

TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E MINERAÇÃO NO SUL GLOBAL

<https://doi.org/10.4215/rm2025.e24009>

Stacciarini, J.H.S. ^{a*} - Gonçalves, R.J.A.F. ^b

(a) Doutor em Geografia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3517-9410>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/2344701779114053>.

(b) Doutor em Geografia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8033-0426>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/9537143258969339>.

Article history:

Received 20 February, 2024

Accepted 30 March, 2024

Published 10 April, 2025

(*) CORRESPONDING AUTHOR

Address: UEG. Campus Cora Coralina, Av. Dr. Deudete Ferreira de Moura, s/nº, Centro, CEP: 76.600-000, Goiás (GO), Brasil. Tel: (+55 62) 3413-9156.

E-mail: joastacciarini@hotmail.com

Resumo

O agravamento das problemáticas ambientais, sociais e econômicas associadas ao uso de combustíveis fósseis intensifica a urgência da transição para fontes de energia renováveis, impulsionando a adoção de tecnologias como painéis solares, turbinas eólicas e veículos elétricos. Embora frequentemente promovidas como soluções sustentáveis, essas tecnologias apresentam características intrínsecas - como menor densidade energética, vida útil reduzida e limitações nos processos de reciclagem - que ampliam a dependência de minerais, muitos deles classificados como "críticos". Este artigo busca contribuir para o debate ao analisar os impactos do aumento expressivo da demanda por esses recursos. Com base na definição de minerais críticos da Agência Internacional para as Energias Renováveis - que inclui cobalto, níquel, cobre, lítio e metais de terras raras -, realizamos ampla coleta, sistematização e análise de dados em escala global, identificando os principais países produtores e os contextos socioambientais associados à sua extração. Os resultados evidenciam a reprodução de um padrão histórico: a maior parte desses minerais é extraída em países do Sul Global, especialmente na África, Ásia e América Latina, onde regulamentações ambientais, sociais e econômicas tendem a ser mais flexíveis, favorecendo grandes corporações transnacionais. Constatou-se, ainda, que a extração desses minerais frequentemente está associada a impactos socioambientais graves, como poluição intensa, exposição de trabalhadores a metais tóxicos e financiamento de milícias ligadas a regimes autoritários. Essas questões, ainda pouco debatidas no discurso dominante sobre a temática, exigem maior atenção da comunidade científica e da sociedade para a promoção de uma transição energética verdadeiramente justa em escala global.

Palavras-chave: Minerais críticos; Extração; Impactos; Problemáticas.

Abstract / Resumen

ENERGY TRANSITION AND MINING IN THE GLOBAL SOUTH

The worsening environmental, social and economic problems associated with the use of fossil fuels intensifies the urgency of transitioning to renewable energy sources, driving the adoption of technologies such as solar panels, wind turbines and electric vehicles. Although often promoted as sustainable solutions, these technologies have intrinsic characteristics - such as lower energy density, reduced useful life and limitations in recycling processes - that increase dependence on minerals, many of which are classified as "critical." This article seeks to contribute to the debate by analyzing the impacts of the significant increase in demand for these resources. Based on the International Renewable Energy Agency's definition of critical minerals - which includes cobalt, nickel, copper, lithium and rare earth metals - we carried out extensive data collection, systematization and analysis on a global scale, identifying the main producing countries and the socio-environmental contexts associated with their extraction. The results show the reproduction of a historical pattern: most of these minerals are extracted in countries of the Global South, especially in Africa, Asia and Latin America, where environmental, social and economic regulations tend to be more flexible, favoring large transnational corporations. It was also found that the extraction of these minerals is often associated with serious socio-environmental impacts, such as intense pollution, exposure of workers to toxic metals and the financing of militias linked to authoritarian regimes. These issues, which are still little debated in the dominant discourse on the subject, require greater attention from the scientific community and society in order to promote a truly fair energy transition on a global scale.

Keywords: Critical Minerals; Extraction; Impacts; Problematics.

TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y MINERÍA EN EL SUR GLOBAL

El agravamiento de las problemáticas ambientales, sociales y económicas asociadas al uso de combustibles fósiles intensifica la urgencia de una transición hacia fuentes de energía renovables, impulsando la adopción de tecnologías como paneles solares, turbinas eólicas y vehículos eléctricos. Aunque a menudo promovidas como soluciones sostenibles, estas tecnologías presentan características intrínsecas - como menor densidad energética, vida útil reducida y limitaciones en los procesos de reciclaje - que incrementan la dependencia de minerales, muchos de ellos clasificados como "críticos". Este artículo busca aportar al debate mediante el análisis de los impactos del notable aumento en la demanda de estos recursos. Con base en la definición de minerales críticos de la Agencia Internacional de Energías Renovables - que incluye cobalto, níquel, cobre, litio y tierras raras -, se llevó a cabo una amplia recopilación, sistematización y análisis de datos a escala global, identificando los principales países productores y los contextos socioambientales asociados a su extracción. Los resultados evidencian la reproducción de un patrón histórico: la mayor parte de estos minerales se extrae en países del Sur Global, especialmente en África, Asia y América Latina, donde las regulaciones ambientales, sociales y económicas tienden a ser más flexibles, lo que favorece a grandes corporaciones transnacionales. Asimismo, se constató que la extracción de estos minerales suele estar vinculada a impactos socioambientales graves, como contaminación intensa, exposición de trabajadores a metales tóxicos y financiamiento de milicias relacionadas con regímenes autoritarios. Estas cuestiones, aún poco abordadas en el discurso dominante sobre el tema, requieren una mayor atención por parte de la comunidad científica y de la sociedad, con miras a promover una transición energética verdaderamente justa a escala global.

Palabras-clave: Minerales Críticos; Extracción; Impactos; Problemáticas.

INTRODUÇÃO

Para construir infraestruturas, abastecer indústrias, suprir sistemas de transportes, iluminar residências e manter equipamentos médicos em funcionamento, entre inúmeras outras aplicações, os países têm produzido e consumido cada vez mais energia, embora de maneira significativamente desigual (EnerData, 2024). Em escala global, uma parte importante dessa energia ainda provém de combustíveis fósseis, como petróleo (29,5%), carvão (27,2%) e gás natural (23,6%), que juntos representam cerca de 80% de toda a energia consumida no planeta (IEA, 2023).

No entanto, apesar de desempenharem um papel central no atendimento à crescente demanda energética, os severos impactos ambientais associados ao uso desses combustíveis, somados à possibilidade de esgotamento futuro desses recursos, têm impulsionado uma transição para fontes de energia renováveis (Chen et al., 2019). Esse movimento tem se intensificado especialmente com a recente viabilidade econômica de fontes como a energia solar e eólica, que já se tornaram competitivas em diversas regiões do mundo (Statista, 2023a).

Entre 2013 e 2022, foram investidos aproximadamente 3,4 trilhões de dólares em infraestrutura de energia renovável, com a energia solar (47,8%) e eólica (38,7%) representando cerca de 86,5% de todo o investimento (IRENA; CPI, 2023). Como resultado, em pouco mais de uma década, a capacidade global de geração de energia solar expandiu-se em 1.817,6%, passando de 74 Gigawatts (GW) em 2011 para 1.419 GW em 2023 (IRENA, 2024a). A geração de energia eólica seguiu uma trajetória semelhante, aumentando 362,3% no mesmo período, passando de 220 GW para 1.017 GW (IRENA, 2024b).

No entanto, apesar de essenciais ao atual modelo de transição energética, essas tecnologias renováveis possuem características intrínsecas que aumentam significativamente sua dependência de minerais, tais como menor densidade energética (Van Zalk; Behrens, 2018) e vida útil reduzida em comparação às fontes tradicionais (Statista, 2023b). Em estudo anterior intitulado “Global Geography of the Energy Transition and Mineral Extraction” (Geografia Global da Transição Energética e Extração Mineral) (Stacciarini; Gonçalves, 2025), destacamos, com base em dados da International Energy Agency (IEA), que uma turbina eólica terrestre pode demandar até nove vezes mais recursos minerais do que uma usina a gás natural de capacidade equivalente (IEA, 2021). Em projetos eólicos offshore, essa demanda pode chegar a quinze vezes mais recursos minerais, enquanto veículos elétricos requerem até seis vezes mais minerais que automóveis convencionais (IEA, 2021), especialmente em função das grandes baterias e sistemas elétricos. Além disso, a reciclagem dessas tecnologias ainda enfrenta limitações significativas (Chowdhury et al., 2020; Jensen et al., 2020; Massoud et al., 2023), ampliando ainda mais a demanda por matérias-primas (Stacciarini; Gonçalves, 2025).

Um modelo científico desenvolvido por Watari et al. (2019) estima que a transição energética poderia resultar em um aumento no fluxo de minerais entre 200-900% no setor elétrico e 350-700% no setor de transportes, no período de 2015 a 2050, dependendo dos cenários de cumprimento das metas da Agência Internacional de Energia. Historicamente, grande parte da exploração mineral tem ocorrido em países do Sul Global (Hilson; Haselip, 2004; Freslon; Cooney, 2018; Riofrancos, 2022; Alonso, 2024), - um termo que, nas últimas décadas, substituiu expressões como “países subdesenvolvidos” ou “terceiro mundo” (Buarque, 2023). Esses países, caracterizados por baixos níveis de renda, desenvolvimento limitado e condições de vida precárias, frequentemente flexibilizam suas regulamentações ambientais e sociais em troca de benefícios mínimos, como royalties e investimentos diretos (Gonçalves; Milanez, 2019). As corporações, por sua vez, aproveitam-se desse cenário para maximizar seus lucros, sem esforços significativos para mudar a realidade local (Davis; Tilton, 2005; Coumans, 2019; Svampa, 2019). Além disso, grande parte da infraestrutura tecnológica e das principais empresas envolvidas em toda a cadeia de produção é originária de países ricos, que se beneficiam dos maiores lucros gerados pelo processamento mineral, pela manufatura de tecnologias de ponta e por sua comercialização (Freslon; Cooney, 2018; Coumans, 2019). Enquanto isso, os trabalhadores e as comunidades nas áreas de extração enfrentam as consequências mais severas dessas atividades (Freslon; Cooney, 2018; Alonso, 2024). Diante dessa problemática, este artigo tem como objetivo mapear os principais países produtores de minerais críticos, essenciais para atender às crescentes demandas da transição energética. Em seguida, busca-se avaliar se esses maiores produtores estão, de fato, concentrados no Sul Global. Por fim, o estudo pretende investigar, apresentar e debater os impactos sociais, econômicos e ambientais decorrentes do aumento da extração desses minerais.

METODOLOGIA

Para investigar, mapear e interpretar a relação entre "Transição Energética e Mineração no Sul Global", utilizamos os seguintes procedimentos metodológicos. Primeiro, definimos a lista de minerais críticos para a transição energética. Embora essa definição possa variar, optamos por adotar a classificação da Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA, 2021), uma entidade intergovernamental com cerca de 170 países membros, cujos estudos e publicações sobre energia renovável são utilizados por empresas e governos em diversas regiões do mundo.

Após definir os minerais críticos - cobalto, níquel, cobre, lítio e metais de terras raras - realizamos uma busca abrangente em diversas plataformas e bancos de dados globais, com o objetivo de identificar, com base em informações confiáveis e atualizadas, os principais países produtores desses minerais. Os dados sobre níquel (Statista, 2024a), cobre (Statista, 2024b) e terras raras (Statista, 2024c) foram extraídos de relatórios da empresa alemã Statista, especializada no fornecimento de informações estatísticas. As referências sobre os maiores produtores de cobalto foram obtidas a partir de relatórios do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, 2024). Já os dados sobre lítio foram extraídos de um relatório produzido em parceria entre a bolsa de valores norte-americana Nasdaq e a plataforma de notícias e informações sobre investimentos Investing News Network (INN), focada em setores como mineração e energia (Pistilli, 2024).

Após a tabulação dos dados, realizamos uma ampla pesquisa bibliográfica e documental - incluindo livros, artigos acadêmicos, reportagens jornalísticas, relatórios de pesquisas de campo e entrevistas - que nos permitiu identificar como a extração desses minerais críticos tem ocorrido nos principais países produtores, assim como os múltiplos desdobramentos ambientais, econômicos e políticos resultantes desse processo.

A RELAÇÃO ENTRE A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E O AUMENTO DA MINERAÇÃO NO SUL GLOBAL

A crescente demanda por matérias-primas, impulsionada pela transição energética, tem desencadeado uma corrida por diversos minerais, levando à classificação de alguns deles como "críticos". Embora essa definição varie, a Agência Internacional para as Energias Renováveis (IRENA, 2021) define minerais críticos como aqueles essenciais para as tecnologias associadas à transição energética, que possuem uma ou mais das seguintes características: são produzidos em um número limitado de países, enfrentam grandes desafios de extração ou têm sua qualidade em declínio.

Apesar de a lista de minerais críticos variar conforme as análises e períodos, a IRENA (2021) destaca o cobalto, níquel, cobre, lítio e os metais de terras raras, com ênfase no neodímio e disprósio. Com base em uma pesquisa abrangente (ver metodologia), que incluiu extensa coleta e tabulação de dados, elaboramos uma tabela que evidencia a significativa contribuição dos países do Sul Global na produção atual desses minerais críticos.

De acordo com o pesquisador Daniel Sousa Buarque, o termo "Sul Global" tem sido utilizado nas últimas décadas como substituto para expressões como "países subdesenvolvidos" ou "terceiro mundo" (Buarque, 2023). Essas nações, predominantemente localizadas na África, América Latina e Ásia, compartilham características políticas, geopolíticas e econômicas semelhantes. A maioria foi colonizada nos últimos séculos, apresenta níveis mais baixos de renda, maior desigualdade econômica e enfrenta desafios de desenvolvimento e qualidade de vida mais complexos em comparação com os países do "Norte Global", que estão majoritariamente concentrados na América do Norte e Europa.

Historicamente, a exploração de minerais em países do Sul Global tem sido vantajosa para companhias multinacionais, que encontram nesses países uma abundância de recursos e regulamentações trabalhistas e ambientais menos rígidas, reduzindo seus custos de produção e aumentando seus lucros (Hilson; Haselip, 2004; Davis; Tilton, 2005; Freslon; Cooney, 2018; Coumans, 2019; Gonçalves; Milanez, 2019; Svampa, 2019; Alonso, 2024).

Posição	Cobalto (2023)		Níquel (2022)		Cobre (2022)	
	País	%	País	%	País	%
1º	RD Congo	73,9 %	Indonésia	48,6 %	Chile	24 %
2º	Indonésia	7,4 %	Filipinas	10,0 %	Peru	10 %
3º	Rússia	3,8 %	Rússia	6,7 %	RD Congo	10 %
4º	Austrália	2,0 %	Nova Caledônia	5,8 %	China	9 %
5º	Madagascar	1,7 %	Austrália	4,9 %	EUA	6 %
6º	Filipinas	1,7 %	Canadá	4,3 %	Rússia	5 %
7º	Cuba	1,4 %	China	3,3 %	Indonésia	4 %
8º	Nova Caledônia	1,3 %	Brasil	2,5 %	Austrália	4 %
9º	P. Nova Guiné	1,3 %			Zâmbia	4 %
10º					México	3 %
	Outros (Soma)	5,5 %	Outros (Soma)	13,9 %	Outros (Soma)	21 %

Posição	Lítio (2023)		Terras Raras (2023)	
	País	%	País	%
1º	Austrália	46,6 %	China	68,3 %
2º	Chile	23,8 %	EUA	12,3 %
3º	China	17,9 %	Myanmar	10,6 %
4º	Argentina	5,2 %	Austrália	5,1 %
5º	Brasil	2,7 %	Tailândia	2,0 %
6º	Zimbábue	1,8 %	Índia	0,8 %
	Outros (Soma)	2,0 %	Outros (Soma)	0,9 %

 Países do Sul global

Table 1 - Países do Sul Global, em destaque, lideram a extração de minerais críticos para a transição energética. Fonte: Pistilli, 2024; Statista, 2024a; 2024b; 2024c; USGS, 2024. Coleta, tabulação e organização dos autores.

Diante do imperativo de desenvolvimento, muitas companhias seduzem os governos do Sul Global a cederem seus territórios e recursos a megaempreendimentos neoextrativistas, aceitando os impactos sociais e ambientais dessas atividades em troca de pequenas contrapartidas econômicas, como royalties (Gonçalves; Milanez, 2019).

Davis e Tilton (2005) demonstraram que, embora os depósitos minerais representem um capital natural significativo para um país, sua exploração não é, por si só, uma condição suficiente para o desenvolvimento econômico sustentável. Devido a diversas características intrínsecas do setor e à organização econômica global - como a importação de grande parte dos insumos necessários à atividade, a predominância de empresas multinacionais e o baixo valor agregado realizado internamente devido à possibilidade de processamento mineral no exterior -, os países anfitriões do sul global frequentemente obtêm poucos benefícios financeiros (provenientes de tributos e royalties) enquanto arcam com todo o fardo gerado pela atividade.

Ao se apropriarem de parcelas dos territórios, transformando-os em corporativos (Silveira, 2007; Harvey, 2016), essas companhias reforçam a posição de dependência no que diz respeito à divisão internacional do trabalho (Santos, 1996), estabelecendo-se como verdadeiros "armazéns" (Svampa, 2019) de recursos naturais necessários às lógicas produtivas globais e anseios de nações hegemônicas.

Ademais, a mineração é, por si só, uma atividade de alto impacto. Caracterizada pela desapropriação de terras, controle e ocupação de grandes territórios, apropriação da natureza e de bens comuns (como terra e água), esse processo - que envolve a extração de minério do solo e subsolo, seu transporte para usinas de processamento, trituração, separação e refino - utiliza grandes quantidades de energia e água, além de gerar consideráveis volumes de resíduos (Freslon; Cooney, 2018). Não por acaso, anualmente são geradas dezenas de bilhões de toneladas de resíduos derivados do processo de mineração (EPA, 2024), contribuindo para que esta seja uma das atividades humanas de maior impacto na atualidade (Blight, 2011).

No Sul Global, onde as regulamentações trabalhistas e ambientais são menos rígidas, os governos são mais dependentes de recursos, a economia é menos diversificada e a sociedade civil é menos organizada, a situação tende a ser ainda pior, como será exemplificado no tópico a seguir. Ademais, é frequente que as condições de trabalho precárias e os danos ambientais causados pela mineração no Sul Global afetem principalmente aqueles com menor influência política, como membros de minorias raciais e étnicas, pessoas em situação de pobreza ou indivíduos que vivem em áreas geograficamente isoladas (Davis; Tilton, 2005; Riofrancos, 2022). Como resultado, os trabalhadores envolvidos neste processo raramente se beneficiam dos produtos que sua força de trabalho irá criar, como carros elétricos e demais tecnologias vinculadas a transição energética.

Muitas multinacionais de mineração justificam suas práticas alegando que os países anfitriões do Sul Global possuem uma governança fraca, transferindo a responsabilidade por impactos sociais, econômicos e ambientais para as fragilidades políticas e jurídicas dessas nações. No entanto, é comum que essas empresas, por meio de suas associações de lobby, atuem para obstruir iniciativas que busquem estabelecer mecanismos mais robustos de responsabilização (Coumans, 2019).

Embora a maioria das grandes companhias mineradoras tenha se originado no Norte Global, algumas elites e governos do Sul também se organizaram e, atualmente, controlam empresas de mineração entre as mais capitalizadas e influentes do mundo. Um exemplo emblemático é a Vale S.A., multinacional brasileira - país de onde redigimos este artigo. No entanto, em um setor altamente globalizado e subordinado aos interesses de grandes grupos de investimento - majoritariamente sediados em países do Norte - é comum que empresas originárias do Sul adotem as mesmas lógicas de exploração utilizadas por corporações do Norte (Garcia, 2017; Asuncion et al., 2022).

Essa dinâmica pode ser evidenciada por recentes casos de negligência no Brasil, como os rompimentos das barragens da Samarco/Vale S.A./BHP Billiton, em Mariana (MG), e da Vale S.A., em Brumadinho (MG), que resultaram na morte de centenas de pessoas (PoEMAS, 2015; Milanez; Felipe, 2021). Também são ilustrativas as diversas problemáticas associadas aos projetos de expansão da Vale no continente africano, marcadas por controvérsias envolvendo desapropriações, violações de direitos trabalhistas, poluição ambiental, impactos à saúde das comunidades próximas às minas, entre outras (Kato; Garcia, 2023; Cezne; Garcia, 2024).

Assim, além do descaso historicamente imposto aos territórios do Sul por muitas dessas corporações, os danos sociais, econômicos e ambientais - significativamente mais intensos no Sul em comparação ao Norte - estão profundamente ligados à dependência estrutural e histórica do Sul em relação aos interesses e à lógica de acumulação do Norte (Coumans, 2019).

Nesse contexto, considera-se fundamental compreender como a expansão da demanda por minerais críticos em contexto da transição energética representa novos desafios e impactos ambientais, econômicos e sociais para os países minerados situados no Sul Global.

IMPACTOS DA EXTRAÇÃO DE MINERAIS CRÍTICOS PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO SUL GLOBAL

Com base na definição de minerais críticos para a transição energética, estabelecida pela Agência Internacional para as Energias Renováveis, e na análise dos dados apresentados na Tabela 1, este tópico examina, caso a caso, como a extração desses minerais tem gerado impactos sociais, econômicos, políticos e ambientais nos países do Sul Global.

COBALTO

O cobalto desempenha um papel crucial na transição energética, sendo essencial para as baterias utilizadas em diversas tecnologias. Em 2023, as baterias de veículos elétricos já representavam 40% da demanda global por cobalto (Statista, 2024d), seguidas pelas baterias portáteis. A demanda por esse metal tem aumentado anualmente, com projeções de que dobrará até 2030 (CB, 2023).

Atualmente, aproximadamente 74% da produção mundial de cobalto (Tabela 1) provém da República Democrática do Congo (RDC), um país da África Central que foi colônia da Bélgica até os anos 1960. No entanto, a extração do cobalto no país frequentemente ocorre sem a utilização de equipamentos de segurança adequados, o que resulta em alta contaminação dos trabalhadores por metais tóxicos, elevando o risco de doenças respiratórias, cardíacas e câncer (Sovacool et al, 2020).

Além do circuito formal operado por multinacionais, a mineração artesanal emprega dezenas de milhares de congoleses como meio de subsistência. Uma investigação extensa realizada por Maconachie (2024) revelou situações alarmantes, como pessoas transportando sacos de cobalto em bicicletas, mulheres manuseando minério bruto com as mãos, mortes causadas por desabamentos e trabalho infantil. O minério extraído é posteriormente vendido por intermediários e acaba chegando às grandes corporações, integrando a cadeia global de suprimentos. Negligenciado pelo governo e pela comunidade internacional, esse modelo de operação se torna eficaz para aumentar os lucros das companhias, que, protegidas por agentes, negociantes e corretores, evitam ser diretamente associadas às inúmeras irregularidades (Maconachie, 2024).

Além da degradação direta dos trabalhadores, um relatório investigativo conduzido pelas organizações Rights and Accountability in Development (Raid) e African Resources Watch (Afresource) revelou que rios, lagos, riachos, águas subterrâneas e áreas úmidas próximas às minas de cobalto e cobre na República Democrática do Congo estão gravemente contaminados pelas atividades de mineração (Raid; Afresource, 2024). Como resultado, a pesca e a agricultura foram drasticamente afetadas, mulheres têm sofrido com problemas ginecológicos e reprodutivos, e doenças de pele se tornaram mais comuns.

NÍQUEL

Devido às suas propriedades físicas e químicas, o níquel se tornou um componente essencial na fabricação de baterias, amplamente utilizadas em veículos elétricos e sistemas de armazenamento de energia renovável. Estudos indicam que a demanda por esse metal deve aumentar exponencialmente nas próximas décadas (IEA, 2021).

Atualmente, a Indonésia, uma nação do Sudeste Asiático que foi colônia holandesa por cerca de três séculos e obteve sua independência apenas após a Segunda Guerra, em 1945, é o maior produtor mundial do metal. A produção de níquel no país aumentou seis vezes entre 2010 e 2023 (Statista, 2024e), e hoje representa cerca de metade da produção global (Tabela 1).

Contraditoriamente, grande parte da energia utilizada na exploração e no beneficiamento de níquel na Indonésia - que posteriormente será empregado em tecnologias de energias renováveis - provém de novas e antigas usinas a carvão (Jong, 2023), uma fonte altamente poluente que acarreta diversos prejuízos à saúde humana (Gasparotto; Martinello, 2021). Entre 2020 e 2021, o consumo de carvão no país aumentou cerca de seis vezes, tornando a Indonésia o terceiro maior produtor e o oitavo maior consumidor mundial desse combustível (IEA, 2024), além de se posicionar como o sétimo maior emissor de dióxido de carbono (CO₂) globalmente (ClimateWatch, 2024).

Os resíduos das operações de mineração e fundição de níquel também têm contaminado o subsolo, córregos, rios e o oceano no litoral da Indonésia, um país insular composto por mais de 17 mil ilhas. Isso tem resultado na contaminação da fauna e da população local por metais pesados, além de prejudicar a subsistência de comunidades que dependem da pesca e da agricultura (Sawal, 2022). Ademais, devido às condições de trabalho precárias, 47 trabalhadores indonésios morreram em minas de níquel no país entre 2015 e 2022, além de outros dez estrangeiros (chineses), cujas mortes foram registradas como suicídio (Amindoni, 2023).

Um relatório intitulado "Nickel Unearthed: The Human and Climate Costs of Indonesia's Nickel Industry", elaborado a partir de entrevistas e trabalho de campo conduzidos pela organização internacional Climate Rights International (CRI), denunciou que empresas multinacionais, em coordenação com o Estado indonésio (polícia), têm se apropriado de territórios pertencentes a povos indígenas e outras comunidades por meio de coerção e intimidação, visando implementar projetos de mineração e fundição de níquel (CRI, 2024). Ademais, o país é o segundo maior produtor de cobalto, ficando atrás apenas da República Democrática do Congo (Tabela 1). Na Indonésia, o cobalto é

frequentemente extraído como subproduto da mineração de níquel, gerando as mesmas problemáticas mencionadas nos parágrafos anteriores (Decena, 2023).

As Filipinas, país vizinho da Indonésia, é o segundo maior produtor mundial de níquel, responsável por cerca de 10% da produção global (Tabela 1). Compostas por mais de 7 mil ilhas, as Filipinas foram colônia por mais de quatro séculos, um período que se estendeu até 1946 (Asuncion et al., 2022). Um relatório da Electronics Watch (2022) - uma organização sem fins lucrativos que promove e monitora os direitos trabalhistas nas cadeias de fornecimento da indústria eletrônica global - revelou que a mineração de níquel nas Filipinas está associada a diversos impactos ambientais e sociais, incluindo a poluição de corpos d'água com níveis inseguros de cromo hexavalente, um produto químico cancerígeno. Os minerais extraídos na região são destinados a empresas como Panasonic, no Japão, e às fabricantes de automóveis Toyota (Japão) e Tesla (Estados Unidos) (Electronics Watch, 2022).

COBRE

O cobre é o metal não precioso com a maior condutividade elétrica, desempenhando um papel essencial na fabricação de turbinas eólicas, painéis solares, veículos elétricos e na modernização das redes elétricas (ICA, 2024). Devido à sua ampla aplicação e relevância para a transição energética, a produção mundial de cobre cresceu significativamente, passando de 16 milhões de toneladas métricas em 2010 para 22 milhões em 2023, com previsões de crescimento contínuo nas próximas décadas (Statista, 2024f).

Atualmente, o Chile é o maior produtor mundial de cobre, responsável por aproximadamente 24% da produção global, seguido pelo Peru e pela República Democrática do Congo, cada um com 10% (Tabela 1). Embora a maior parte das reservas de cobre esteja concentrada no Sul Global, as principais empresas de mineração de cobre são multinacionais do Norte Global. Entre as oito maiores empresas do setor, destaca-se a mineradora estadunidense Freeport-McMoRan, seguida por companhias da Austrália, Chile, Reino Unido, Suíça, Polônia e Canadá (Statista, 2024g).

No contexto chileno, líder na produção de cerca de um quarto do cobre mundial, uma investigação conduzida por Zanetta-Colombo et al. (2022) revelou que as comunidades indígenas do norte do país estão expostas a metais tóxicos provenientes das barragens de rejeitos das atividades de extração deste mineral. O estudo indicou que as emissões de poeira geradas durante a exploração, processamento e descarte de rejeitos do cobre podem ser transportadas pelo ar por até 50 km, impactando aldeias vizinhas. Essa exposição coloca a população local em risco de desenvolver diversas doenças, incluindo câncer, devido às altas concentrações de metais tóxicos nocivos à saúde humana (Zanetta-Colombo et al., 2022).

Na costa central do Chile, a Fundação de Cobre de Ventanas, localizada nas proximidades de Quintero e Puchuncaví e operada pela Corporación Nacional del Cobre (Codelco), uma das maiores produtoras de cobre do mundo, foi encerrada em 2023 após décadas de pressão popular e quase sessenta anos de episódios recorrentes de poluição (Balcazar, 2016; Milesi, 2022). Esses incidentes transformaram as áreas circundantes em "zonas de sacrifício" (Gorena et al., 2020), resultando em graves consequências para a população local, que enfrentou surtos recorrentes de doenças, tanto em crianças quanto em adultos, devido à contaminação química do ar (Balcazar, 2016; Milesi, 2022).

No Peru, o segundo maior produtor de cobre do mundo, uma investigação da organização não governamental Anistia Internacional (2021) examinou 150 pessoas que vivem na área de influência do projeto minerário da transnacional anglo-suíça Glencore, localizado na província de Espinar. A pesquisa revelou que 117 dessas pessoas apresentavam níveis elevados de metais e substâncias tóxicas, como arsênio, chumbo, mercúrio, cádmio e manganês, destacando a incapacidade tanto da corporação quanto do Estado em garantir o direito à saúde dessa população (Anistia Internacional, 2021). Estudos subsequentes indicaram que as comunidades locais enfrentam problemas diversos, como a poluição das águas para consumo humano, animal e agrícola, a poeira gerada pelas atividades de mineração, o odor desagradável que polui o ar, a dificuldade em comercializar seus produtos devido a contaminação associada, além de dores corporais frequentes, cansaço permanente e a falta de contrapartidas sociais e econômicas adequadas (Custodio, 2022).

Na República Democrática do Congo, que divide a segunda posição como maior produtor mundial de cobre com o Peru, os desafios relacionados à extração desse mineral são similares aos enfrentados na extração de cobalto, discutidos anteriormente. Entre 2010 e 2023, a produção de cobre no país aumentou cerca de sete vezes (Statista, 2024h). No entanto, essa expansão veio acompanhada de graves problemas sociais e ambientais, como a remuneração extremamente baixa, falta de equipamentos básicos de segurança, exploração do trabalho infantil e os altos níveis de contaminação que afetam trabalhadores, solos e recursos hídricos, condições que têm resultado em doenças e mortes entre a população envolvida (Sovacool et al., 2020; Amnesty International, 2023; Maconachie, 2024; Raid; Afrewatch, 2024).

LÍTIO

O consumo global de lítio tem aumentado sistematicamente nos últimos anos, com um crescimento de cerca de 686% entre 2010 e 2023 (Statista, 2024i). Em grande parte, esse aumento deve-se ao uso crescente de baterias de íons de lítio em veículos elétricos, que representaram 87% do consumo global de lítio em 2023 (Statista, 2024i). Estimativas apontam que a demanda global por essas baterias pode aumentar em cerca de sete vezes até 2030, impulsionando um mercado que deve atingir mais de 250 bilhões de dólares (Statista, 2024j).

Atualmente, a produção global do mineral é bastante concentrada, com Austrália (46,6%), Chile (23,8%) e China (17,9%) sendo responsáveis por 88,3% da produção mundial (Tabela 1). Argentina (5,2%), Brasil (2,7%) e Zimbábue (1,8%) contribuem com outros 9,7%, completando praticamente a totalidade da produção global (Tabela 1).

Embora a Austrália lidere a produção atualmente, cerca de 60% de toda a reserva conhecida de lítio do planeta encontra-se na América Latina, sobretudo no "Triângulo do Lítio", região que compreende as salinas do Chile, Argentina e Bolívia (López-Calva, 2022). O processo de extração de lítio nos desertos de sal do Triângulo do Lítio, uma das regiões mais secas da Terra, envolve a perfuração de buracos nas salinas e o bombeamento das salmouras ricas em minerais para a superfície (Ahmad, 2020). A mistura é então colocada em grandes piscinas de evaporação a céu aberto, onde permanece por meses, permitindo que a água evapore naturalmente. Após a evaporação, o lítio é separado e purificado (Ahmad, 2020).

Uma investigação conduzida por Liu e Agusdinata (2020) revelou que a mineração de lítio tem impactado significativamente a disponibilidade de água em San Pedro de Atacama (SPA), localizada no deserto do Atacama, no norte do Chile, onde ocorre a maior extração de lítio à base de salmoura do mundo. Em uma região tradicionalmente marcada por severa escassez hídrica, a mineração de lítio tem aumentado continuamente o consumo de água, que já é cerca de 50 vezes superior ao uso doméstico, comprometendo os meios de subsistência locais, como a agricultura e a criação de animais (Liu; Agusdinata, 2020; Mazzieri; Montanari, 2024).

Os problemas se estendem a diversas partes do Chile, Argentina e Bolívia que compõem o Triângulo do Lítio. Além da questão da disponibilidade hídrica, há reclamações sobre a poluição da água, do solo e dos ecossistemas, bem como sobre a baixa geração de empregos e royalties, questões que têm levado a conflitos sociais (Ahmad, 2020; Mazzieri; Montanari, 2024). O interesse econômico no mineral cobiçado também teve repercussões geopolíticas. Em julho de 2020, o bilionário norte-americano Elon Musk, atualmente (2025) a pessoa mais rica do mundo e CEO de uma das maiores fabricantes de veículos elétricos, a Tesla, se envolveu em uma polêmica no Twitter. Musk foi acusado de apoiar um golpe de Estado na Bolívia para garantir o acesso ao lítio do país. Em resposta, Musk provocou ainda mais controvérsia ao afirmar: "Vamos dar um golpe em quem quisermos! Lide com isso!" (Cota, 2022).

TERRAS RARAS

Os elementos de terras raras (REE) constituem um grupo de dezessete metais que, devido às suas propriedades únicas, são indispensáveis em uma vasta gama de dispositivos de alta tecnologia (GAAG, 2024). Eles são empregados em ímãs e superímãs, ligas metálicas, equipamentos eletrônicos e de computação, baterias, conversores catalíticos, vidros e cerâmicas especiais, entre outros,

desempenhando um papel fundamental em tecnologias de transição energética, como painéis solares, geradores eólicos e veículos elétricos (Balaram, 2019; GAAG, 2024).

A produção global de terras raras aumentou de 133 mil toneladas métricas em 2010 para 350 mil toneladas em 2023, evidenciando um crescimento que deve continuar nas próximas décadas (Statista, 2024k). Atualmente, a China concentra 68,3% da produção global, seguida pelos Estados Unidos (12,3%), Myanmar (10,6%), Austrália (5,1%), Tailândia (2,0%) e Índia (0,8%), que, juntas, representam praticamente a totalidade da produção mundial (Tabela 1).

O caso da China é emblemático, pois, além de ser o maior extrator de terras raras em seu próprio território, o país também se destaca como um dos principais produtores de equipamentos para a cadeia global de suprimentos voltada à transição energética, como dispositivos para energia solar, eólica e veículos elétricos (Zhanget al., 2022). Essa extração, processamento e manufatura têm causado impactos ambientais no âmbito doméstico, estimados em bilhões de dólares por ano (Lee; Wen, 2016; Zhanget al., 2022).

O processo de extração desses elementos envolve o uso intensivo de produtos químicos, resultando em extensa poluição das águas superficiais, subterrâneas e do solo em diversas regiões do país (Liu et al., 2019; Caixin Global, 2022). Essa contaminação tem prejudicado atividades locais, como a agricultura, além de impor riscos à saúde das populações que vivem nas áreas afetadas (Standaert, 2019; Caixin Global, 2022).

Mianmar, país vizinho à China que foi colônia britânica até 1948, também tem registrado um expressivo aumento na produção de terras raras nos últimos anos. Entre 2018 e 2023, essa produção dobrou (Statista, 2024l), tornando o país o terceiro maior produtor global (Tabela 1).

No entanto, a extração desses minerais está cercada de problemas graves. Investigações da ONG internacional Global Witness (2022; 2024) revelam que a maior parte da mineração no país é ilegal, não segue normas regulatórias e está controlada por milícias aliadas ao governo militar, que assumiu o poder em 2021. Essa exploração desenfreada tem causado impactos ambientais devastadores e graves consequências para a saúde das comunidades locais, com trabalhadores adoecendo em razão da exposição direta e indireta aos produtos químicos tóxicos usados na mineração. Mortes decorrentes de deslizamentos de terra, provocadas pela ausência de infraestrutura adequada, tem se tornado frequentes (Naing, 2024).

Além disso, muitas minas abandonadas foram deixadas sem os cuidados de recuperação necessários, resultando em resíduos tóxicos e poluição ambiental generalizada. A situação social nas regiões mineradoras também se agravou, com o aumento do consumo de drogas, prostituição e violência (Global Witness, 2022; 2024).

Uma investigação detalhada da Associated Press (Kang et al., 2022) expôs que os minérios extraídos nessas condições de ilegalidade e instabilidade política, que geram poluição e problemas sociais graves em Mianmar, são vendidos diretamente ou por meio de intermediários para grandes conglomerados estatais de mineração da China. A partir de então, esses materiais entram na cadeia de suprimentos de algumas das maiores empresas do mundo (Kang et al., 2022).

CONCLUSÕES

Este estudo explorou a relação intrínseca entre a transição energética e o aumento da mineração no Sul Global, enfatizando as problemáticas decorrentes dessa realidade.

Embora frequentemente promovidas como limpas e renováveis, as tecnologias associadas à transição energética apresentam características que limitam sua sustentabilidade, como menor densidade energética, vida útil curta e dificuldades no processo de reciclagem. Esses fatores resultam em uma maior dependência de minerais, especialmente quando comparadas às fontes de energia fósseis. Como consequência, minerais como cobalto, níquel, cobre, lítio e metais de terras raras tornaram-se essenciais, sendo classificados como "críticos" para a viabilização dessa transição.

A tabulação e análise dos dados indicaram que os países do Sul Global - termo que vem substituindo expressões como "países subdesenvolvidos" ou "terceiro mundo" - são os principais fornecedores de minerais essenciais ao desenvolvimento de novas tecnologias energéticas. As discussões

e evidências reforçaram a premissa de que a exploração mineral nesses países sempre atraiu grandes corporações internacionais. Aproveitando-se de um cenário globalizado, no qual o capital e os recursos circulam livremente, mas onde as políticas, regulamentações, fiscalizações e sanções variam drasticamente, essas corporações optam por extrair minerais em países com menores recursos e estrutura regulatória.

Devido aos baixos níveis de renda, desenvolvimento e às condições de vida adversas, esses países tendem a flexibilizar suas regulamentações ambientais, sociais e econômicas, favorecendo a lucratividade das corporações em troca de contrapartidas mínimas, como royalties e investimentos diretos. No entanto, são eles que suportam o pesado fardo decorrente dessas atividades. Além disso, cria-se um ciclo contínuo de dependência e exploração, já que grande parte da infraestrutura tecnológica e das empresas dominantes ao longo da cadeia produtiva é originária de países desenvolvidos, que se apropriam da maior parte dos lucros provenientes do processamento de minerais, da fabricação de tecnologias avançadas e de sua comercialização.

As análises indicam que a extração de minerais críticos no Sul Global pouco tem contribuído para a melhoria das condições de vida dos trabalhadores e das comunidades locais. Pelo contrário, ao examinar como essa extração ocorre nos principais países produtores, constatamos que ela está frequentemente associada a diversos problemas, como poluição ambiental generalizada (solo, água e ar), condições de trabalho precárias, trabalho infantil, mortes e acidentes laborais, contaminação de trabalhadores e moradores, violações de direitos humanos, aumento da atividade ilegal e de problemas sociais, incluindo consumo de drogas, prostituição e violência, além do financiamento de milícias vinculadas a regimes militares autoritários, entre várias outras violações.

Diante desse panorama, torna-se imperativo repensar os rumos da transição energética para que ela não reproduza - ou até mesmo agrave - padrões históricos de exploração no Sul Global. Promover uma transição justa requer a inclusão efetiva dos territórios do Sul, não apenas como fornecedores de recursos abundantes sob regulamentações ambientais e trabalhistas fragilizadas, mas como atores na construção de um novo modelo de desenvolvimento. Para isso, é fundamental enfrentar as assimetrias estruturais que marcam as dinâmicas produtivas e de desenvolvimento em escala internacional. Como contribuição para o debate, destacamos a necessidade de: (i) fortalecer os mecanismos de rastreabilidade dos minerais críticos; (ii) estabelecer marcos regulatórios mais rigorosos, com sistemas eficazes de fiscalização ambiental e responsabilização corporativa; (iii) assegurar a participação efetiva das comunidades locais nos processos decisórios; (iv) fomentar o desenvolvimento de cadeias de valor locais, agregando valor à produção mineral; (v) converter as compensações e royalties da mineração em investimentos em infraestrutura social e estratégias de diversificação econômica que reduzam a dependência mineral; (vi) incentivar a inovação tecnológica voltada à reciclagem e ao reuso de minerais críticos; e (vii) repensar os atuais padrões globais de produção e consumo, reconhecendo os limites ecológicos do planeta. Somente a partir de tais esforços será possível viabilizar uma transição energética que, de fato, promova justiça socioambiental em escala global.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), fundação vinculada ao Ministério da Educação (MEC), pelo financiamento desta pesquisa por meio de uma bolsa de pós-doutorado (Processo nº 88887.924498/2023-00) concedida ao pesquisador João Henrique Santana Stacciarini. Agradecemos também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de uma Bolsa de Produtividade em Pesquisa ao pesquisador Ricardo Júnior de Assis Fernandes Gonçalves. Por fim, agradecemos à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PrP) da Universidade Estadual de Goiás (UEG) pelos recursos concedidos ao PPGeo-UEG por meio dos Pró-Programas.

REFERÊNCIAS

AHMAD, S. The Lithium Triangle: where Chile, Argentina, and Bolivia meet. *Harvard International Review*. [S.L.], p. 1. 15 jan. 2020. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/26917284>. Acesso em:

12 ago. 2024.

ALONSO, A. El multicolor de la energía: desafíos y oportunidades para la transición energética. Cidade do México: Universidad Autónoma Metropolitana, 2024. 220 p. Disponível em: <https://rosalux.org.mx/libro-multicolor-de-la-energia/>. Acesso em: 24 set. 2024.

AMINDONI, A. As EVs surge, so does nickel mining's death toll: in the mineral-rich fringes of indonesia, whose nickel will feed EV giants like tesla, the deaths of miners continue to mount. Rest of World. [S.L.], p. 1. jul. 2023. Disponível em: <https://restofworld.org/2023/indonesia-nickel-mining-deaths/>. Acesso em: 28 jun. 2024.

AMNESTY INTERNATIONAL. DRC: powering change or business as usual?. London (UK): Amnesty International, 2023. 100 p. Disponível em: <https://www.amnesty.org/en/documents/AFR62/7009/2023/en/>. Acesso em: 23 ago. 2024.

ANISTIA INTERNACIONAL. Estado de Salud Fallido: emergencia de salud en pueblos indígenas de espinar, Perú. London (UK): Amnistía Internacional, 2021. 48 p. Disponível em: <https://www.amnesty.org/es/documents/amr46/3829/2021/es/>. Acesso em: 23 ago. 2024.

ASUNCION, A. M. et al. Challenging the binary of home vs. host state governance: Canadian transnational mining behavior and local communities in the Philippines extractive industry. The Extractive Industries and Society, [S.L.], v. 12, p. 101166, dez. 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.exis.2022.101166>.

BALARAM, V. Rare earth elements: a review of applications, occurrence, exploration, analysis, recycling, and environmental impact. Geoscience Frontiers, [S.L.], v. 10, n. 4, p. 1285-1303, jul. 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gsf.2018.12.005>.

BALCAZAR, S. Poisoned lives: five decades of pollution in Chile's quintero-ventanas bay. Mongabay. [S.L.], p. 1. out. 2016. Disponível em: <https://news.mongabay.com/2016/10/poisoned-lives-five-decades-of-pollution-in-chiles-quintero-ventanas-bay/>. Acesso em: 19 ago. 2024.

BLIGHT, G. Mine Waste: a brief overview of origins, quantities, and methods of storage. In: LETCHER, T. M.; VALLERO, D. A.. Waste: a handbook for management. Cambridge (U.S.): Academic Press, 2011. Cap. 5. p. 77-88. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381475-3.10005-1>.

BUARQUE, D. O Sul Global está em ascensão: mas o que é exatamente o sul global?. Interesse Nacional. [S.L.], p. 1. jul. 2023. Disponível em: <https://interessenacional.com.br/portal/o-sul-global-esta-em-ascensao-mas-o-que-e-exatamente-o-sul-global/>. Acesso em: 01 jul. 2024.

CAIXIN GLOBAL. China's rare earth mining could cause irreversible environmental harm. ThinkChina. [S.L.], p. 1. mai. 2022. Disponível em: <https://www.thinkchina.sg/society/chinas-rare-earth-mining-could-cause-irreversible-environmental-harm>. Acesso em: 16 set. 2024.

CB - Cobalt Institute. Cobalt Market Report 2022. England: Cobalt Institute, 2023. 45 p. Disponível em: <https://www.cobaltinstitute.org/resource/cobalt-market-report-2022/>. Acesso em: 31 mai. 2024.

CEZNE, E.; GARCIA, A. S. The rise and fall of Brazilian extractivism in Africa: taking stock of vale's mining operations on the continent (2004-2022). The Extractive Industries and Society, [S.L.], v. 17, p. 101400, mar. 2024. <http://dx.doi.org/10.1016/j.exis.2023.101400>.

CHEN, B. et al. Pathways for sustainable energy transition. Journal of Cleaner Production, [S.L.], v. 228, p. 1564-1571, ago. 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.372>.

CHOWDHURY, M. S. et al. An overview of solar photovoltaic panels' end-of-life material recycling. Energy Strategy Reviews, [S.L.], v. 27, p. 100431, jan. 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.esr.2019.100431>.

CLIMATE WATCH. Historical GHG Emissions. 2024. Disponível em: https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?breakBy=countries&end_year=2022&gases=co2&source=PIK&start_year=1850. Acesso em: 06 jul. 2024.

COTA, I. How nations sitting on lithium reserves are handling the new ‘white gold’ rush. El País. [S.L.], p. 1. fev. 2022. Disponível em: <https://english.elpais.com/economy-and-business/2022-02-14/how-nations-sitting-on-lithium-reserves-are-handling-the-new-white-gold-rush.html>. Acesso em: 15 ago. 2024.

COUMANS, C. Minding the “governance gaps”: re-thinking conceptualizations of host state “weak governance”. The Extractive Industries and Society, [S.L.], v. 6, n. 3, p. 675-687, jul. 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.exis.2019.06.003>.

CRI - Climate Rights International. Nickel Unearthed: the human and climate costs of Indonesia’s nickel industry. California (United States): Climate Rights International, 2024. 139 p. Disponível em: <https://cri.org/reports/nickel-unearthed/>. Acesso em: 25 jun. 2024.

CUSTODIO, Leslie Moreno. “¿Cómo vamos a vivir?” El impacto de la minería en las comunidades del sur de Perú. Dialogue Earth. [S.L.], p. 1. Dez. 2022. Disponível em: <https://dialogue.earth/es/polucion/361618-como-vamos-a-vivir-el-impacto-de-la-mineria-en-las-comunidades-del-sur-de-peru/>. Acesso em: 23 ago. 2024.

DAVIS, G. A.; TILTON, J. E. The resource curse. Natural Resources Forum, [S.L.], v. 29, n. 3, p. 233-242, ago. 2005. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1477-8947.2005.00133.x>.

DECENA, K. Indonesia emerging as major cobalt supplier amid lingering ESG concerns. S&P Global. [S.L.], p. 1. jul. 2023. Disponível em: <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/blog/essential-ir-insights-newsletter-fall-2023>. Acesso em: 02 set. 2024.

ELECTRONICS WATCH. Human Rights and Environmental Impact of Nickel Mining at Rio Tuba. Amsterdã (Holanda): Electronics Watch, 2022. 11 p. Disponível em: <https://eurmc.org/publication/human-rights-and-environmental-impact-of-nickel-mining-at-rio-tuba/>. Acesso em: 02 set. 2024.

ENER DATA - An Independent Research Company that Specialises in the Analysis and Forecasting of Energy and Climate Issues. Total energy production. 2024. Disponível em: <https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-energy-production.html>. Acesso em: 19 fev. 2024.

EPA - U.S. Environmental Protection Agency. Metal Mining Waste Management Trend. 2024. TRI National Analysis. Disponível em: <https://www.epa.gov/trinationalanalysis/metal-mining-waste-management-trend>. Acesso em: 03 jul. 2024.

FRESLON, W. S.; COONEY, P. Transnational Mining and Accumulation by Dispossession. In: COONEY, P.; FRESLON, W. S. (ed.). Environmental Impacts of Transnational Corporations in the Global South. Bingley (England): Emerald, 2018. p. 11-34. <https://doi.org/10.1108/S0161-723020180000033002>.

GAAG - Geoscience Australia (Australian Government). Rare Earth Elements. 2023. Disponível em: <https://www.ga.gov.au/scientific-topics/minerals/mineral-resources-and-advice/australian-resource-reviews/rare-earth-elements>. Acesso em: 04 set. 2024.

GARCIA, A. BRICS investment agreements in Africa: more of the same?. Studies In Political Economy, [S.L.], v. 98, n. 1, p. 24-47, 2 jan. 2017. <http://dx.doi.org/10.1080/07078552.2017.1297018>.

GASPAROTTO, J.; MARTINELLO, K. Coal as an energy source and its impacts on human health. Energy Geoscience, [S.L.], v. 2, n. 2, p. 113-120, abr. 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.engeos.2020.07.003>.

GLOBAL WITNESS. Fuelling the future, poisoning the present: Myanmar's rare earth boom. 2024. Disponível em: <https://www.globalwitness.org/en/campaigns/natural-resource-governance/fuelling-the-future-poisoning-the-present-myanmars-rare-earth-boom/>. Acesso em: 16 set. 2024.

GLOBAL WITNESS. Myanmar's poisoned mountains: the toxic rare earth mining industry at the heart of the global green energy transition. 2022. Disponível em: <https://www.globalwitness.org/en/campaigns/natural-resource-governance/myanmars-poisoned-mountains/>. Acesso em: 16 set. 2024.

GONÇALVES, Ricardo Junior de Assis Fernandes; MILANEZ, Bruno. Extrativismo Mineral, Conflitos e Resistências no Sul Global. *Sapiência*, Iporá, Brasil, v. 2, n. 8, p. 6-33, dez. 2019. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/sapiencia/article/view/9810>. Acesso em: 08 jul. 2024.

GORENA, T. et al. Cupressus macrocarpa leaves for biomonitoring the environmental impact of an industrial complex: the case of puchuncaví-ventanas in chile. *Chemosphere*, [S.L.], v. 260, p. 127521, dez. 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127521>.

HARVEY, D. 17 contradições e o fim do capitalismo. São Paulo: Boitempo, 2016.

HILSON, G.; HASELIP, J. The environmental and socioeconomic performance of multinational mining companies in the developing world economy. *Minerals & Energy*, [S.L.], v. 19, n. 3, p. 25-47, set. 2004. <http://dx.doi.org/10.1080/14041040410027318>.

ICA - International Copper Association. Copper's Role in the Transition to a Low-Carbon Economy. 2024. Disponível em: <https://internationalcopper.org/>. Acesso em: 19 ago. 2024.

IEA - International Energy Agency. Energy Statistics Data Browser: total energy supply (tes) by source, world 1990-2022. Total energy supply (TES) by source, World 1990-2022. 2023. World Energy Balances. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>. Acesso em: 20 jan. 2024.

IEA - International Energy Agency. Indonesia: Coal. 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/countries/indonesia/coal>. Acesso em: 15 jun. 2024.

IEA - International Energy Agency. The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. Paris, France: IEA, 2021. 287 p. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>. Acesso em: 01 fev. 2024.

IRENA - International Renewable Energy Agency. Critical Materials for The Energy Transition. Abu Dhabi (Emirados Árabes Unidos): International Renewable Energy Agency (IRENA), 2021. 43 p. Disponível em: <https://www.irena.org/Technical-Papers/Critical-Materials-For-The-Energy-Transition>. Acesso em: 03 jan. 2024.

IRENA - International Renewable Energy Agency. Solar energy. 2024b. Disponível em: <https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology/Solar-energy>. Acesso em: 31 jan. 2024.

IRENA - International Renewable Energy Agency. Wind energy. 2024a. Disponível em: <https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology/wind-energy>. Acesso em: 01 fev. 2024.

IRENA - International Renewable Energy Agency; CPI - Climate Policy Initiative. Global landscape of renewable energy finance 2023. Abu Dhabi (Emirados Árabes Unidos): International Renewable Energy Agency (IRENA), 2023. 24 p. Disponível em: <https://www.irena.org/Publications/2023/Feb/Global-landscape-of-renewable-energy-finance-2023>. Acesso em: 31 jan. 2024.

JENSEN, P. D. et al. Highlighting the need to embed circular economy in low carbon infrastructure decommissioning: the case of offshore wind. *Sustainable Production and Consumption*, [S.L.], v. 24, p. 266-280, out. 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.spc.2020.07.012>.

JONG, H. N. Indonesia's coal burning hits record high: and "green" nickel is largely why. Mongabay. [S.L.], p. 1. jul. 2023. Disponível em: <https://news.mongabay.com/2023/07/indonesias-coal-burning-hits-record-high-and-green-nickel-is-large-ly-why/>. Acesso em: 10 jul. 2024.

KANG, D. 'The Sacrifice Zone': Myanmar bears cost of green energy. Associated Press (AP). [S.L.], p. 1. ago. 2022. Disponível em: <https://apnews.com/article/technology-forests-myanmar-75df22e8d7431a6757ea4a426fbde94c>. Acesso em: 17 set. 2024.

KATO, K. Y. M.; GARCIA, A. S. "Valeu a pena?" An assessment of Vale's operations in Mozambique through the prism of the International Articulation of those Affected by Vale. The Extractive Industries and Society, [S.L.], v. 14, p. 101235, jun. 2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.exis.2023.101235>.

LEE, J. C. K.; WEN, Z. Rare Earths from Mines to Metals: comparing environmental impacts from China's main production pathways. Journal of Industrial Ecology, [S.L.], v. 21, n. 5, p. 1277-1290, 22 set. 2016. <http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12491>.

LIU, Wenjuan; AGUSDINATA, Datu B.. Interdependencies of lithium mining and communities sustainability in Salar de Atacama, Chile. Journal Of Cleaner Production, [S.L.], v. 260, p. 120838, jul. 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120838>.

LIU, W. et al. Water, sediment and agricultural soil contamination from an ion-adsorption rare earth mining area. Chemosphere, [S.L.], v. 216, p. 75-83, fev. 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.10.109>.

LÓPEZ-CALVA, L. F. Lithium in Latin America: A new quest for "El Dorado"? United Nations Development Programme (UNDP): Latin America and the Caribbean. [S.L.], p. 1. mai. 2022. Disponível em: <https://www.undp.org/latin-america/blog/graph-for-thought/lithium-latin-america-new-quest-el-dorado>. Acesso em: 12 ago. 2024.

MACONACHIE, R. Appalling conditions and poverty wages: the lives of cobalt miners in the DRC. The Conversation. Melbourne (Australia), p. 1. 30 dez. 2024. Disponível em: <https://theconversation.com/we-miners-die-a-lot-appalling-conditions-and-poverty-wages-the-lives-of-cobalt-miners-in-the-drc-220986>. Acesso em: 01 jun. 2024.

MASSOUD, M. et al. Review on recycling energy resources and sustainability. Heliyon, [S.L.], v. 9, n. 4, p. 1-17, abr. 2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15107>.

MAZZIERI, A.; MONTANARI, A. Surviving the white gold rush - life in the 'lithium triangle'. Al Jazeera. [S.L.], p. 1. mar. 2024. Disponível em: <https://www.aljazeera.com/features/longform/2024/3/16/surviving-the-white-gold-rush-life-in-south-america-lithium-triangle-2>. Acesso em: 15 ago. 2024.

MILANEZ, B.; FELIPPE, M. F. (Org.). Minas esgotada: antecedentes e impactos do desastre da Vale na Bacia do Paraopeba. Juiz de Fora: Editora UFJF, 2021. 136 p.

MILESI, O. Smelter finally closes due to extreme pollution in chilean bay. Inter Press Service. [S.L.], p. 1. 4 jul. 2022. Disponível em: <https://www.ipsnews.net/2022/07/smelter-finally-closes-due-extreme-pollution-chilean-bay>. Acesso em: 18 ago. 2024.

NAING, A. 30 people missing in mine landslide in Kachin State. Myanmar Now. [S.L.], p. 1. jun. 2024. Disponível em: <https://myanmar-now.org/en/news/30-people-missing-in-mine-landslide-in-kachin-state/>. Acesso em: 17 set. 2024.

PISTILLI, M. Top 9 Lithium-producing Countries: updated 2024. Nasdaq. [S.L.], p. 1. maio 2024. Disponível em: <https://www.nasdaq.com/articles/top-9-lithium-producing-countries-updated-2024>.

Acesso em: 09 ago. 2024.

POEMAS - Grupo Política, Economia, Mineração, Ambiente e Sociedade. Antes fosse mais leve a carga: avaliação dos aspectos econômicos, políticos e sociais do desastre da Samarco/Vale/BHP em Mariana (MG). Relatório final. Juiz de Fora: PoEMAS, 2015. Disponível em: <https://www.ufjf.br/poemas/files/2014/07/PoEMAS-2015-Antes-fosse-mais-leve-a-carga-versão-final.pdf>. Acesso em: 15 out. 2024.

RAID - Rights and Accountability in Development; AFREWATCH - African Resources Watch. Beneath the Green: a critical look at the environmental and human costs of industrial cobalt mining in DRC. Online: RAID, 2024. 114 p. Disponível em: <https://raid-uk.org/post-library/report-beneath-the-green/>. Acesso em: 31 mai. 2024.

RIOFRANCOS, T. Shifting Mining from the Global South misses the point of climate justice: onshoring critical minerals mining doesn't address the root causes of predatory extraction. Foreign Policy. Washington, U.S., p. 1. fev. 2022. Disponível em: <https://foreignpolicy.com/2022/02/07/renewable-energy-transition-critical-minerals-mining-onshoring-lithium-evs-climate-justice/>. Acesso em: 02 jul. 2024.

SANTOS, M. A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção. São Paulo: Hucitec, 1996.

SAWAL, R. Red seas and no fish: Nickel mining takes its toll on Indonesia's spice islands. Mongabay. [S.L.], p. 1. fev. 2022. Disponível em: <https://news.mongabay.com/2022/02/red-seas-and-no-fish-nickel-mining-takes-its-toll-on-indonesias-spice-islands/>. Acesso em: 12 jul. 2024.

SILVEIRA, M. L. Los territorios corporativos de la globalización. Geograficando, 3(3), p. 13- 26, 2007. Disponível em: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/13941>. Acesso em: 08 jul. 2024.

SOVACOOOL, B. et al. Sustainable minerals and metals for a low-carbon future. Science, [S.L.], v. 367, n. 6473, p. 30-33, 3 jan. 2020. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.aaz6003>.

STACCIARINI, J. H. S.; GONÇALVES, R. J. A. F. Global Geography of the Energy Transition and Mineral Extraction. SocArXiv, [S.L.], p. 1-18, fev. 2025. Center for Open Science. http://dx.doi.org/10.31235/osf.io/jdfyw_v1.

STANDAERT, M. China wrestles with the toxic aftermath of rare earth mining. Yale Environment 360. [S.L.], p. 1. jul. 2019. Disponível em: <https://e360.yale.edu/features/china-wrestles-with-the-toxic-aftermath-of-rare-earth-mining>. Acesso em: 16 set. 2024.

STATISTA. Average installed cost for solar photovoltaics worldwide from 2010 to 2022. 2023a. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/809796/>. Acesso em: 30 jan. 2024.

STATISTA. Distribution of cobalt demand worldwide in 2022, by application. 2024d. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/1143399/global-cobalt-consumption-distribution-by-application/>. Acesso em: 31 mai. 2024.

STATISTA. Distribution of mine production of copper worldwide in 2022, by country. 2024b. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/605533/distribution-of-global-copper-mine-production-by-select-country/>. Acesso em: 19 ago. 2024.

STATISTA. Distribution of mine production of nickel worldwide in 2022, by country. 2024a. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/603621/global-distribution-of-nickel-mine-production-by-select-country/>. Acesso em: 12 ago. 2024.

STATISTA. Distribution of rare earths production worldwide as of 2023, by country. 2024c. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/270277/mining-of-rare-earths-by-country/>. Acesso em: 15 ago.

2024.

STATISTA. Global lithium industry - statistics & facts. 2024i. Disponível em: <https://www.statista.com/topics/3217/lithium/>. Acesso em: 09 jul. 2024.

STATISTA. Global rare earths mine production volume 2010-2023. 2024k. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/1187186/global-rare-earths-mine-production/>. Acesso em: 15 ago. 2024.

STATISTA. Leading copper mining companies worldwide in 2023, by production output. 2024g. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/281023/leading-copper-producers-worldwide-by-output/>. Acesso em: 11 jul. 2024.

STATISTA. Lifespan of low-carbon energy sources and power plants worldwide by type. 2023b. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/1264727/>. Acesso em: 05 fev. 2024.

STATISTA. Lithium-ion batteries - statistics & facts. 2024j. Disponível em: <https://www.statista.com/topics/3217/lithium/>. Acesso em: 09 jul. 2024.

STATISTA. Major countries in worldwide nickel mine production in 2023. 2024e. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/264642/nickel-mine-production-by-country/>. Acesso em: 08 jul. 2024.

STATISTA. Mine production of copper in Democratic Republic of the Congo from 2010 to 2023. 2024h. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/1276790/copper-production-in-democratic-republic-of-the-congo/>. Acesso em: 23 ago. 2024.

STATISTA. Mine production of copper worldwide from 2010 to 2023. 2024f. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/254839/copper-production-by-country/>. Acesso em: 10 jul. 2024.

STATISTA. Rare earths mine production in Myanmar 2018-2023. 2024l. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/1294383/>. Acesso em: 09 jul. 2024.

SVAMPA, M. Las fronteras del neoextractivismo en América Latina. Cidade do México/México: CALAS, 2019.

USGS - United States Geological Survey. Cobalt: data in metric tons, cobalt content, unless otherwise specified. [S.L.]: USGS Publications, 2024. 2 p. Mineral Commodity Summaries. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2024/mcs2024-cobalt.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2024.

VAN ZALK, J.; BEHRENS, P. The spatial extent of renewable and non-renewable power generation: a review and meta-analysis of power densities and their application in the U.S. Energy Policy, [S.L.], v. 123, p. 83-91, dez. 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2018.08.023>.

WATARI, T. et al. Total material requirement for the global energy transition to 2050: a focus on transport and electricity. Resources, Conservation and Recycling, [S.L.], v. 148, p. 91-103, set. 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.05.015>.

ZANETTA-COLOMBO, N. C. et al. Impact of mining on the metal content of dust in indigenous villages of northern Chile. Environment International, [S.L.], v. 169, p. 107490, nov. 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2022.107490>.

ZHANG, T. et al. Allocating environmental costs of China's rare earth production to global consumption. Science of the Total Environment, [S.L.], v. 831, p. 154934, jul. 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154934>.

Afiliação dos Autores

Stacciarini, J.H.S. - Professor da Universidade Federal de Goiás, Goiânia (GO), Brasil.
Gonçalves, R.J.A.F - Professor da Universidade Federal de Goiás, Goiânia (GO), Brasil.

Contribuição dos Autores

Stacciarini, J.H.S. - O autor contribuiu para a elaboração, realização e manipulação dos dados e redação
Gonçalves, R.J.A.F - O autor contribuiu na elaboração, redação e revisão.

Editores Responsáveis

Alexandra Maria Oliveira
Alexandre Queiroz Pereira