

**MINÉRIOS CRÍTICOS PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO BRASIL:
OPORTUNIDADES ESTRATÉGICAS E PANORAMA DA PESQUISA E LAVRA**

**CRITICAL MINERALS FOR THE ENERGY TRANSITION IN BRAZIL: STRATEGIC
OPPORTUNITIES AND RESEARCH AND MINING OVERVIEW**

**MINERALES CRÍTICOS PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN BRASIL:
OPORTUNIDADES ESTRATÉGICAS Y VISIÓN GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN Y
LA MINERÍA**



10.56238/revgeov16n4-019

Antony Bertand Andrade Bezerra

Graduando em Engenharia de Produção

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Norte

E-mail: antonytrabalho@gmail.com

Yanko Marcius de Alencar Xavier

Pós-Doutor em Direito Internacional Privado e Direito Comparado

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Norte

E-mail: yanko.xavier@ufrn.br

Herbert Ricardo Garcia Viana

Doutor em Engenharia

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Norte

E-mail: herbert.viana@ufrn.br

RESUMO

A transição energética global, impulsionada pela necessidade de mitigar as mudanças climáticas e reduzir a dependência de combustíveis fósseis, intensifica a demanda por minerais estratégicos como lítio, terras raras, cobalto, cobre e níquel. Esses insumos são essenciais para tecnologias de baixo carbono, incluindo baterias de íons de lítio, turbinas eólicas, painéis solares e veículos elétricos. Este estudo analisa o perfil de lavra dos principais minérios críticos no Brasil, considerando sua distribuição geográfica, estágio de desenvolvimento e desafios regulatórios, com base em dados da Agência Nacional de Mineração (ANM), complementados por informações de organismos internacionais como o USGS e a IEA. A pesquisa é de natureza qualitativa, com abordagem exploratória e descritiva, fundamentada em fontes documentais e bibliográficas. Foram utilizados dados do Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE) e do Painel de Distribuição da Mineração no Brasil para mapear processos minerários ativos, distinguindo-os por regimes e fases — desde requerimentos e autorizações de pesquisa até concessões de lavra. Os resultados mostram que, embora o Brasil detenha reservas expressivas — como 730 mil toneladas de lítio, a terceira maior reserva mundial de terras raras e 16 milhões de toneladas de níquel —, a exploração comercial ainda é incipiente para a maioria desses minerais. Apenas 0,49% dos processos ativos encontram-se na fase de concessão de lavra, enquanto 88,55% estão em estágios iniciais de pesquisa. A análise revela concentração geográfica estratégica, como as províncias pegmatíticas de Minas Gerais e Bahia (lítio)



e depósitos de terras raras em Goiás e Bahia. O estudo identifica gargalos que comprometem a consolidação do Brasil como fornecedor global de minérios críticos, incluindo entraves regulatórios, morosidade nos processos de licenciamento (média superior a sete anos para concessão de lavra), desafios tecnológicos no beneficiamento e carência de políticas públicas específicas. Tais barreiras contrastam com as oportunidades decorrentes da crescente demanda internacional, projetada para multiplicar-se até 15 vezes no caso do lítio até 2050. Conclui-se que, para que o Brasil assuma papel de destaque na transição energética global, é necessário avançar em políticas integradas que conciliem competitividade, sustentabilidade e segurança jurídica. Investimentos em pesquisa mineral, inovação tecnológica, infraestrutura logística e regulação eficiente são determinantes para transformar o potencial geológico em liderança estratégica, reforçando a soberania mineral e contribuindo para os compromissos climáticos internacionais.

Palavras-chave: Minérios Críticos. Transição Energética. Regulação Mineral. Geopolítica dos Recursos. Desenvolvimento Sustentável.

ABSTRACT

The global energy transition, driven by the need to mitigate climate change and reduce dependence on fossil fuels, is intensifying demand for strategic minerals such as lithium, rare earth elements, cobalt, copper, and nickel. These resources are essential for low-carbon technologies, including lithium-ion batteries, wind turbines, solar panels, and electric vehicles. This study analyzes the mining profile of critical minerals in Brazil, considering their geographical distribution, development stage, and regulatory challenges, based on data from the National Mining Agency (ANM), complemented by information from international organizations such as the USGS and IEA. This research adopts a qualitative approach, combining exploratory and descriptive methods grounded in documentary and bibliographic sources. Data from the Geographic Information System for Mining (SIGMINE) and the Brazilian Mining Distribution Panel were used to map active mining processes, classified by regimes and phases — from research applications and authorizations to operating licenses. Results indicate that, although Brazil holds significant reserves — such as 730 thousand tons of lithium, the third-largest rare earth reserve in the world, and 16 million tons of nickel — commercial exploitation remains incipient for most of these minerals. Only 0.49% of active processes are in the operating license phase, while 88.55% are still in early research stages. The analysis reveals strategic geographical concentrations, such as the pegmatitic provinces of Minas Gerais and Bahia (lithium) and rare earth deposits in Goiás and Bahia. The study identifies bottlenecks that hinder Brazil's consolidation as a global supplier of critical minerals, including regulatory barriers, lengthy licensing processes (averaging over seven years for operating licenses), technological challenges in mineral processing, and the absence of specific public policies. These obstacles contrast with the opportunities arising from the growing international demand, projected to increase up to 15-fold in the case of lithium by 2050. The study concludes that, for Brazil to play a leading role in the global energy transition, it is essential to advance integrated policies that combine competitiveness, sustainability, and legal certainty. Investments in mineral research, technological innovation, logistics infrastructure, and efficient regulation are crucial to transforming geological potential into strategic leadership, strengthening mineral sovereignty, and contributing to international climate commitments.

Keywords: Critical Minerals. Energy Transition. Mining Regulation. Resource Geopolitics. Sustainable Development.

RESUMEN

La transición energética global, impulsada por la necesidad de mitigar el cambio climático y reducir la dependencia de los combustibles fósiles, está intensificando la demanda de minerales estratégicos como el litio, las tierras raras, el cobalto, el cobre y el níquel. Estos insumos son esenciales para las tecnologías bajas en carbono, como las baterías de iones de litio, las turbinas eólicas, los paneles solares y los vehículos eléctricos. Este estudio analiza el perfil minero de minerales críticos clave en Brasil, considerando su distribución geográfica, etapa de desarrollo y desafíos regulatorios, con base en datos



de la Agencia Nacional de Minería (ANM), complementados con información de organizaciones internacionales como el USGS y la IEA. La investigación es de naturaleza cualitativa, con un enfoque exploratorio y descriptivo, fundamentado en fuentes documentales y bibliográficas. Se utilizaron datos del Sistema de Información Geográfica Minera (SIGMINE) y del Panel Brasileño de Distribución Minera para mapear los procesos mineros activos, distinguiéndolos por régimen y fase, desde las solicitudes y autorizaciones de exploración hasta las concesiones mineras. Los resultados muestran que, si bien Brasil posee importantes reservas (como 730.000 toneladas de litio, la tercera reserva de tierras raras más grande del mundo, y 16 millones de toneladas de níquel), la exploración comercial de la mayoría de estos minerales aún se encuentra en sus primeras etapas. Solo el 0,49 % de los procesos activos se encuentran en la etapa de concesión minera, mientras que el 88,55 % se encuentran en las primeras etapas de exploración. El análisis revela una concentración geográfica estratégica, como las provincias de pegmatitas de Minas Gerais y Bahía (litio) y los depósitos de tierras raras en Goiás y Bahía. El estudio identifica cuellos de botella que ponen en peligro la consolidación de Brasil como proveedor global de minerales críticos, incluyendo obstáculos regulatorios, procesos de licencia lentos (un promedio de más de siete años para concesiones mineras), desafíos tecnológicos en el procesamiento y una falta de políticas públicas específicas. Estas barreras contrastan con las oportunidades derivadas de la creciente demanda internacional, que se prevé que se multiplique por 15 en el caso del litio para 2050. Por consiguiente, para que Brasil asuma un papel destacado en la transición energética global, es necesario impulsar políticas integradas que equilibren la competitividad, la sostenibilidad y la seguridad jurídica. Las inversiones en investigación minera, innovación tecnológica, infraestructura logística y una regulación eficiente son cruciales para transformar el potencial geológico en liderazgo estratégico, reforzar la soberanía minera y contribuir a los compromisos internacionales en materia climática.

Palabras clave: Minerales Críticos. Transición Energética. Regulación Minera. Geopolítica de los Recursos. Desarrollo Sostenible.



1 INTRODUÇÃO

Em 2021, estimou-se que mais de 4,2 milhões de pessoas morreram anualmente em decorrência da poluição atmosférica (WHO, 2021), fenômeno fortemente impulsionado por práticas como a queima de combustíveis fósseis e o uso intensivo e, muitas vezes, insustentável de recursos naturais (National Geographic, 2017). Essas mortes representam não apenas um grave problema de saúde pública, mas também um reflexo de um modelo de desenvolvimento econômico historicamente dependente de matrizes energéticas poluentes, cuja persistência tem sido amplamente observada desde o início do século XXI. O impacto dessa realidade vai além das questões ambientais e sanitárias, afetando a economia global, a segurança alimentar e a estabilidade social, sobretudo em regiões mais vulneráveis às mudanças climáticas.

Diante dessa conjuntura, a comunidade internacional intensificou esforços coletivos para enfrentar a crise climática. Um marco relevante nesse processo foi o Acordo de Paris, firmado em 2015, que estabeleceu metas climáticas vinculantes para limitar o aquecimento global a níveis bem abaixo de 2 °C em relação aos patamares pré-industriais, buscando, preferencialmente, restringi-lo a 1,5 °C até 2050. Tal compromisso implica a transição para uma economia de baixo carbono, baseada na substituição progressiva de fontes fósseis por energias renováveis, na adoção de tecnologias limpas e na implementação de políticas de eficiência energética. O Acordo, além de simbolizar um pacto político global, representa um instrumento de governança climática que orienta ações nacionais para um a transição energética, mobiliza investimentos e promove inovação tecnológica, articulando a necessidade de mitigação das emissões de gases de efeito estufa com estratégias de adaptação a um clima em transformação.

A transição energética, entendida como a mudança estrutural dos sistemas de produção e consumo de energia em direção a fontes renováveis, seguras e de baixo impacto ambiental, surge como um eixo estratégico para alcançar os compromissos assumidos globalmente (IRENA, 2018). Essa transformação implica uma reconfiguração profunda das cadeias de suprimento de energia, substituindo os hidrocarbonetos por “elétrons” e aumentando substancialmente o papel da eletricidade nos sistemas energéticos (Tricks, 2018; Pérez-Arriaga; Knittel, 2016; Viana, 2025).

Para que esse processo ocorra de maneira efetiva, torna-se indispensável o acesso e uso intensivo de determinados recursos minerais, como lítio, terras raras, cobalto, cobre e níquel, considerados minérios críticos para o desenvolvimento das tecnologias de energia limpa, como baterias, turbinas eólicas, células fotovoltaicas e veículos elétricos.

A crescente demanda global por esses minérios vem reconfigurando a geopolítica dos recursos naturais (Viana, 2025). Países que historicamente não detinham protagonismo energético passaram a ocupar posição estratégica no fornecimento de matérias-primas para a transição energética. Nesse cenário, o Brasil, país com vasto território, diversidade geológica e relevantes reservas minerais,



assume papel central, tanto pelo potencial de exploração quanto pelos desafios regulatórios, ambientais e tecnológicos que enfrenta. No Brasil, a Constituição Federal de 1988, em seu art. 176, reconhece que as jazidas minerais são bens da União, destacando o interesse público sobre sua exploração. De forma complementar, o art. 225 consagra o direito de todos ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, impondo ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. Assim, qualquer estratégia nacional de exploração mineral voltada à transição energética deve harmonizar a busca pelo aproveitamento econômico desses recursos com a observância rigorosa dos princípios de sustentabilidade, precaução e responsabilidade socioambiental, garantindo que o desenvolvimento econômico ocorra de forma compatível com a proteção ambiental e os direitos fundamentais previstos na Carta Magna.

Adicionalmente, a Lei nº 14.066/2020 introduziu um novo marco regulatório para o setor minerário, fortalecendo critérios de licenciamento ambiental, incentivando práticas mais limpas e exigindo maior responsabilidade social e recuperação ambiental por parte das empresas mineradoras. Essa legislação representa um esforço para alinhar a mineração brasileira às melhores práticas internacionais e integrá-la de forma sustentável à agenda climática.

Apesar desse potencial, o setor mineral brasileiro ainda apresenta gargalos expressivos no que diz respeito à maturidade de seus empreendimentos, à tecnologia de beneficiamento e à estrutura regulatória para os minérios críticos. Muitos projetos encontram-se em estágios iniciais de desenvolvimento, e a ausência de políticas públicas específicas dificulta o aproveitamento estratégico desses recursos. Assim, compreender o perfil de lavra dos minérios críticos no Brasil e identificar os principais gargalos que comprometem a soberania mineral e energética do país são etapas fundamentais para garantir uma transição energética efetiva, ambientalmente responsável e geopoliticamente estável.

Diante desse contexto, o presente estudo tem como objetivo principal analisar o perfil de lavra dos principais minérios críticos à transição energética no Brasil, com base nos dados oficiais disponibilizados pela Agência Nacional de Mineração (ANM). A análise busca identificar os principais entraves e oportunidades que o país enfrenta para ampliar sua atuação estratégica na cadeia de suprimento desses minerais, essenciais para tecnologias de baixo carbono.

Para alcançar esse propósito, o trabalho se propõe a, primeiramente, compreender os regimes minerários atualmente estabelecidos pela ANM e verificar sua aplicabilidade específica à exploração dos minérios considerados críticos para a transição energética. Em seguida, pretende-se mapear a distribuição geográfica e o estágio de desenvolvimento dos projetos minerários voltados ao lítio, terras raras, cobre, cobalto e níquel, identificando tanto as áreas de maior concentração quanto os avanços regulatórios e operacionais. Além disso, busca-se reconhecer lacunas técnicas, normativas e estruturais que possam dificultar o avanço da lavra desses minérios no país.



2 REFERENCIAL TEÓRICO

A seção atual tem como objetivo apresentar os fundamentos teóricos que embasam este estudo, reunindo conceitos, definições e abordagens relevantes à compreensão das análises efetuadas a posteriori. Além de conceitos, o referencial adotado busca contextualizar as ferramentas de suporte à análise dos dados e à construção das discussões ao longo do artigo.

2.1 REGIMES MINERÁRIOS DA ANM

Os regimes de exploração mineral são os conjuntos de normas e procedimentos legais que regulamentam as diferentes formas de aproveitamento das substâncias minerais no Brasil. Esses regimes definem os critérios, os direitos, as obrigações e as condições para que as atividades de pesquisa, lavra e aproveitamento dos recursos minerais possam ser realizadas, considerando o interesse público e o desenvolvimento sustentável.

No Brasil, os regimes de aproveitamento das substâncias minerais são disciplinados pelo Código de Mineração (Decreto-Lei nº 227/1967), conforme estabelecido no artigo 2º. Esses regimes são: regime de concessão, quando depender de portaria de concessão do Ministro de Estado de Minas e Energia; regime de autorização, quando depender da expedição de alvará de autorização pelo Diretor-Geral da ANM (órgão que sucedeu o antigo DNPM); regime de licenciamento, quando depender de licença expedida em conformidade com regulamentos administrativos locais e de seu registro junto à ANM; regime de permissão de lavra garimpeira, quando depender de portaria de permissão expedida pela ANM, e regime de monopolização, quando, por força de lei especial, a execução da atividade recair direta ou indiretamente sobre o Governo Federal.

A Agência Nacional de Mineração (ANM), responsável por regular, autorizar e fiscalizar as atividades de pesquisa e lavra mineral no Brasil, divide os processos minerários dos regimes listados anteriormente em 8 estados diferentes. Abaixo é possível observar as definições presentes no painel de distribuição da mineração no Brasil (ANM, 2025).

O requerimento de pesquisa é o primeiro passo para a realização de atividades de pesquisa mineral. Ele deve ser protocolado eletronicamente no Sistema REPEM, da ANM, por meio de um formulário padronizado. Esse requerimento tem como finalidade obter autorização para realizar estudos preliminares, como a identificação e avaliação da jazida, além da verificação de sua viabilidade econômica, com vistas à futura solicitação de concessão de lavra.

A autorização de pesquisa é o regime que permite, de fato, a realização dos trabalhos de campo e de laboratório necessários para definir a jazida mineral, estimar seu potencial e avaliar se é possível explorá-la economicamente. Trata-se de uma etapa investigativa, fundamental para o avanço ao estágio de lavra.



O requerimento de lavra ocorre após a fase de pesquisa e é o pedido formal para obter a concessão de lavra, ou seja, a autorização legal para iniciar a extração e o beneficiamento do bem mineral. Essa solicitação está amparada pelo Código de Mineração (Decreto-Lei nº 227/1967), pelo seu regulamento (Decreto nº 9.406/2018) e por normas complementares como a Portaria ANM nº 155/2016 (ex-Portaria DNPM).

A concessão de lavra é o título oficial que confere ao titular o direito de explorar comercialmente o recurso mineral. Essa autorização é formalizada por meio de uma portaria emitida pelo Ministro de Minas e Energia, desde que todas as exigências legais tenham sido devidamente cumpridas.

O registro de licença, também chamado de Licenciamento, é um regime mais simplificado que permite o aproveitamento de determinados minerais, geralmente utilizados na construção civil, com base em licenças emitidas por órgãos municipais ou estaduais. Após o registro na ANM, o titular está autorizado a realizar a extração, respeitando as normas locais.

A permissão de lavra garimpeira é destinada à extração artesanal de minerais com aproveitamento imediato e em pequena escala, como ouro, diamante, cassiterita e outras substâncias gemológicas¹. Esse regime é voltado especialmente para áreas onde não se justificam grandes investimentos em pesquisa mineral, dada a natureza dispersa ou de baixo volume das jazidas.

O registro de extração é exclusivo para órgãos públicos das esferas federal, estadual ou municipal e permite a extração de materiais utilizados diretamente na construção civil, desde que sejam aplicados exclusivamente em obras públicas. Não é permitida a comercialização, cessão ou exploração por terceiros.

Por fim, a Disponibilidade de Áreas é o procedimento por meio do qual a ANM disponibiliza para novos interessados áreas minerárias que perderam seus antigos titulares, seja por renúncia, caducidade, abandono ou indeferimento de título. Desde 2018, o processo passou a ocorrer em rodadas públicas, com duas etapas: a manifestação de interesse e, caso haja múltiplos interessados por uma mesma área, o leilão eletrônico, em que vence a maior oferta.

Compreender os regimes citados é determinante para a análise dos dados apresentados neste artigo, sobretudo no que diz respeito à classificação do estágio de desenvolvimento dos empreendimentos minerários, de acordo com a tramitação dos processos da ANM.

¹ Substâncias gemológicas são minerais, rochas ou materiais orgânicos que, por suas propriedades físicas, químicas e estéticas, são utilizados na joalheria, na ornamentação e em aplicações decorativas. Incluem-se nessa categoria gemas como diamante, rubi, esmeralda, safira, turmalina e topázio, entre outras, que podem ser naturais ou tratadas para realçar cor, brilho e durabilidade.



2.2 SIGMINE

O Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE) é uma ferramenta desenvolvida pela Agência Nacional de Mineração (ANM) com o objetivo de disponibilizar informações georreferenciadas sobre os títulos minerários em território brasileiro.

A ANM (2025) define o SIGMINE como um sistema de exploração mineral, onde encontram-se todas as áreas dos processos minerários cadastrados na ANM, como os requerimentos para pesquisa e lavra, concessões e licenciamentos. Por ele é possível consultar se alguma propriedade/imóvel já possui uma área requerida.

Além disso, a consulta ao banco de dados do SIGMINE é feita por meio de uma interface cartográfica que exhibe todas as áreas com requerimentos ou regimes minerais ativos. Para facilitar a compreensão da funcionalidade da plataforma, a Figura 1 apresenta, como exemplo, a distribuição dessas áreas no estado da Bahia, evidenciando os processos minerários mencionados anteriormente.

Figura 1: Interface do SIGMINE

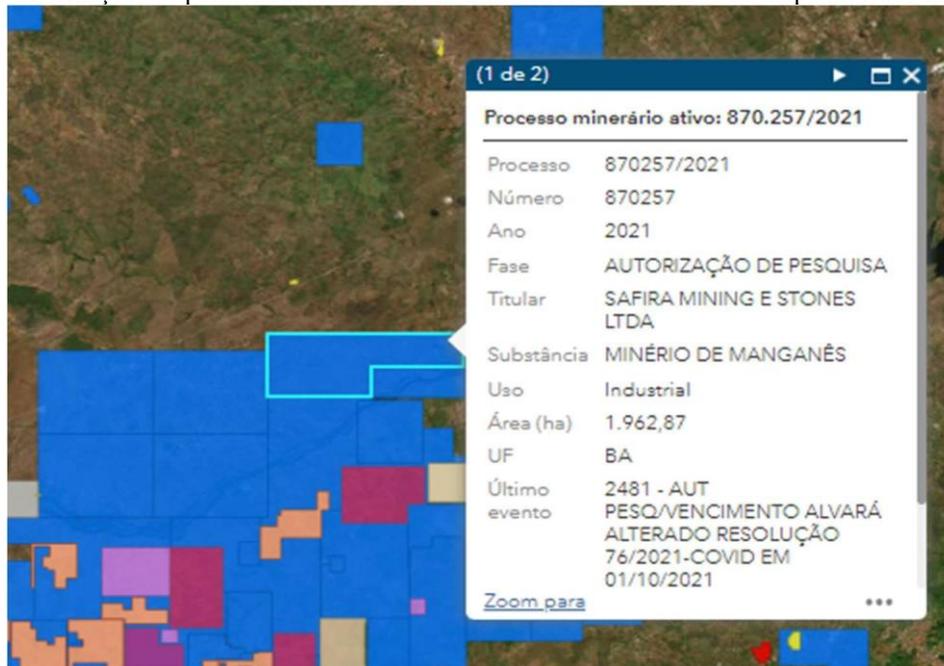


Fonte: SIGMINE (2025)

Ao clicar em qualquer das áreas indicadas, tem-se acesso a informações sobre o último processo que foi realizado no local. Essas informações são a base na qual a ferramenta se construiu. Na Figura 2 é possível observar as informações que são disponibilizadas no SIGMINE.



Figura 2: Informações disponibilizadas no SIGMINE ao clicar em uma área do mapa indicado na Figura 1.



Fonte: SIGMINE (2025)

A partir disso, o usuário pode entender em que estado ou status a área indicada se encontra nos processos de regimes minerais, assim como a substância que está sendo ou será futuramente minerada, o motivo de sua extração e a empresa responsável pelo processo.

2.3 PAINEL DE DISTRIBUIÇÃO MINERAL NO BRASIL DA AMN

Seguindo os conceitos dos regimes apresentados anteriormente e utilizando-se do mesmo banco de dados do SIGMINE, a ANM, por meio da Coordenação de Geoinformação Mineral (COGEO), criou o painel "Distribuição da Mineração no Brasil". A ferramenta tem como propósito central proporcionar uma visão ampla e detalhada sobre a distribuição da atividade minerária no Brasil, permitindo que tanto a sociedade quanto os agentes regulados acessem informações relevantes de maneira ágil e interativa (ANM, 2025). Na Figura 3 é possível observar a visualização padrão do painel.

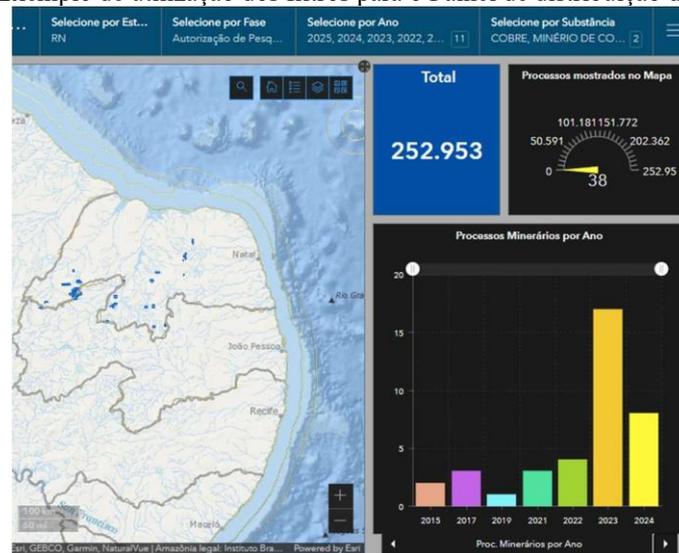
Figura 3: Painel de distribuição da mineração no Brasil



Fonte: ANM (2025)

O painel oferece filtros que possibilitam a personalização das análises sobre a ocupação territorial pela atividade minerária no Brasil. Entre suas diversas possibilidades, a ferramenta permite responder quantos são e onde estão localizados os processos minerários em algum regime minerário específico, assim como a área ocupada por eles. A partir da ferramenta, é possível identificar, por exemplo, o número de processos de autorização de pesquisa referentes ao minério de cobre, no Rio Grande do Norte, do ano de 2015 a 2025, como pode ser observado na Figura 4.

Figura 4: Exemplo de utilização dos filtros para o Painel de distribuição de mineração



Fonte: ANM (2025)

Segundo o Diretor-Geral da ANM, Mauro Sousa², a ferramenta em questão foi criada a partir da necessidade de desenvolvimento de uma ferramenta que integrasse as principais informações sobre

² DE SOUZA, Fernando Moreira. ANM disponibiliza painel interativo sobre mineração no Brasil. Minera Brasil. 19 de março de 2025. Disponível em: <https://minerabrasil.com.br/anm-disponibiliza-painel-interativo-sobre-mineracao-no-brasil>



processos minerários no Brasil. No entanto, faz-se essencial que o produto fosse acessível a toda a sociedade e retratasse a realidade das demandas sob a responsabilidade da ANM.

3 METODOLOGIA

Conforme as diretrizes apresentadas por Gil (2021), este estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza qualitativa, com abordagem exploratória e descritiva, fundamentada em dados secundários provenientes de fontes oficiais. Trata-se de uma pesquisa documental e bibliográfica, tendo como objetivo aprofundar o conhecimento sobre a ocorrência de minérios críticos para a transição energética no mundo e no Brasil, bem como compreender os regimes estabelecidos pela Agência Nacional de Mineração (ANM) para fins de classificação da maturidade dos empreendimentos minerais, com foco específico na distribuição geográfica e estratégica desses recursos.

A natureza qualitativa da pesquisa se justifica pelo interesse em interpretar e compreender fenômenos complexos associados à geopolítica mineral, aos marcos regulatórios e às estratégias de exploração dos minérios críticos, considerando seus desdobramentos econômicos, ambientais e jurídicos. A abordagem exploratória é adequada, uma vez que o tema ainda é recente e carece de sistematização no contexto jurídico e regulatório nacional.

O procedimento metodológico adotado combina pesquisa documental e bibliográfica. A pesquisa é documental na medida em que utiliza como fontes leis, decretos, regulamentos, relatórios técnicos e institucionais, dados oficiais produzidos por organismos nacionais e internacionais (como ANM, IEA, USGS e IBRAM), além de documentos públicos sobre política mineral e energética. Já a dimensão bibliográfica se apoia em referenciais teóricos extraídos da literatura acadêmica relevante, incluindo livros, artigos científicos e estudos especializados sobre mineração, transição energética e regulação econômica.

Esse delineamento metodológico permite que o estudo examine criticamente os marcos normativos e as bases técnicas que orientam a exploração dos minérios críticos, oferecendo subsídios para reflexões futuras sobre regulação e soberania no contexto da transição energética.

Para alcançar o objetivo do trabalho, a coleta de dados foi realizada por meio das plataformas disponibilizadas pela Agência Nacional de Mineração (ANM), especificamente o Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE) e o Painel de Distribuição da Mineração no Brasil. A escolha dessas ferramentas justifica-se pela confiabilidade institucional, pela abrangência dos dados minerários disponíveis e pela possibilidade de aplicação de filtros específicos, que permitiram extrair informações direcionadas aos minérios considerados críticos no contexto da transição energética, como lítio, terras raras, cobalto, cobre e níquel.

brasil/2025/03/19/#:~:text=%E2%80%9CH%C3%A1%20alguns%20meses%2C%20discutimos%20com%20especialista s%20em,de%20maneira%20din%C3%A2mica%20a%20realidade%20do%20setor. Acessado em 25.mai.2025.



Nas referidas plataformas, foram aplicados filtros por substância mineral, tipo de regime minerário e fase do processo, possibilitando identificar o número de requerimentos, autorizações e concessões de lavra ativos para cada minério, além de sua distribuição geográfica por unidade federativa. Essas informações foram essenciais para mapear o estágio de desenvolvimento da exploração de cada substância no Brasil e para apontar tendências relevantes no setor.

Adicionalmente, o estudo foi complementado com dados quantitativos sobre reservas e produção mundial, extraídos de relatórios técnicos publicados por instituições internacionais, como o United States Geological Survey (USGS) e a International Energy Agency (IEA), bem como de documentos do Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM). Essa triangulação de fontes permitiu estabelecer comparações entre o cenário nacional e o contexto global, oferecendo maior robustez às análises realizadas.

A metodologia adotada, ao articular o uso de bases públicas oficiais com filtros analíticos específicos, possibilitou a construção de um diagnóstico detalhado da posição brasileira no cenário dos minérios críticos.

4 MINÉRIOS CRÍTICOS PARA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Este capítulo realiza uma análise técnica dos principais minérios críticos associados à transição energética, contemplando suas aplicações específicas, distribuição geográfica e volumes de produção. A fundamentação baseia-se em relatórios e publicações de instituições reconhecidas, como o U.S. Geological Survey (USGS), a International Energy Agency (IEA), o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM) e a Agência Nacional de Mineração (ANM), entre outras fontes confiáveis.

A Tabela 1, adaptada do USGS, apresenta a relevância relativa de cada minério em relação a diferentes tecnologias de energia limpa, conforme indicado pela codificação visual das esferas (● = alta; ◐ = moderada; ○ = baixa).



Tabela 1 - Necessidade de minérios críticos para Tecnologias de Energia Limpa (IEA, 2022)³.

Tecnologia de Energias Limpas	Cobre	Cobalto	Níquel	Lítio	Terras Raras
Energia Solar Fotovoltaica (PV)	●	○	○	○	○
Energia Eólica	●	○	○	○	●
Armazenamento de Bateria	●	●	●	●	●
Hidrogênio	○	○	●	○	○
Hidroeletricidade	●	○	○	○	●
Redes Elétricas	●	○	○	○	○
Bioenergia	●	○	○	○	○

Fonte: U.S. Geological Survey (USGS). Mineral Commodity Summaries 2024. Disponível em: <https://www.usgs.gov/publications/mineral-commodity-summaries-2024>

A Resolução nº 2/2021 do Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos (CTAPME)⁴, publicada em 18 de junho de 2021, estabeleceu a lista oficial de minerais estratégicos para o Brasil, categorizando-os com base em sua relevância econômica, tecnológica e geopolítica. A classificação foi estruturada em três grupos: (i) bens minerais dos quais o país apresenta elevada dependência de importação para o suprimento de setores vitais da economia; (ii) bens minerais relevantes por sua aplicação em produtos e processos de alta tecnologia; e (iii) bens minerais que possuem vantagens comparativas e são essenciais para a economia nacional, contribuindo para o superávit da balança comercial.

Os minérios considerados críticos para a transição energética, como lítio, cobalto, níquel e terras raras, estão majoritariamente inseridos na segunda categoria, em virtude de sua utilização em tecnologias de energia limpa, baterias de íons de lítio, veículos elétricos e sistemas de armazenamento energético. O cobre representa um caso particular, pois se enquadra simultaneamente nas categorias dois e três, sendo estratégico tanto por sua aplicação em tecnologias sustentáveis quanto por sua expressiva contribuição econômica para o país.

³ International Energy Agency (IEA), 2022. The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a86fdc/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf>.

⁴ Categoria 1 – Bens minerais dos quais o País depende de importação em alto percentual para o suprimento de setores vitais da economia: a. Enxofre; b. Minério de Fosfato; c. Minério de Potássio; e d. Minério de Molibdênio. Categoria 2 – Bens minerais que têm importância pela sua aplicação em produtos e processos de alta tecnologia: a. Minério de Cobalto; b. Minério de Cobre; c. Minério de Estanho; d. Minério de Grafita; e. Minérios do grupo da Platina; f. Minério de Lítio; g. Minério de Nióbio; h. Minério de Níquel; i. Minério de Silício; j. Minério de Tália; k. Minério de Tântalo; l. Minério de Terras Raras; m. Minério de Titânio; n. Minério de Tungstênio; o. Minério de Urânio; e p. Minério de Vanádio. Categoria 3 – Bens minerais que detêm vantagens comparativas e que são essenciais para a economia pela geração de superávit da balança comercial do País: a. Minério de Alumínio; b. Minério de Cobre; c. Minério de Ferro; d. Minério de Grafita; e. Minério de Ouro; f. Minério de Manganês; g. Minério de Nióbio; e h. Minério de Urânio.



A Tabela 1 demonstra a importância de determinados minerais para distintas tecnologias de energia limpa. Entre os minerais destacados, lítio, terras raras, cobalto, cobre e níquel se sobressaem como recursos críticos à viabilização dessa transição. Essa relevância decorre de sua aplicação imprescindível em tecnologias como baterias para veículos elétricos, redes elétricas inteligentes e turbinas eólicas. A crescente atenção internacional voltada a esses minerais reforça sua classificação como "minérios críticos para a transição energética", evidenciando a necessidade de assegurar sua oferta de forma sustentável e responsável no mercado global.

4.1 LÍTIO

O lítio é amplamente empregado na fabricação de baterias de íons de lítio, as quais desempenham papel central em veículos elétricos, sistemas de armazenamento de energia de fontes renováveis e dispositivos eletrônicos portáteis. Sua elevada densidade energética o torna um insumo estratégico para a viabilização da transição energética⁵.

Embora os mercados de lítio apresentem variações conforme a localização geográfica, a distribuição global por uso final foi estimada da seguinte forma (USGS, 2023): baterias, 80%; cerâmicas e vidros, 7%; graxas lubrificantes, 4%; pós de fluxo para moldes de fundição contínua, 2%; tratamento de ar, 1%; uso médico, 1%; e demais aplicações, 5%.

O consumo de lítio destinado à produção de baterias tem se expandido expressivamente nos últimos anos, impulsionado pela crescente demanda no mercado de veículos elétricos e dispositivos portáteis. Adicionalmente, observa-se o aumento do uso dessas baterias em ferramentas elétricas e sistemas de armazenamento integrados às redes elétricas.

No que se refere à produção, a Tabela 2 apresenta as variações observadas entre os anos de 2021 e 2022. Verifica-se um crescimento expressivo na produção da maioria dos países, com destaque percentual para o Chile, que registrou um aumento de 37,8%, e para a China, cuja produção cresceu 35,7% no mesmo período. Em contrapartida, Portugal apresentou uma redução significativa de 33,3% em sua produção de lítio.

⁵ International Energy Agency (IEA), 2022. The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a86fdc/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf>.



Tabela 2 - Produções mundiais de Lítio (USGS, 2023).

País	Produção 2021 (em toneladas)	Produção 2022 (em toneladas)	Varição
Austrália	55.300,00	61.000,00	10,3%
Chile	28.300,00	39.000,00	37,8%
China	14.000,00	19.000,00	35,7%
Argentina	5.970,00	6.200,00	3,9%
Brasil	1.700,00	2.200,00	29,4%
Zimbábue	710,00	800,00	12,7%
Portugal	900,00	600,00	-33,3%
Canadá	0,00	500,00	NA

Fonte: U.S. Geological Survey (USGS). Mineral Commodity Summaries 2024. Disponível em: <https://www.usgs.gov/publications/mineral-commodity-summaries-2024>

Portugal, um dos poucos países com reservas expressivas de lítio na Europa Ocidental, enfrenta entraves relevantes para a ampliação de sua capacidade produtiva. A expansão do setor tem sido marcada por resistência local. Um caso emblemático refere-se à instalação da maior mina de lítio da Europa Ocidental, prevista para a região próxima à aldeia de Covas do Barroso, no norte do país. O projeto, de responsabilidade da empresa britânica Savannah Resources, tem enfrentado oposição de parte da comunidade local, que questiona os benefícios econômicos e sociais decorrentes da exploração mineral (Euronews, 2021)⁶.

Projeções indicam que a demanda global por lítio poderá aumentar em até 40 vezes até o ano de 2040, impulsionada principalmente pela expansão da frota de veículos elétricos e pela crescente adoção de sistemas de armazenamento de energia (Raji, 2025)⁷.

Quanto a reservas conhecidas de lítio, as maiores estão concentradas na região conhecida como "Triângulo do Lítio", que compreende os territórios do Chile, Argentina e Bolívia. O Chile, por exemplo, possui aproximadamente 11,0 milhões de toneladas de reservas, enquanto a Austrália liderou a produção mundial em 2022, com cerca de 55 mil toneladas métricas⁸.

A fim de assegurar o fornecimento estável e diversificado de lítio, essencial para fabricantes de baterias e montadoras de veículos, têm sido estabelecidas alianças estratégicas e joint ventures entre empresas de tecnologia e companhias de exploração mineral.

⁶ Exploração de lítio em Portugal contestada por populações locais, Portal Euronews. 23 de abril de 2021. Disponível em: <https://pt.euronews.com/2021/04/23/exploracao-de-litio-em-portugal-contestada-por-populacoes-locais>.

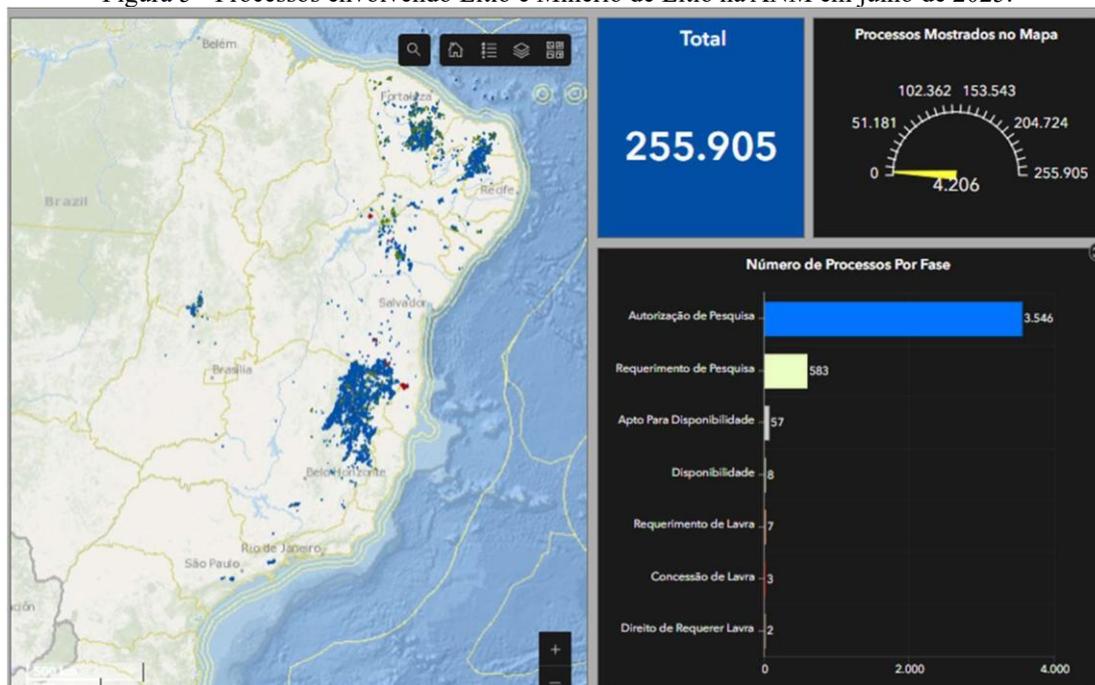
⁷ RAJI, Munira. What's so special about Ukraine's mineral? A geologist explains. The conversation, 10 de março de 2025. Disponível em: <https://theconversation.com/whats-so-special-about-ukraines-minerals-a-geologist-explains-251551>

⁸ U.S. Geological Survey (USGS). Mineral Commodity Summaries 2023. Disponível em: <https://www.usgs.gov/publications/mineral-commodity-summaries-2023> p, 109.

Em virtude da intensificação das atividades de prospecção e dos avanços em técnicas de exploração, os recursos identificados de lítio registraram crescimento expressivo nos últimos anos. A USGS estimou em 2023 reservas mundiais na ordem aproximadamente 98 milhões de toneladas deste recurso. Nessa estimativa as reservas brasileiras de lítio estão aproximadamente 730 mil toneladas. Esse volume tem apresentado crescimento contínuo, impulsionado pela intensificação das atividades de pesquisa geológica no país.

A Figura 5 reforça essa tendência ao evidenciar o elevado número de processos ativos relacionados ao lítio registrados na Agência Nacional de Mineração (ANM), totalizando 4.206 tramitações. Dentre esses, 583 referem-se a Requerimentos de Pesquisa e 3.546 a Autorizações de Pesquisa, o que revela o significativo engajamento de empresas e indivíduos na prospecção e no mapeamento de novas jazidas no território nacional.

Figura 5 - Processos envolvendo Lítio e Minério de Lítio na ANM em julho de 2025.



Fonte: Painel da Distribuição da Mineração no Brasil, ANM 2025⁹.

O atual cenário indica um elevado potencial para a expansão das reservas de lítio no Brasil, principalmente no Nordeste e no estado de Minas Gerais, posicionando o país como um agente estratégico no contexto geopolítico dos minerais críticos voltados à transição energética. A consolidação desse potencial, no entanto, depende do avanço dos processos de pesquisa e exploração, associado à implementação de políticas públicas eficazes, investimentos em infraestrutura e desenvolvimento tecnológico voltado ao beneficiamento mineral. Caso essas condições sejam

⁹ ANM, Painel da Distribuição da Mineração no Brasil, 2025. Disponível em: <https://geo.anm.gov.br/portal/apps/dashboards/3a3d30677bb743e2901818e906257ce4>



atendidas, o Brasil poderá assumir papel de destaque como um dos principais fornecedores globais de lítio, insumo essencial para a cadeia produtiva de baterias e veículos elétricos.

A análise espacial dos processos minerários registrados na Agência Nacional de Mineração (ANM), conforme ilustrado na Figura 5, revela uma concentração significativa de atividades voltadas ao lítio em duas grandes províncias pegmatíticas do Brasil: a Província Pegmatítica Oriental, que abrange os estados de Minas Gerais e Bahia, e a Província Pegmatítica da Borborema, localizada na região Nordeste, envolvendo os estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará. Essas áreas concentram as principais reservas conhecidas de lítio no território nacional, destacando-se como polos estratégicos para o desenvolvimento da cadeia produtiva do mineral.

Apesar do elevado número de processos em trâmite, os dados mais recentes da ANM indicam que apenas duas minas possuem atualmente “Concessão de Lavra” para a exploração de lítio no Brasil. Entre elas, destaca-se a mina Grota do Cirilo – Xuxa, situada no município de Itinga, no Vale do Jequitinhonha (MG), sob a operação da Sigma Mineração S.A., subsidiária da companhia canadense Sigma Lithium. Listada na B3 desde 2023, sob o código S2GM3, a empresa se consolidou como um dos principais empreendimentos nacionais voltados à produção de concentrado de lítio em escala industrial.

A Sigma projeta um crescimento de 12,5% em sua produção para o ano de 2025, em relação ao ano anterior¹⁰. Essa perspectiva reflete não apenas a robustez da operação atual, mas também o potencial de fortalecimento da cadeia de valor do lítio no Brasil, alinhando-se às exigências crescentes do mercado global por insumos estratégicos voltados à transição energética.

4.2 TERRAS RARAS

Os Elementos de Terras Raras (ETRs) constituem um grupo de 17 elementos químicos definidos pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC). Dentre eles, 15 integram a série dos lantanídeos, que compreende os elementos de número atômico 57 a 71 (do lantânio ao lutécio), enquanto os outros dois, escândio ($Z = 21$) e ítrio ($Z = 39$), embora não pertençam à série lantanídica, são incluídos nessa categoria em razão de sua ocorrência conjunta em depósitos minerais e de suas propriedades físico-químicas semelhantes. A disposição desses elementos é representada na Figura 6.

Esses componentes são amplamente aplicados em turbinas eólicas, motores de veículos elétricos, sistemas de armazenamento de energia e dispositivos eletrônicos de alta tecnologia, incluindo equipamentos de uso militar. A presença dos ETRs é, portanto, determinante para o avanço de tecnologias sustentáveis e de baixo carbono.

¹⁰ Produção da Sigma Lithium deve superar expectativas em 2025. Brasil Mineral, São Paulo – SP, 8 de janeiro de 2025. Disponível em: <https://www.brasilmineral.com.br/noticias/producao-da-sigma-lithium-deve-superar-expectativas-em-2025>



Apesar de relativamente abundantes na crosta terrestre, os ETRs apresentam desafios significativos quanto à sua exploração econômica. Isso se deve à sua dispersão geológica e à tendência de estarem associados a outros minerais, o que dificulta a obtenção de concentrações viáveis para extração industrial. Diferentemente de outras commodities minerais, os depósitos exploráveis de ETRs são menos frequentes e requerem tecnologias avançadas de separação e purificação.

Figura 6 - Tabela periódica em destaque os Elementos Terras Raras (ETRs)

H																			He
Li	Be											B	C	N	O	F		Ne	
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl		Ar	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br		Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I		Xe	
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At		Rn	
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts		Og	
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu			
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr			

Fonte: Adaptado de CODEMGE¹¹.

A cadeia de suprimentos desses elementos tornou-se altamente sensível e estratégica, sendo objeto de atenção por parte das grandes potências industriais. O controle sobre reservas, tecnologias de beneficiamento e rotas de comercialização dos ETRs configura-se, atualmente, como um diferencial competitivo e um fator determinante para a soberania tecnológica e energética no século XXI.

Com base nos dados mais recentes do U.S. Geological Survey, a Tabela 3 apresenta a distribuição global das reservas conhecidas de Elementos de Terras Raras (ETRs). Observa-se a predominância da China, que concentra aproximadamente 40% do total mundial. O Brasil e o Vietnã também se destacam, somando juntos cerca de 39% das reservas globais. Considerando esses três países, verifica-se que eles concentram cerca de 79% das reservas conhecidas de ETRs, o que reforça sua posição estratégica na geopolítica dos minerais críticos, especialmente frente às demandas crescentes por tecnologias de baixo carbono e soluções energéticas sustentáveis.

¹¹ MALVERN PANALYTICAL Disponível em: <https://www.malvernpanalytical.com/en/learn/knowledge-center/insights/what-are-rare-earth-elements-a-guide-to-ree-mining-and-analysis>



Tabela 3 - Reservas mundiais de ETRs (USGS, 2024).

País	Recursos Identificados (em milhões de toneladas)
China	44,00
Vietnã	22,00
Brasil	21,00
Rússia	10,00
Índia	6,90
Austrália	5,70
EUA	1,80
Groelândia	1,50
Tanzânia	0,89
Canadá	0,83
África do Sul	0,79
Tailândia	0,05

Fonte: U.S. Geological Survey (USGS). Mineral Commodity Summaries 2024. Disponível em: <https://www.usgs.gov/publications/mineral-commodity-summaries-2024>

Em 2023, a produção global de Elementos de Terras Raras (ETRs) foi estimada em 353 mil toneladas de óxidos (REO), representando um aumento de 19,2% em relação a 2022. A China, principal produtora mundial, elevou suas cotas para mineração (240 mil t) e separação (230 mil t), concentrando-se majoritariamente em ETRs leves como lantânio, cério e neodímio. A extração de ETRs pesadas, provenientes de argilas iônicas, também foi ampliada. Esse cenário reforça a liderança chinesa no setor e acentua preocupações globais quanto à dependência de suprimento, especialmente diante da crescente demanda por tecnologias limpas e estratégicas.

Embora o Brasil detenha a terceira maior reserva mundial de Elementos de Terras Raras (ETRs), sua produção ainda está muito abaixo do potencial geológico e estratégico do país. Essa subutilização ocorre mesmo diante da crescente demanda internacional por ETRs em setores como tecnologia, energia renovável, defesa e mobilidade elétrica.

As reservas brasileiras concentram-se principalmente em minérios convencionais, como a monazita, rica em ETRs leves (lantânio, cério, neodímio e praseodímio). Já os depósitos de ETRs pesadas, mais raros, ocorrem em locais como Minaçu (GO), sob a forma de argilas de adsorção iônica. Esses depósitos apresentam vantagens operacionais relevantes, como baixa radioatividade e extração simplificada, sendo altamente atrativos para a indústria¹².

Historicamente, o Brasil teve papel relevante na produção de Elementos de Terras Raras (ETRs), especialmente por meio da exploração de areias monazíticas localizadas no litoral entre o norte do Rio de Janeiro e o sul da Bahia. Até 1915, o país liderava a produção global de monazita,

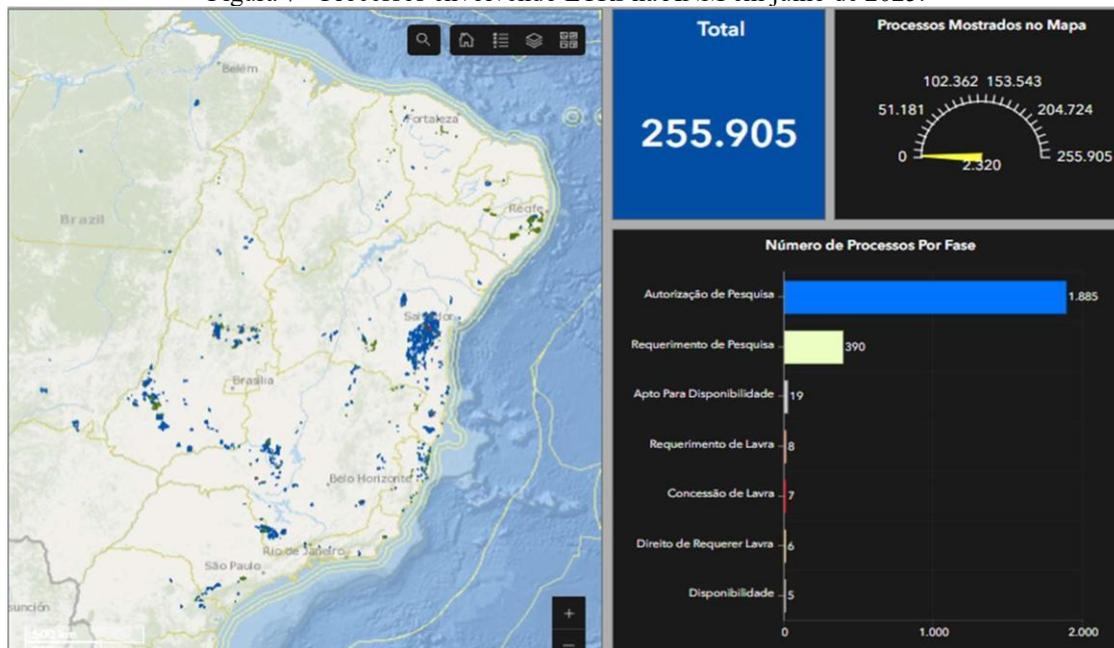
¹² DE SOUZA, Ana Carolina Sales Pereira; NASCIMENTO, Marisa; GIESE, Ellen Cristine. Desafios para a extração sustentável de minérios portadores de terras raras. *Holos*, v. 1, p. 1-23, 2019.



posição que alternou com a Índia até o término da Segunda Guerra Mundial. No entanto, preocupações associadas à radioatividade natural da monazita, que contém tório e urânio, somadas à ausência de políticas minerais estruturadas, resultaram na estagnação do setor e na perda de protagonismo internacional.

Um dos principais desafios tecnológicos para o aproveitamento industrial das ETRs reside na complexidade de seus processos de separação e purificação, devido à semelhança físico-química entre os elementos do grupo. A extração eficiente exige o emprego de técnicas avançadas, como extração por solventes e cromatografia iônica, que demandam altos investimentos em infraestrutura, domínio tecnológico e mão de obra qualificada. Atualmente, o Brasil ainda carece de capacidades técnicas e estruturais consolidadas para operar em larga escala nesse segmento.

Figura 7 - Processos envolvendo ETRs na ANM em julho de 2025.



Fonte: Painel da Distribuição da Mineração no Brasil, ANM 2025.

De acordo com dados da Agência Nacional de Mineração (ANM), ilustrados na Figura 7, o Brasil possui atualmente 2.320 processos ativos relacionados a Elementos de Terras Raras (ETRs). No entanto, apenas sete correspondem a concessões de lavra, autorizando a extração em escala comercial. A maioria, cerca de 98%, refere-se a etapas iniciais do processo minerário, como requerimentos e autorizações de pesquisa, voltadas à prospecção e análise da viabilidade econômica dos depósitos. Esse panorama revela o caráter ainda incipiente da exploração de ETRs no país, mesmo diante de suas expressivas reservas.

Os estados da Bahia, Minas Gerais e Goiás concentram a maior parte das atividades de pesquisa, refletindo a presença das principais reservas conhecidas e formações geológicas favoráveis à ocorrência desses elementos estratégicos.



As sete concessões de lavra estão sob responsabilidade da empresa Serra Verde Pesquisa e Mineração Ltda. (SVPM), localizada em Goiás. Desde 2024, a empresa opera uma planta industrial no município de Minaçu, voltada à extração de ETRs a partir de argilas de adsorção iônica, consolidando-se como referência nacional na produção desses minerais.

Com expectativa de atingir uma produção anual de 5 mil toneladas de óxidos de terras raras (REO)¹³, o Brasil poderá ultrapassar países como Rússia e Índia, assumindo a sexta posição no ranking global, conforme o U.S. Geological Survey (2023). Esse avanço reforça o potencial brasileiro na cadeia global de suprimentos voltada à transição energética e tecnologias estratégicas.

4.3 COBALTO

O cobalto, elemento químico de número atômico 27 e símbolo Co, pertence ao grupo dos metais de transição. Apresenta coloração azul-prateada, é duro, magnético e altamente resistente à corrosão e à oxidação, propriedades que o tornam valioso para aplicações industriais. Na natureza, não ocorre de forma isolada, sendo comumente encontrado em associação a minérios de níquel, cobre, ferro e arsênio, como a cobaltita, a eritrita e a linneíta. Os maiores depósitos conhecidos são oriundos da mineração desses metais, atuando o cobalto como subproduto.

Industrialmente, é empregado na produção de superligas metálicas resistentes a altas temperaturas, especialmente em turbinas a gás e motores aeroespaciais. Também é utilizado na fabricação de ímãs permanentes, pigmentos, catalisadores e, mais recentemente, em baterias de íons de lítio. Essa última aplicação tem impulsionado a demanda global, especialmente com a expansão dos veículos elétricos e dispositivos eletrônicos portáteis, elevando o cobalto à condição de insumo estratégico para a transição energética¹⁴.

A Tabela 3 indica que as reservas identificadas de cobalto estão fortemente concentradas na República Democrática do Congo (RDC), que detém cerca de 6 milhões de toneladas, representando aproximadamente 50% dos recursos globais. Essa concentração confere ao país uma posição central na geopolítica do cobalto. Na sequência, destacam-se a Austrália, com 1,7 milhão de toneladas, e países como Cuba e Indonésia, com 500 mil toneladas cada. Filipinas, Rússia e Canadá apresentam reservas entre 230 mil e 260 mil toneladas, enquanto outros países, como Madagascar, Turquia, Estados Unidos e Papua Nova Guiné, registram volumes inferiores a 700 mil toneladas. A categoria “Outros Países” reúne 780 mil toneladas adicionais, indicando a presença de recursos dispersos em menor escala.

¹³ Mineração Serra Verde inicia produção comercial em Minaçu. Brasil Mineral, São Paulo – SP, 11 de janeiro de 2024. Disponível em: <https://www.brasilmineral.com.br/noticias/mineracao-serra-verde-inicia-producao-comercial-em-minacu>

¹⁴ U.S. Geological Survey (USGS). Mineral Commodity Summaries 2023. Disponível em: <https://www.usgs.gov/publications/mineral-commodity-summaries-2023>.



Tabela 3 - Reservas mundiais de Cobalto (USGS, 2024).

País	Recursos Identificados (em milhões de toneladas)
República Democrática do Congo (RDC)	6,000
Austrália	1,700
Cuba	0,500
Indonésia	0,500
Filipinas	0,260
Rússia	0,250
Canadá	0,230
Madagascar	0,100
Turquia	0,091
EUA	0,690
Papua Nova Guiné	0,490
Outros Países	0,780

Fonte: U.S. Geological Survey (USGS). Mineral Commodity Summaries 2024. Disponível em: <https://www.usgs.gov/publications/mineral-commodity-summaries-2024>

Essa distribuição desigual evidencia a vulnerabilidade das cadeias globais de suprimento, especialmente diante de fatores políticos, econômicos e sociais que afetam países com maior concentração de reservas, como a RDC. A instabilidade institucional e as recorrentes denúncias de violações de direitos humanos nesse território têm levantado preocupações relevantes no contexto da segurança e sustentabilidade da transição energética global.

A produção global de cobalto atingiu níveis recordes em 2023, registrando um crescimento de 17,2% em relação ao ano anterior. Esse aumento foi impulsionado, sobretudo, pela elevação da produção em minas localizadas na República Democrática do Congo (RDC), responsável por 74,8% da produção mundial, e na Indonésia, que contribuiu com 7,5%.

No que se refere ao refino, a China manteve-se como o maior produtor mundial de cobalto refinado, ainda que grande parte desse volume tenha sido obtido a partir de material parcialmente refinado importado da RDC. Além de dominar o refino, a China também foi o maior mercado consumidor de cobalto em 2023, destinando aproximadamente 87% de sua demanda à fabricação de baterias de íons de lítio¹⁵. Paralelamente, diversos projetos foram desenvolvidos em escala global com foco na recuperação de cobalto a partir da reciclagem de baterias.

¹⁵ U.S. Geological Survey (USGS). Mineral Commodity Summaries 2024. Disponível em: <https://www.usgs.gov/publications/mineral-commodity-summaries-2024> . p. 62.



Nos Estados Unidos, projetos voltados ao processamento, refino e reciclagem de cobalto tem sido impulsionados pelos incentivos da Lei de Infraestrutura Bipartidária (2021)¹⁶ e da Lei de Redução da Inflação (2022)¹⁷, que visam fortalecer a cadeia doméstica de suprimento de minerais críticos.

A elevada dependência do mercado global em relação ao cobalto extraído na República Democrática do Congo (RDC) tem motivado uma mobilização internacional voltada à diversificação de fontes e à busca por alternativas tecnológicas. Diversos setores industriais têm investido em pesquisa e desenvolvimento para reduzir ou substituir o uso desse insumo estratégico, com destaque para o segmento de baterias. Contudo, a substituição do cobalto enfrenta limitações técnicas e econômicas, que variam conforme a aplicação. Em determinadas situações, sua substituição pode resultar em perdas de desempenho ou aumento dos custos de produção.

No caso das baterias de íons de lítio, principal destino do cobalto no mercado mundial, observa-se uma tendência de redução progressiva do teor desse metal nas composições químicas. Tecnologias alternativas, como as baterias de fosfato de ferro e lítio (LFP), livres de cobalto, já ocupam uma parcela significativa do mercado chinês, dados de abril de 2025 mostram que as baterias LFP responderam por 82,2% total das instalações na China, apresentando forte crescimento de 76% em relação ao ano de 2024 (GlobalFert, 2025)¹⁸.

Em outras aplicações industriais, os substitutos potenciais do cobalto dependem da função específica desempenhada pelo elemento. Entre os exemplos estão: ferrites de bário ou estrôncio, ligas de neodímio-ferro-boro ou níquel-ferro em ímãs; cério, ferro, chumbo, manganês e vanádio em

¹⁶ A Lei de Infraestrutura Bipartidária, oficialmente denominada Infrastructure Investment and Jobs Act (IIJA), foi sancionada pelo presidente Joe Biden em 15 de novembro de 2021. Trata-se de um pacote legislativo ambicioso, aprovado com apoio de parlamentares de ambos os partidos, que prevê investimentos da ordem de aproximadamente US\$ 1,2 trilhão ao longo de dez anos, sendo cerca de US\$ 550 bilhões em novos gastos federais. A lei tem como objetivos principais modernizar a infraestrutura tradicional dos Estados Unidos — incluindo rodovias, pontes, transporte público, ferrovias e portos —, ampliar o acesso à internet de alta velocidade, melhorar o sistema de abastecimento de água e fortalecer a infraestrutura energética. Um dos pontos centrais da lei é o apoio à transição energética e à segurança da cadeia de suprimentos de minerais críticos, com foco na redução da dependência externa de insumos fundamentais para tecnologias limpas, como baterias de veículos elétricos, painéis solares e turbinas eólicas. A legislação também estabelece incentivos à produção e reciclagem doméstica de minerais estratégicos, como lítio, cobalto, níquel e terras raras, reforçando a estratégia geoeconômica dos EUA frente à crescente concorrência internacional, especialmente da China.

¹⁷ A Lei de Redução da Inflação (Inflation Reduction Act – IRA) foi sancionada pelo presidente Joe Biden em 16 de agosto de 2022, representando uma das legislações mais significativas dos EUA em matéria de clima, energia e política industrial. Com investimentos estimados em cerca de US\$ 369 bilhões para ações climáticas e de segurança energética, a IRA busca reduzir as emissões de gases de efeito estufa em até 40% até 2030, em relação aos níveis de 2005. A lei combina incentivos fiscais, subsídios e financiamentos para acelerar a transição energética e estimular a produção doméstica de tecnologias limpas, como veículos elétricos, painéis solares, turbinas eólicas e baterias. Um dos eixos estratégicos da IRA é o fortalecimento da cadeia de suprimentos de minerais críticos, essenciais para a fabricação de tecnologias sustentáveis. A legislação estabelece critérios rigorosos para o crédito fiscal concedido à compra de veículos elétricos, exigindo que uma parcela crescente dos minerais utilizados nas baterias seja extraída ou processada nos EUA ou em países com os quais os EUA possuam acordos comerciais. Essa política visa reduzir a dependência de fornecedores externos — especialmente da China — e estimular o desenvolvimento de projetos domésticos e hemisféricos de mineração e refino de minerais estratégicos, como lítio, cobalto, níquel e terras raras.

¹⁸ Demanda por baterias LFP cresce, enquanto ternárias e LCO perdem força. GlobalFert. 4 de junho de 2025. Disponível em: <https://globalfert.com.br/conteudos-proprios/demanda-por-baterias-lfp-cresce-enquanto-ternarias-e-lco-perdem-forca/>. Acessado em 30.jun.25.



pigmentos; ligas de cobalto-ferro-cobre ou ferro-cobre para ferramentas diamantadas; compostos de ferro, ferro-manganês ou ferro-cobalto-níquel em catalisadores e materiais de corte.

Esses avanços demonstram que alternativas ao cobalto vêm sendo gradualmente incorporadas à indústria, embora sua substituição total ainda dependa de variáveis técnicas, econômicas e estratégicas relacionadas ao desempenho, custo, disponibilidade e sustentabilidade dos materiais.

No contexto brasileiro, de acordo com dados da Agência Nacional de Mineração (ANM), não há produção declarada de cobalto desde 2020¹⁹. Historicamente, a produção nacional esteve vinculada à extração de níquel, do qual o cobalto é obtido como subproduto. A principal operação ocorreu no município de Niquelândia, em Goiás, sob responsabilidade da Votorantim Metais. Essa planta integrava a etapa de beneficiamento mineral em Niquelândia e o refino em São Miguel Paulista (SP), porém ambas as unidades foram desativadas em maio de 2016, encerrando a principal fonte produtiva de cobalto no país.

Segundo dados da Agência Nacional de Mineração (ANM), em 2015 o Brasil produziu 2.771 toneladas de cobalto contido no minério e 1.300 toneladas de cobalto refinado. Em 2016, com o início da desaceleração das atividades, esses valores caíram para 852 toneladas de cobalto contido e 400 toneladas refinadas. Já em 2017, com as operações em processo de encerramento, a produção foi reduzida a 185,52 toneladas de cobalto por meio do processo hidrometalúrgico Caron, resultando em apenas 46 toneladas de cobalto refinado (ANM, 2018)²⁰.

Atualmente, o país não possui minas em operação com produção representativa de cobalto. De acordo com os registros mais recentes da ANM (Painel da Distribuição da Mineração no Brasil), há apenas 34 processos minerários relacionados ao elemento em tramitação. Desses, 14 correspondem a requerimentos de pesquisa e 20 a autorizações de pesquisa. Esses processos estão concentrados, sobretudo, nos estados do Pará, Goiás e Minas Gerais.

4.4 COBRE

Com sua coloração avermelhada, o cobre é um metal altamente valorizado por suas propriedades de excelente condutividade elétrica e térmica, bem como por sua maleabilidade e resistência à corrosão. No contexto da transição energética, o cobre se destaca como um recurso estratégico, especialmente devido à sua capacidade de conduzir eletricidade com alta eficiência. Ele desempenha papel fundamental na geração e transmissão de energia de fontes renováveis, como solar e eólica, e é imprescindível em sistemas de transporte elétrico, veículos elétricos e equipamentos de eficiência energética. A importância crescente do cobre nesse cenário global impulsiona investimentos

¹⁹ ANM, Sumário mineral brasileiro, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/economia-mineral/publicacoes/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2023-/cobalto-2023-ano-base-2022.pdf>

²⁰ ANM, Sumário mineral brasileiro, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/economia-mineral/publicacoes/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2018-/cobalto>



em sua exploração sustentável e reciclagem, a fim de suprir a demanda por tecnologias de baixo carbono.

Segundo o Serviço Geológico dos Estados Unidos²¹, as reservas globais de cobre atingiram aproximadamente 1 bilhão de toneladas em 2023. A distribuição dessas reservas, conforme ilustrado na Tabela 4, destaca a América do Sul como um polo central na geopolítica do cobre, com Chile e Peru concentrando, juntos, cerca de 31% das reservas mundiais. Em seguida, a Austrália aparece com 10% das reservas globais, enquanto a República Democrática do Congo (RDC) e a Rússia detêm 8% cada. Esses dados reforçam o papel estratégico desses países no fornecimento global de cobre.

Tabela 4 - Reservas mundiais de Cobre (USGS, 2024).

País	Recursos Identificados (em milhões de toneladas)
Chile	190,00
Peru	120,00
Austrália	100,00
República Democrática do Congo (RDC)	80,00
Rússia	80,00
México	53,00
EUA	50,00
China	42,00
Polônia	34,00
Indonésia	24,00
Zâmbia	21,00
Cazaquistão	20,00
Canadá	7,00
Outros Países	180,00

Fonte: U.S. Geological Survey (USGS). Mineral Commodity Summaries 2024. Disponível em: <https://www.usgs.gov/publications/mineral-commodity-summaries-2024>

Em termos de produção, o Chile continua sendo o principal produtor mundial de cobre, com uma produção de 5 milhões de toneladas em 2023, embora tenha registrado uma leve redução em comparação com 2022, quando atingiu 5,33 milhões de toneladas. Em segundo lugar, tanto na América do Sul quanto no ranking global, está o Peru, com 2,6 milhões de toneladas. A República Democrática do Congo (RDC) vem logo atrás, apresentando um aumento na produção, que subiu de 2,35 milhões para 2,5 milhões de toneladas.

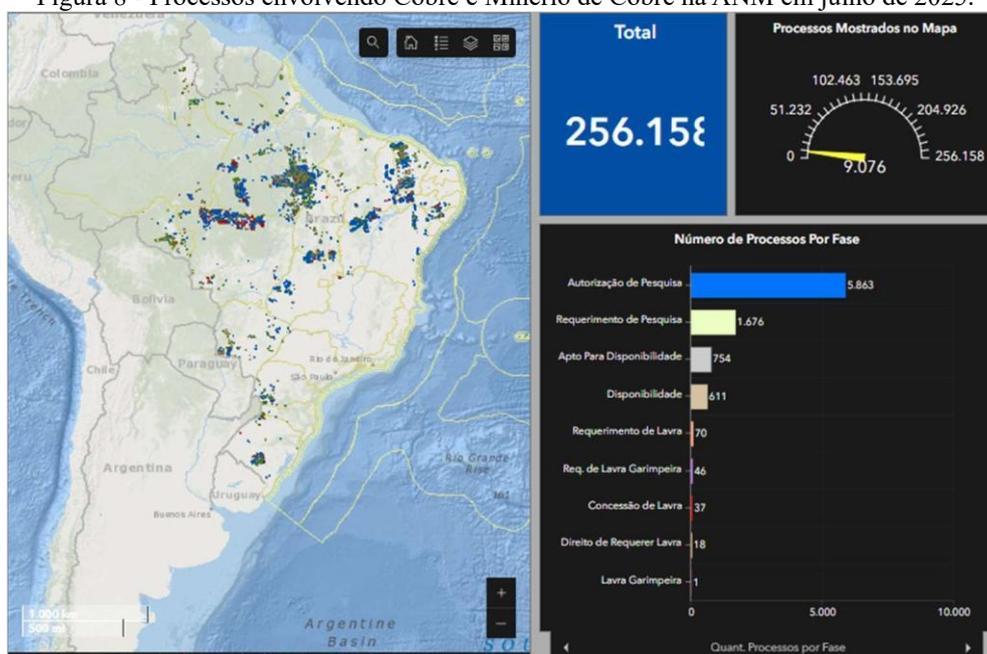
No âmbito do refino, a China manteve sua posição como a maior refinadora global de cobre, com uma produção impressionante de 12 milhões de toneladas refinadas em 2023, o que representa 44,4% do total mundial. Embora sua produção de cobre extraído tenha caído de 1,94 milhão de toneladas em 2022 para 1,7 milhão em 2023, esse dado ressalta a dependência significativa da China em relação à importação de concentrado de cobre para abastecer suas refinarias.

²¹ U.S. Geological Survey (USGS). Mineral Commodity Summaries 2024. Disponível em: <https://www.usgs.gov/publications/mineral-commodity-summaries-2024> . p. 65.



Embora o Brasil não detenha reservas de cobre tão significativas quanto as de seus vizinhos sul-americanos, Chile e Peru, sua produção desempenha um papel importante na economia mineral do país. Em 2021, as reservas brasileiras de cobre foram estimadas em aproximadamente 17 milhões de toneladas²². Entre 2016 e 2019, a produção média anual do Brasil foi de 355 mil toneladas, número bem abaixo do Chile, maior produtor mundial, com cerca de 5 milhões de toneladas anuais, e do Peru, com aproximadamente 2,6 milhões de toneladas. Apesar dessa diferença, o cobre ocupa a segunda posição em termos de arrecadação da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM), ficando atrás apenas do minério de ferro. Esse dado reforça a relevância econômica e estratégica do cobre para o Brasil.

Figura 8 - Processos envolvendo Cobre e Minério de Cobre na ANM em julho de 2025.



Fonte: Painel da Distribuição da Mineração no Brasil, ANM 2025.

Em 2025, o Brasil contava com 37 concessões de lavra em operação para a extração de cobre, conforme dados da ANM (Figura 8). Entre as minas mais destacadas, estão as de Salobo e Sossego, situadas na Província Mineral de Carajás, no sudeste do Pará, ambas sob a operação da Vale S.A. A Salobo Metais, subsidiária da Vale, foi responsável pela produção de 180,4 mil toneladas de cobre em 2023²³.

Além da Vale, empresas de capital estrangeiro também exercem papel relevante no setor, como a Mineração Maracá, subsidiária da canadense Lundin Mining, em Goiás, e a Ero Copper, também do Canadá, que adquiriu as antigas instalações da Mineração Caraíba em 2016, além de operar novas

²² SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, Informe de recursos minerais, Série minerais estratégicos N° 10, São Paulo, 2024. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/25334>

²³ As dez maiores empresas de mineração no Brasil em 2024, Sindimina, 26 de dezembro de 2024. Disponível em: <https://www.sindimina.com/post/as-10-maiores-empresas-de-minera%C3%A7%C3%A3o-no-brasil-em-2024>



unidades em Tucumã, no Pará. Um aspecto notável é que, embora empresas estrangeiras explorem cobre no Brasil, a Vale, uma companhia brasileira, mantém uma significativa presença no hemisfério norte, com operações em minas de cobre no Canadá, como Sudbury, Voisey's Bay e Thompson. Esse fenômeno representa um exemplo raro de uma empresa do Sul Global exercendo protagonismo na mineração em países desenvolvidos do Norte Global.

O cenário de prospecção mineral do cobre no Brasil aponta para um futuro promissor. Em 2025, conforme os dados apresentados na Figura 8, a Agência Nacional de Mineração (ANM) registrou 1.676 “Requerimentos de Pesquisa” e 5.863 “Autorizações de Pesquisa” relacionadas ao cobre. Esses processos estão distribuídos por diversas regiões do país, refletindo o forte interesse de empresas e investidores em ampliar o conhecimento geológico sobre o potencial cuprífero nacional. Esse movimento sugere a possibilidade de expansão das reservas conhecidas, o que pode resultar em um aumento significativo na produção de cobre nos próximos anos, reforçando a importância estratégica desse mineral na matriz mineral do Brasil.

4.5 NÍQUEL

O níquel (Ni), elemento metálico com número atômico 28, é conhecido por suas propriedades como alta resistência à corrosão, ductilidade, maleabilidade e boa condutividade térmica e elétrica. Essas características tornam-no essencial em indústrias como a de aços inoxidáveis e ligas metálicas, com aplicações em setores como construção civil, automobilístico, aeroespacial e petroquímico.

Nos últimos anos, seu papel na transição energética tem se intensificado, principalmente na produção de baterias de íons de lítio, como as NMC (níquel-mangânês-cobalto), que utilizam grandes quantidades de níquel para aumentar a densidade energética e a autonomia de veículos elétricos e sistemas de armazenamento de energia.

Estimativas indicam que a demanda global por níquel de grau bateria aumentará consideravelmente nas próximas décadas, impulsionada pela eletrificação do transporte e a descarbonização das matrizes energéticas (IEA, 2024)²⁴. Nesse contexto, o níquel se posiciona como um dos minerais críticos do século XXI, com implicações econômicas, ambientais e geopolíticas cada vez mais significativas.

A Tabela 5 apresenta os recursos de níquel identificados globalmente, evidenciando sua forte concentração em poucos países. A Indonésia lidera com cerca de 55 milhões de toneladas, representando 50,5% das reservas mundiais, mais do que o dobro das reservas da Austrália, que ocupa a segunda posição com 24 milhões de toneladas. O Brasil se destaca em terceiro lugar, com 16 milhões de toneladas, consolidando-se como um dos principais detentores de recursos de níquel no mundo.

²⁴ Trends in electric vehicle batteries, IEA, 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024/trends-in-electric-vehicle-batteries>



Outros países de relevância incluem a Rússia (8,3 milhões de toneladas), Nova Caledônia (7,1 milhões), Filipinas (4,8 milhões) e China (4,2 milhões), o que reflete o caráter geopolítico do suprimento global desse recurso. Em contrapartida, Canadá (2,2 milhões) e Estados Unidos (340 mil toneladas) possuem reservas mais modestas, o que limita sua autossuficiência em relação a esse mineral estratégico.

Tabela 5 - Reservas mundiais de Níquel (USGS, 2024).
País **Recursos Identificados (em milhões de toneladas)**

Indonésia	55,00
Austrália	24,00
Brasil	16,00
Rússia	8,30
Nova Caledônia	7,10
Filipinas	4,80
China	4,20
Canadá	2,20
EUA	0,34
Outros Países	9,10

Fonte: U.S. Geological Survey (USGS). Mineral Commodity Summaries 2024. Disponível em:
<https://www.usgs.gov/publications/mineral-commodity-summaries-2024>

A Tabela 6 apresenta a produção mundial de concentrado de níquel em 2022 e 2023, destacando os principais países produtores e as variações percentuais no período. A Indonésia mantém sua posição como líder global, com um aumento de 13,9%, alcançando 1,8 milhão de toneladas, o que representa mais de 50% da produção mundial. As Filipinas e Nova Caledônia também tiveram crescimento significativo de 15,9% e 15,0%, consolidando o Sudeste Asiático como uma região chave para o fornecimento global de níquel. O Canadá registrou o maior aumento percentual (25,9%), devido à expansão de operações em Ontário e Manitoba. Por outro lado, Rússia, China, Estados Unidos e outros países apresentaram quedas na produção, devido a fatores como sanções econômicas, desafios logísticos e esgotamento de reservas.



Tabela 6 - Produções mundiais de Níquel na fase Mina (USGS, 2024).

País	Produção 2022 (em toneladas)	Produção 2023 (em toneladas)	Varição
Indonésia	1.580.000,00	1.800.000,00	13,9%
Filipinas	345.000,00	400.000,00	15,9%
Nova Caledônia	200.000,00	230.000,00	15,0%
Rússia	222.000,00	200.000,00	-9,9%
Canadá	143.000,00	180.000,00	25,9%
Austrália	155.000,00	160.000,00	3,2%
China	114.000,00	110.000,00	-3,5%
Brasil	88.500,00	89.000,00	0,6%
EUA	17.500,00	17.000,00	-2,9%
Outros Países	404.000,00	380.000,00	-5,9%

Fonte: U.S. Geological Survey (USGS). Mineral Commodity Summaries 2024. Disponível em: <https://www.usgs.gov/publications/mineral-commodity-summaries-2024>

O Brasil, apesar de possuir a terceira maior reserva mundial de níquel teve um desempenho modesto, com crescimento de apenas 0,6%, passando de 88.500 para 89.000 toneladas. A produção nacional é liderada por grandes empresas como Vale S.A., com operações em Onça Puma (PA), e Anglo American, no Complexo do Barro Alto (GO).

Figura 9 - Processos envolvendo Níquel na ANM em julho de 2025.



Fonte: Painel da Distribuição da Mineração no Brasil, ANM 2025.

Segundo dados da Agência Nacional de Mineração (ANM), em 2025 o Brasil contava com 36 concessões de lavra para níquel, além de 187 requerimentos de pesquisa e 970



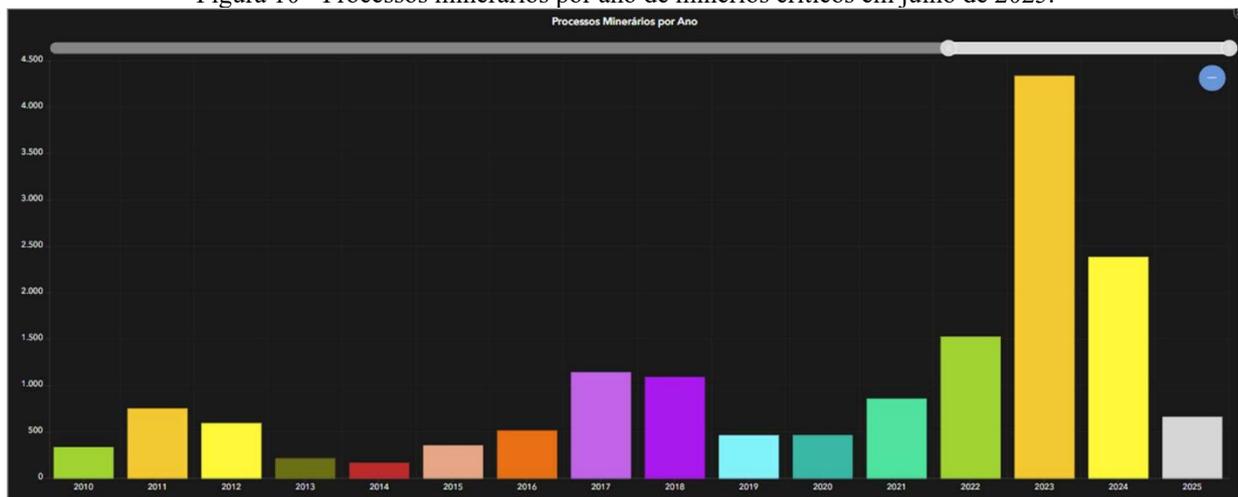
autorizações de pesquisa, conforme ilustrado na Figura 9. Esses números evidenciam um interesse crescente na exploração do níquel no território nacional, impulsionado pela demanda global por metais estratégicos para a transição energética, especialmente na fabricação de baterias para veículos elétricos.

4.6 RESULTADOS GERAIS

Esta seção tem como objetivo investigar o panorama atual da exploração de minérios críticos para a transição energética no Brasil de uma maneira geral. Ao analisar a figura 10, é possível observar o crescimento da quantidade de processos minerários, relacionados às substâncias discutidas anteriormente, do ano de 2010 até o ano de 2025.

Entre 2010 a 2015 foram executados em média 403,5 processos minerários, já de 2020 a 2025 encontra-se uma média de 1.706,8 processos, com destaque em 2023, no qual foram executados 4341.

Figura 10 - Processos minerários por ano de minérios críticos em julho de 2025.



Fonte: Painel da Distribuição da Mineração no Brasil, ANM 2025.

Essa tendência mostra um grande interesse dos envolvidos no mercado minerário em entrar nos regimes minerários da ANM, objetivando a pesquisa ou a extração dos minérios críticos. Este movimento indica uma mudança relevante nas prioridades da mineração brasileira, refletindo a resposta nacional ao aumento da demanda global por minerais estratégicos para tecnologias limpas.

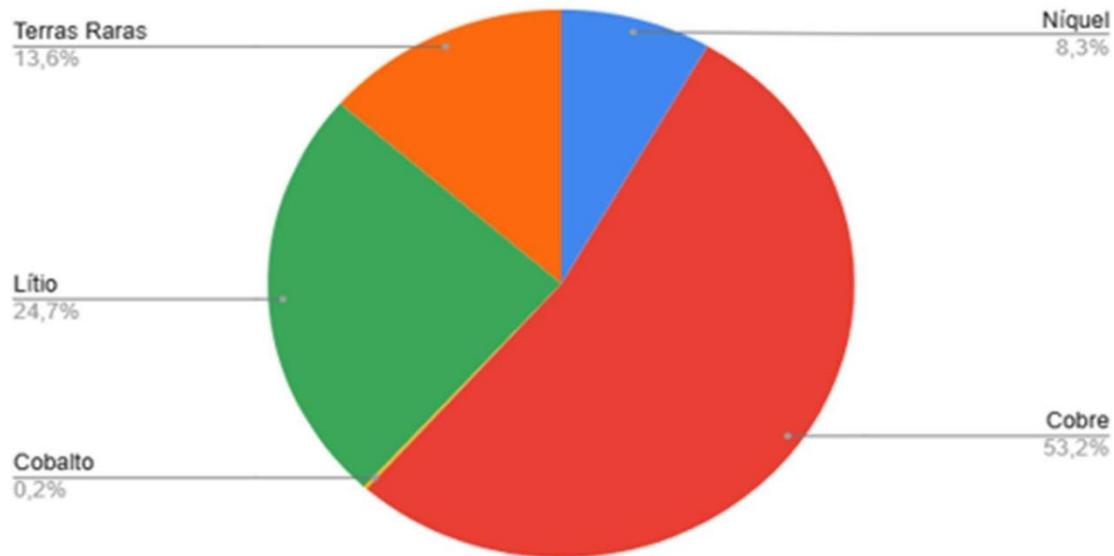
Com a aceleração da transição energética mundial, as projeções de consumo desses insumos dispararam. Estimativas da Agência Internacional de Energia indicam que a demanda global por minerais críticos ligados à energia limpa saltará de cerca de US\$ 230 bilhões em 2023 para impressionantes US\$ 1 trilhão até 2030²⁵.

²⁵ Minerais Estratégicos são destacados no contexto de um projeto nacional, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/08/minerais-estrategicos-sao-destacados-no-contexto-de-um-projeto-nacional>



Segundo a ANM, a importância crescente desse tema se reflete nos números, visto que, nos próximos anos, tecnologias como baterias, turbinas eólicas, painéis solares e redes elétricas irão demandar até seis vezes mais minerais do que atualmente. Em alguns casos, como o do lítio, a demanda poderá aumentar até 15 vezes até 2050. O Brasil, com uma das maiores diversidades geológicas do mundo e uma das matrizes energéticas mais limpas, é destacado por estudos internacionais como um dos países com maior potencial competitivo para atender a essa nova indústria global²⁶.

Figura 11 - Processos minerários por minério crítico em julho de 2025.



Fonte: Dados do painel da Distribuição da Mineração no Brasil, ANM 2025.

Ao comparar a quantidade de processos minerários referentes a cada um dos minérios citados no Brasil, é possível mensurar e confrontar o nível de interesse dos titulares pelas diferentes substâncias. A Figura 11 evidencia que a maioria significativa, cerca de 77,9% do total, concentra-se no cobre, com 53,2%, e no lítio, com 24,7%. Os Elementos de Terras Raras (ETRs) correspondem a 13,6%, representando a terceira maior participação entre os minérios analisados. Essa distribuição reflete dois fatores centrais: a já elevada demanda pelo cobre, consolidada muito antes do atual impulso da transição energética, e o recente aumento de interesse pelo lítio, impulsionado pela descoberta de diversas reservas no território brasileiro, especialmente em Minas Gerais, Bahia e na região Nordeste.

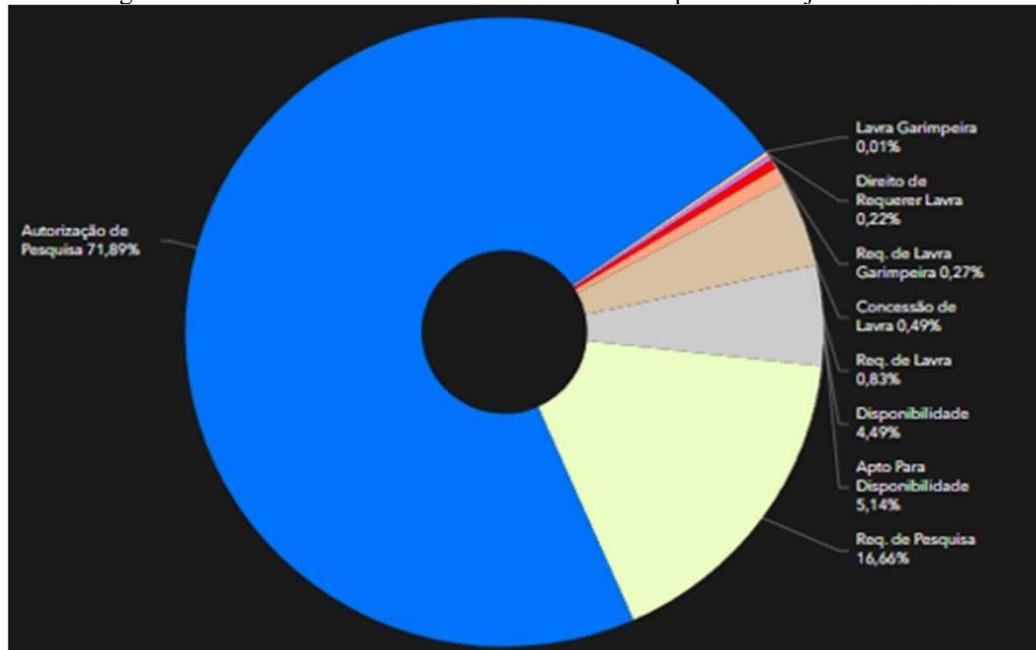
Em termos da fase do macroprocesso da ANM em que se encontram os processos relacionados aos minérios críticos (Figura 12), verifica-se uma predominância expressiva das etapas iniciais, voltadas à pesquisa mineral. Os processos de autorização de pesquisa correspondem a 71,89% e os de requerimento de pesquisa a 16,66%, totalizando 88,55% do universo analisado. Em contraste, a

²⁶ Mineração e transição energética: Brasil discute política estratégica para minerais do futuro, ANM, Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/08/minerais-estrategicos-sao-destacados-no-contexto-de-um-projeto-nacional>



concessão de lavra — etapa que autoriza a extração comercial do bem mineral — representa apenas 0,49% do total.

Figura 12 - Processos minerários de minérios críticos por fase em julho de 2025.



Fonte: Dados do painel da Distribuição da Mineração no Brasil, ANM 2025.

Essa discrepância revela que, embora haja um interesse crescente na prospecção e no mapeamento de jazidas, a efetiva transição para a fase produtiva ainda é incipiente, limitada por fatores como a complexidade dos estudos geológicos, a necessidade de comprovação da viabilidade econômica, a morosidade dos trâmites regulatórios e as exigências socioambientais. Tal cenário reforça que a maior parte dos empreendimentos permanece em estágio embrionário, constituindo simultaneamente um indicativo de elevado potencial futuro e um desafio para que o Brasil converta seu patrimônio geológico em produção efetiva e competitividade internacional.

Essa disparidade é resultado de uma combinação de entraves regulatórios, técnicos, econômicos e ambientais que dificultam a passagem da pesquisa mineral para a mineração comercial, especialmente nos minerais estratégicos para a transição energética e industrial. Pelo arcabouço legal brasileiro, todo projeto mineral deve iniciar com a autorização de pesquisa e, somente após a comprovação da existência de uma jazida economicamente viável, é possível requerer o título de concessão de lavra. Embora tecnicamente necessário, esse processo é lento e burocrático. Estudos da Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa Mineral e Mineração (ABPM) apontam que o prazo médio entre o requerimento de lavra e a publicação da portaria de lavra supera sete anos²⁷.

²⁷ Minerais Críticos – os desafios da Pesquisa Mineral, ABPM, 2023, Disponível em: <https://www.gov.br/cetem/pt-br/assuntos/VI-Seminario-Brasileiro-de-Terras-Raras/ApresentacaoVISBTR07nov2023.pdf#:~:text=o%20Viabilidade%20Técnica%20do%20Processo,e%20segurança%20jurídica%20são%20essenciais>



Além disso, a prospecção mineral é uma atividade de alto risco geológico. Apenas uma pequena fração das áreas pesquisadas revela depósitos com viabilidade econômica. Historicamente, cerca de 4% dos alvarás de pesquisa resultam em descobertas significativas²⁸. No caso dos minerais críticos, esse desafio é ainda mais acentuado devido à natureza dispersa de certas ocorrências, como as terras raras, que englobam 17 elementos químicos presentes em minérios complexos, ou à condição de subproduto, como ocorre com o cobalto, frequentemente associado a jazidas de níquel ou cobre. Esses fatores tornam a exploração desses recursos mais custosa, demandando tecnologias avançadas de prospecção, beneficiamento e recuperação, bem como planejamento de longo prazo para garantir suprimento estável e sustentável.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente análise confirma que o Brasil ocupa posição estratégica no cenário global de minérios críticos para a transição energética, possuindo reservas expressivas e diversidade geológica que o colocam entre os países com maior potencial de suprimento desses insumos. Dados da Agência Nacional de Mineração (ANM) e de instituições internacionais como o USGS e a IEA evidenciam que o país detém aproximadamente 730 mil toneladas de reservas de lítio, a terceira maior reserva mundial de terras raras, 16 milhões de toneladas de níquel e cerca de 17 milhões de toneladas de cobre.

Apesar desse potencial, a realidade operacional mostra um descompasso significativo entre reservas e produção. Em julho de 2025, 88,55% dos processos minerários de minérios críticos estavam concentrados nas fases iniciais de pesquisa, enquanto apenas 0,49% possuíam concessão de lavra. Essa discrepância indica que a maior parte do esforço atual ainda está voltada à prospecção e mapeamento, e não à produção efetiva. O tempo médio superior a sete anos entre o requerimento e a concessão de lavra e as dificuldades relacionadas ao licenciamento ambiental e à complexidade tecnológica do beneficiamento — especialmente no caso de minerais como terras raras e cobalto — reforçam a necessidade de reformas regulatórias e institucionais.

O cenário internacional projeta um aumento expressivo da demanda por esses insumos, como a possibilidade de crescimento de até 15 vezes no consumo de lítio até 2050, enquanto minerais como cobre e níquel devem ter a procura multiplicada em até seis vezes nas próximas décadas. Nesse contexto, o Brasil pode não apenas suprir parte relevante dessa demanda, mas também conquistar protagonismo geopolítico, desde que consiga alinhar políticas de incentivo à exploração sustentável, à industrialização da cadeia e à agregação de valor nacional.

A distribuição geográfica das reservas brasileiras reforça a importância de polos estratégicos como a Província Pegmatítica Oriental, que abrange Minas Gerais e Bahia, e a Província Pegmatítica

²⁸ Exploração Mineral no Brasil: Desafios e Oportunidades na era da Transição Energética, Jazida, 2025, Disponível em: <https://blog.jazida.com/exploracao-mineral-no-brasil-desafios-e-oportunidades-na-era-da-transicao-energetica>



da Borborema, localizada no Nordeste, para o lítio; as áreas de Minaçu, em Goiás, para terras raras; e a Província Mineral de Carajás, no Pará, para o cobre e o níquel. Essas regiões concentram grande parte dos requerimentos e autorizações de pesquisa e devem ser objeto de políticas públicas voltadas à melhoria da infraestrutura, à promoção da inovação e à formação de mão de obra qualificada.

Considerando a dimensão estratégica e os desafios identificados, torna-se fundamental aprofundar estudos comparativos internacionais para avaliar modelos regulatórios bem-sucedidos e sua aplicação ao contexto brasileiro, assim como desenvolver análises de viabilidade técnico-econômica que apontem o custo-benefício da verticalização da cadeia produtiva. É igualmente relevante avançar na avaliação de impactos socioambientais, criando métricas e indicadores específicos para medir e mitigar efeitos da mineração em regiões sensíveis, além de intensificar pesquisas em tecnologias de beneficiamento e reciclagem que reduzam a dependência de importações e aumentem o valor agregado nacional. Também é necessário propor modelos de governança que fortaleçam a soberania sobre a exploração e comercialização dos minérios, assegurando segurança energética e geopolítica, e investir na elaboração de projeções de demanda e oferta até 2050, capazes de orientar políticas públicas e estratégias empresariais em um cenário de transição energética acelerada.

Em síntese, o Brasil dispõe de condições geológicas, econômicas e estratégicas para assumir papel de destaque na cadeia global de suprimento de minérios críticos, mas sua consolidação dependerá da superação de gargalos regulatórios, tecnológicos e logísticos. A adoção de políticas integradas e de longo prazo, combinando sustentabilidade, competitividade e segurança jurídica, será determinante para transformar o potencial em realidade produtiva e estratégica, contribuindo para a transição energética global e para o fortalecimento da soberania mineral do país.



REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). ANM lança painel sobre distribuição da mineração no Brasil. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/noticias/anm-lanca-painel-sobre-distribuicao-da-mineracao-no-brasil>. Acesso em: 14 mar. 2025.
- AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). Sistemas de Exploração Mineral. Brasília, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/exploracao-mineral/sistemas-de-exploracao-mineral>. Acesso em: 2025.
- AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE). Brasília, 2025. Disponível em: <https://geo.anm.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html?id=6a8f5ccc4b6a4c2bba79759aa952d908>. Acesso em: 2025.
- AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). Distribuição da Mineração no Brasil. Brasília, 2025. Disponível em: <https://geo.anm.gov.br/portal/apps/dashboards/3a3d30677bb743e2901818e906257ce4>. Acesso em: 2025.
- AS dez maiores empresas de mineração no Brasil em 2024. Sindimina, 2024. Disponível em: <https://www.sindimina.com/post/as-10-maiores-empresas-de-minera%C3%A7%C3%A3o-no-brasil-em-2024>. Acesso em: 26 dez. 2024.
- BRASIL. Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967. Dá nova redação ao Decreto-Lei nº 1.985, de 29 de janeiro de 1940 (Código de Minas). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 fev. 1967. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0227.htm.
- BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.
- BRASIL. Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020. Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, para instituir o novo Marco Legal de Segurança de Barragens. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2020.
- DEMANDA por baterias LFP cresce, enquanto ternárias e LCO perdem força. GlobalFert, 2025. Disponível em: <https://globalfert.com.br/conteudos-proprios/demanda-por-baterias-lfp-cresce-enquanto-ternarias-e-lco-perdem-forca/>. Acesso em: 30 jun. 2025.
- DE SOUZA, Fernando Moreira. ANM disponibiliza painel interativo sobre mineração no Brasil. Minera Brasil, 2025. Disponível em: <https://minerabrasil.com.br/anm-disponibiliza-painel-interativo-sobre-mineracao-no-brasil/2025/03/19/>. Acesso em: 25 mai. 2025.
- DE SOUZA, Ana Carolina Sales Pereira; NASCIMENTO, Marisa; GIESE, Ellen Cristine. Desafios para a extração sustentável de minérios portadores de terras raras. Hologos, v. 1, p. 1-23, 2019.
- EXPLORAÇÃO de lítio em Portugal contestada por populações locais. Portal Euronews, 2021. Disponível em: <https://pt.euronews.com/2021/04/23/exploracao-de-litio-em-portugal-contestada-por-populacoes-locais>. Acesso em: 23 abr. 2021.



EXPLORAÇÃO Mineral no Brasil: Desafios e Oportunidades na era da Transição Energética. Jazida, 2025. Disponível em: <https://blog.jazida.com/exploracao-mineral-no-brasil-desafios-e-oportunidades-na-era-da-transicao-energetica>. Acesso em: 2025.

GIL, Antônio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). The role of critical minerals in clean energy transitions. 2022. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a86fdc/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf>. Acesso em: 2022.

IRENA. Global energy transformation: a roadmap to 2050. International Renewable Energy Agency, 2018.

MINERAÇÃO Serra Verde inicia produção comercial em Minaçu. Brasil Mineral, São Paulo, 2024. Disponível em: <https://www.brasilmineral.com.br/noticias/mineracao-serra-verde-inicia-producao-comercial-em-minacu>. Acesso em: 11 jan. 2024.

MINERAÇÃO e transição energética: Brasil discute política estratégica para minerais do futuro. ANM, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/08/minerais-estrategicos-sao-destacados-no-contexto-de-um-projeto-nacional>. Acesso em: 2024.

MINERAIS Críticos – os desafios da Pesquisa Mineral. ABMP, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/cetem/pt-br/assuntos/VI-Seminario-Brasileiro-de-Terras-Raras/ApresentacaoVISBTR07nov2023.pdf>. Acesso em: 2023.

MINERAIS Estratégicos são destacados no contexto de um projeto nacional. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/08/minerais-estrategicos-sao-destacados-no-contexto-de-um-projeto-nacional>. Acesso em: 24 jun. 2022.

NATIONAL GEOGRAPHIC. Causes and effects of climate change. YouTube, 2017. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=G4H1N_yXBiA. Acesso em: 24 jun. 2022.

PÉREZ-ARRIAGA, Ignacio; KNITTEL, Christopher. Utility of the future: an MIT Energy Initiative response to an industry in transition. Massachusetts Institute of Technology, 2016.

PRODUÇÃO da Sigma Lithium deve superar expectativas em 2025. Brasil Mineral, São Paulo, 2025. Disponível em: <https://www.brasilmineral.com.br/noticias/producao-da-sigma-lithium-deve-superar-expectativas-em-2025>. Acesso em: 8 jan. 2025.

RAJI, Munira. What's so special about Ukraine's mineral? A geologist explains. The Conversation, 2025. Disponível em: <https://theconversation.com/whats-so-special-about-ukraines-minerals-a-geologist-explains-251551>. Acesso em: 10 mar. 2025.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Informe de recursos minerais. Série minerais estratégicos, n. 10, São Paulo, 2024. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/25334>. Acesso em: 2024.

TRICKS, Henry. Clean power is shaking up the global geopolitics of energy. The Economist, 15 mar. 2018.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY (USGS). Mineral commodity summaries 2023. Disponível em: <https://www.usgs.gov/publications/mineral-commodity-summaries-2023>. Acesso em: 2023.



VIANA, Herbert Ricardo Garcia; DE ALENCAR XAVIER, Yanko Marcus. O estado do conhecimento da regulação dos minérios críticos para transição energética no Brasil. *Cadernos de Direito Actual*, n. 25, p. 33-47, 2024.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia; GUIMARÃES, Patrícia Borba Vilar; DE ALENCAR XAVIER, Yanko Marcus. CFEM e sustentabilidade: uma análise à luz dos princípios intergeracionais. *Aracê*, v. 7, n. 6, p. 35038-35058, 2025.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. *Direito minerário e transição energética: minérios críticos, regulação e soberania*. 1. ed. Natal: Insigne Acadêmica, 2025.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia; XAVIER, Yanko Marcus de Alencar. A evolução constitucional do direito de propriedade sobre os recursos minerais no Brasil. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, v. 17, n. 1, p. 790-813, 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Air pollution*. 2021. Disponível em: https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1. Acesso em: 10 jun. 2025.

