VOX. The clean energy transition can't happen without these minerals. 2025. Disponível em: <https://www.vox.com/climate/415038/critical-minerals-supply-chain-lithium-innovation>. Acesso em: 29 jun. 2025.

