

CADERNOS



OUTUBRO 2025 | ANO 12 | Nº 18 | ISSN 2358-5277

MINERAIS ESTRATÉGICOS NO BRASIL:

Oportunidades de
Produção e Inserção
no Mercado Global



DIRETOR

Carlos Otavio de Vasconcellos Quintella

SUPERINTENDENTE DE PESQUISA

Márcio Lago Couto

COORDENAÇÃO

Luiza Gomes Guitarrari

EQUIPE TÉCNICA*Autores***EnergyC**

Cíntia Raquel Peña

Emilly Rayssa Martins dos Santos Farias

Iasmin Monteiro Oliveira

Leonardo Fagundes da Silva

Matheus Ché de Medeiros

Fertilizantes da Amazônia S.A (FASA)

João Orestes Schneider Santos

FGV Energia

Clarissa Maria Beatriz Brandão de Carvalho Kowarsk

Felipe Reis Pompeu de Moraes

Fernanda Senna

Jéssica Germano de Lima Silva

Leandra Cordeiro Amaral

Secretaria de Estado de Desenvolvimento**Econômico de Minas Gerais (SEDE)**

Cristina Campolina de Medeiro

Daniel Guimarães Medrado de Castro

Lorena Sarmiento Ferreira

Maria Eugênia Monteiro de Castro e Silva

Mila Batista Leite Corrêa da Costa

Pedro Oliveira de Sena Batista

Vivian Marjorie Braga Bandeira

EQUIPE DE PRODUÇÃO*Coordenação*

Lucas Fernandes de Sousa

Simone C. Lecques de Magalhães

Diagramação

Bruno Masello e Carlos Quintanilha

** Os textos dos autores não têm qualquer relação com projetos e dados da FGV, expressando a opinião dos autores.*

ESCRITÓRIO

Rua Barão de Itambi, 60 – 5º andar - Rio de Janeiro I RJ, CEP: 22231-000

Tel: (21) 3799-6100 | www.fgv.br/energia | fgvenergia@fgv.br

PRIMEIRO PRESIDENTE FUNDADOR

Luiz Simões Lopes

PRESIDENTE

Carlos Ivan Simonsen Leal

VICE-PRESIDENTES

Francisco Oswaldo Neves Dornelles e

Marcos Cintra Cavalcanti de Albuquerque



Instituição de caráter técnico-científico, educativo e filantrópico, criada em 20 de dezembro de 1944 como pessoa jurídica de direito privado, tem por finalidade atuar, de forma ampla, em todas as matérias de caráter científico, com ênfase no campo das ciências sociais: administração, direito e economia, contribuindo para o desenvolvimento econômico-social do país.

DIRETOR

Carlos Otavio de Vasconcellos Quintella

SUPERINTENDÊNCIA

Simone C. Lecques de Magalhães

SUPERINTENDÊNCIA DE PESQUISA

Felipe Gonçalves

Marcio Lago Couto

COORDENAÇÃO DE PESQUISA DO SETOR ELÉTRICO

Luiz Roberto Bezerra

PESQUISADORES

Acacio Barreto Neto

Alex Almeida Sousa

Ana Beatriz Soares Aguiar

Antônio Quartin Baptista Migliora

Clarissa Brandão

Jéssica Germano

João Henrique de Azevedo

João Victor Marques Cardoso

Lucas Aragão

Luiza Gomes Guitarrari

Nikolas Maciel Carneiro

Paulo César Fernandes da Cunha

Rafaela Garcia Araújo

Ricardo Cavalcante

Thalita Barbosa

ASSISTENTES ADMINISTRATIVAS

Cristiane Pererira de Castro

Ester Nascimento

ANALISTA DE PLANEJAMENTO

Julia Ximenes

AUXILIAR DE COMUNICAÇÃO

Lucas Fernandes de Sousa

ESTAGIÁRIOS

Bianca Djelberian

Thais Mesquita

SUMÁRIO

Apresentação do Caderno	7
-------------------------------	---

CAPÍTULO 1

Artigo 1: OPORTUNIDADES PARA O BRASIL EM MEIO AS NOVAS DINÂMICAS DO MERCADO GLOBAL DA MINERAÇÃO..... 12

Introdução.....	13
1. Breve histórico da mineração	14
2. O novo ciclo da mineração	17
3. Conclusões e recomendações.....	23
Referências Bibliográficas.....	24

Artigo 2: O POTENCIAL BRASILEIRO NOS MERCADOS DE GRAFITA E TERRAS RARAS.....26

1. Panorama das cadeias de valor	27
1.1. Caracterização da grafita	27
1.2. Caracterização das terras raras	28
1.3. Particularidades da extração e refino da grafita	29
1.4. Particularidades da extração e refino das terras raras.....	30
1.5. Uso final da grafita	31
1.6. Uso final das terras raras	32
2. Mercados globais.....	33
2.1. Reservas de grafita no mundo	33
2.2. Reservas de terras raras no mundo	35
2.3. Extração da grafita no mundo	37
2.4. Extração de terras raras no mundo	39
2.5. Refino da grafita no mundo	40
2.6. Refino de terras raras no mundo.....	42
2.7. Demanda global de grafita.....	44
2.8. Demanda global de terras raras	46
2.9. Dinâmica de preço de grafita	48
2.10. Dinâmica de preço de terras raras.....	49
3. Mercados no Brasil.....	51
3.1. Reservas de grafita no Brasil	51
3.2. Reservas de terras raras no Brasil.....	52

3.3. Extração da grafita no Brasil	53
3.4. Extração de terras raras no Brasil	54
3.5. Refino de grafita e terras raras no Brasil.....	56
3.6. Demanda por grafita e terras raras no Brasil.....	57
4. Panorama e gargalos regulatórios no Brasil	58
5. Panorama regulatório internacional	63
5.1. China	63
5.2. União Europeia	64
5.3. Estados Unidos	65
5.4. Canadá.....	66
5.5. Outros países.....	67
Considerações finais	69
Referências Bibliográficas.....	70

CAPÍTULO 2

Artigo 3: MAPEAMENTO GEOLÓGICO NO BRASIL: DESAFIOS ATUAIS E PERSPECTIVAS ESTRATÉGICAS PARA PROJETOS FUTUROS	76
Introdução	77
1. Desafios do mapeamento Geológico Brasileiro.....	78
2. Panorama atual do Mapeamento Geológico no Brasil.....	80
3. O PlanGeo	90
4. Desafios e recomendações.....	94
5. Conclusão.....	96
Referências Bibliográficas.....	98

Artigo 4: MINERAÇÃO EM TERRAS INDÍGENAS: UMA ANÁLISE SOBRE O PASSADO, O PASSADO RECENTE E A ATUALIDADE.....	100
Introdução.....	100
1. Projetos de Lei sobre a mineração em Terras Indígenas.....	103
1.1 Propostas legislativas e decretos.....	103
1.2 Propostas recentes, projetos de lei em trâmite e a oposição da sociedade civil	104
1.3 MI 7490	106

2. Repartição de lucros da mineração e atividade correlata em Terras Indígenas	107
2.1 Comparação ao modelo canadense	107
2.2 O Modelo canadense e a autonomia indígena	108
2.3 Reflexões sobre a questão.....	110
Conclusão	111
Referências Bibliográficas.....	112

CAPÍTULO 3

Artigo 5: A MINERAÇÃO NO AMAZONAS 114

1. Recursos Minerais do Amazonas	117
1.1 Nióbio.....	118
1.2 Potássio.....	120
1.3 Bauxita	121
1.4 Fosfato	121
1.5 Ouro	122
2. Estratégias para industrialização.....	123
2.1 Principais entraves ao desenvolvimento mineral.....	124
Considerações finais.....	125
Referências Bibliográficas.....	125

Artigo 6: MINERAÇÃO E TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

ESTUDO DE CASO DE MINAS GERAIS 126

1. Avanço do Estado no Mercado de Minerais Críticos e Estratégicos.....	127
2. Processos de Licenciamento Ambiental de Empreendimentos (Terras Raras e Lítio).....	131
3. Produção de Minério de Ferro em Bases Sustentáveis.....	131
4. Conexão Entre Mineração e Transição Energética	132
5. Conexão Entre Mineração e Fontes Renováveis.....	134
Referências Bibliográficas.....	136
Considerações finais	138
Glossário	139
Anexo	140

APRESENTAÇÃO DO CADERNO

Os minerais têm se consolidado como insumos essenciais para atender às novas demandas da economia global, sobretudo em setores de alta tecnologia (IPEA, 2022). Essa configuração os elevou à condição de ativos estratégicos para a segurança nacional, reforçando a relevância destes nas cadeias globais de valor e nos processos de inovação industrial, cuja importância é especialmente destacada em setores críticos, como defesa, tecnologia e energia. Tal dinâmica expôs fragilidades desse mercado, decorrentes tanto da elevada concentração das reservas em um número restrito de Estados quanto do domínio tecnológico sobre as etapas mais sofisticadas da cadeia produtiva. A condição de concentração do mercado sob o controle de um número restrito de países tende não apenas a influenciar a formação dos preços internacionais, mas, em escala mais profunda, pode reconfigurar fluxos comerciais, intensificar disputas geopolíticas e conferir a esses atores uma posição geo-econômica privilegiada.

O acesso aos minerais tornou-se, portanto, fator-chave tanto para o desenvolvimento econômico quanto para a soberania tecnológica dos Estados. Nesse contexto, os recursos consolidaram-se como insumos fundamentais para a agenda global de transição energética e digitalização. Em particular, os minerais críticos e estratégicos voltados à descarbonização de atividades intensivas em carbono apresentam acentuada concentração geográfica, superior à observada no mercado de Óleo&Gás. Essa configuração espacial intensifica a vulnerabilidade das cadeias globais de fornecimento, o que pode comprometer a estabilidade e a resiliência dos processos industriais e tecnológicos associados à transição energética. Paralelamente, oferecem uma oportunidade singular de diversificação produtiva, geração de empregos e redução da dependência externa, aos países detentores desses ativos estratégicos.

Esse cenário tem contribuído para a crescente centralidade dos minerais críticos e estratégicos como pontos de potencial fricção geopolítica nos próximos anos. Não por acaso, a temática ocupa espaço crescente nas agendas multilaterais globais, inclusive em fóruns voltados à energia, transição e ao clima, evidenciando seu papel estratégico na configuração da ordem internacional.

Em 2024, por iniciativa do Secretário-Geral das Nações Unidas, foi criado o “1º Painel sobre Minerais Críticos à Transição Energética”, que buscou estabelecer princípios norteadores sobre a exploração, beneficiamento e comércio dos minerais considerados essenciais para tecnologias de baixo carbono, como as baterias e painéis solares (MME, 2024). O painel reuniu especialistas de 23 países, além de representantes vinculados à União Africana, União Europeia, a sociedade civil e o setor de mineração. A delegação brasileira, por seu turno, defendeu como o setor mineral pode contribuir para agregar valor às cadeias de fornecimento de países com economias em desenvolvimento, removendo-os da lógica de “meros exportadores de matérias-primas”.

No caso do setor de energia, as discussões em torno da transição para uma economia de baixo carbono têm impulsionado a demanda por minerais, que se consolidaram como insumos estratégicos para o desenvolvimento de tecnologias voltadas à mitigação das emissões de gases do efeito estufa. De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA, em inglês), a demanda por minerais críticos deverá mais que triplicar até 2030, movendo investimentos superiores a US\$ 1 trilhão. Entre 2017 e 2022, a Agência registrou um aumento expressivo do consumo global desses recursos, com alta de 40% na demanda por níquel, seguido de um crescimento de 70% no consumo de cobalto, enquanto o lítio triplicou, o que evidencia a centralidade desses minerais para a transição energética.

A intensificação demanda por minerais estratégicos – como o lítio, níquel, cobre, urânio, grafita e terras raras – no contexto da transição energética e da digitalização, evidencia dificuldades na governança global dos minerais e na resiliência das cadeias de suprimento, especialmente em economias em desenvolvimento, na América do Sul e na África. Embora uma parte dessas reservas esteja concentrada no Sul Global, dados do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, em inglês) apontam a forte dependência de determinados países em relação a poucos atores, cuja verticalização da cadeia mineral consolidou posições monopolistas no mercado internacional. Nesse ínterim, dos mais de 50 minerais críticos mapeados pelos EUA, ao menos 40 são importados no contexto do país, ao passo que o Brasil possui reservas relevantes de cerca de 15 deles, reforçando seu papel estratégico no setor.

O Brasil, apesar da disponibilidade desses recursos, ainda apresenta desafios significativos relacionados à falta de integração entre órgão reguladores (tais como Agência Nacional de Mineração - ANM, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, etc), lacunas na pesquisa e mapeamento mineral, gargalos na infraestrutura, dependência por tecnologias estrangeiras, sobretudo no refino de minerais, e adoção de práticas sustentáveis ao longo da cadeia produtiva, com impactos socioambientais relevantes. Esse cenário representa tanto um problema — pela vulnerabilidade às pressões geopolíticas e ambientais — quanto uma oportunidade estratégica de posicionar o país como um importante fornecedor global na cadeia de minerais críticos e para a redução da dependência por tecnologias de atores como a China.

Para tanto, o país tem ampliado o estabelecimento de cooperações multinível junto a diferentes países e empresas de mineração, com foco especial na capacitação de mão de obra, pesquisa mineral, exploração, extração, processamento e transferência tecnológica no setor (FGV Energia, 2025). Além disso, há espaço para o país avançar, nos próximos anos, no mapeamento de reservas minerais offshore em bacias oceânicas. No entanto, a atividade ainda carece de mais estudos de viabilidade técnica e ambiental, com investimentos massivos em ciências marinhas e em tecnologia (IBRAM, 2025).

No entanto, os obstáculos enfrentados para atração de novos negócios estão atrelados a baixa integração do mercado, com um planejamento nacional mineral ainda incipiente. Tendo isso em vista, a futura divulgação do **“Plano Nacional de Mineração 2050” (PNM)** pode ser uma importante sinalização na reorganização das bases do setor, sobretudo em relação aos minerais críticos e estratégicos. A construção do PNM abrangeu cinco Cadernos de estudo, sobre temas considerados necessários ao planejamento de longo prazo do setor mineral (MME, 2025), com participação de diferentes entidades públicas, setor privado e sociedade civil. Nesse preâmbulo, foram cobertos temáticas como o **i.** Conhecimento Geológico; **ii.** Pesquisa e Produção Mineral; **iii.** Cadeias Produtivas dos Minerais para a Transição Energética; **iv.** Competitividade da Indústria Mineral Brasileira; e **v.** Desenvolvimento Sustentável na Indústria Mineral Brasileira.

Em suma, o plano pode contribuir para promover novas mudanças no setor, pautados em maior segurança jurídica, promover o mapeamento geológico, estimular investimentos privados em pesquisa, exploração e beneficiamento, associados às metas nacionais de descarbonização. Além disso, ao integrar diretrizes de sustentabilidade, inovação tecnológica e desenvolvimento regional, o PNM 2050 tem potencial para fortalecer cadeias produtivas nacionais, reduzir a dependência externa, estimular a criação de empregos qualificados e consolidar o Brasil como fornecedor seguro e competitivo de insumos minerais essenciais à transição energética e à digitalização global.

A partir desse contexto, este Caderno Especial da FGV Energia em parceria com os **Jovens Líderes de Energia do Hub “EnergyC”** foi elaborado para apresentar discussões que contribuam para estimular o mercado nacional e posicionar o Brasil como um importante fornecedor global na cadeia de minerais estratégicos e, alavancar sua contribuição na agenda de transição energética global. O **Caderno, intitulado “Minerais Estratégicos no Brasil: Oportunidades de Produção e Inserção no Mercado Global”** busca contribuir para o amplo debate na sociedade brasileira, a partir da sua composição em três capítulos que versam sobre: i. Introdução e noções gerais sobre o mercado de minerais estratégicos; ii. Desafios do mercado mineral brasileiro; e; iii. Estudos de caso da Mineração brasileira.

A **primeira seção** se debruça sobre a definição conceitual dos Minerais Estratégicos, além de delinear o panorama do mercado global de minerais, destacando os principais atores internacionais com influência sobre essa trajetória. No mesmo capítulo, é realizada uma análise pormenorizada da cadeia de valor de minerais de elevada concentração em solo brasileiro – a grafita e terras raras – que posicionam o país na vanguarda do mercado de minas e energia. O artigo também se debruça na contextualização da regulação nacional para esses minerais face a outros importantes atores do mercado global de minerais, além de incluir um diagnóstico do mercado mineral brasileiro, a partir da identificação de oportunidades e forças para desenvolvimento e sucesso desse mercado, a partir do uso de indicadores comerciais, ambientais, econômicos e políticos.

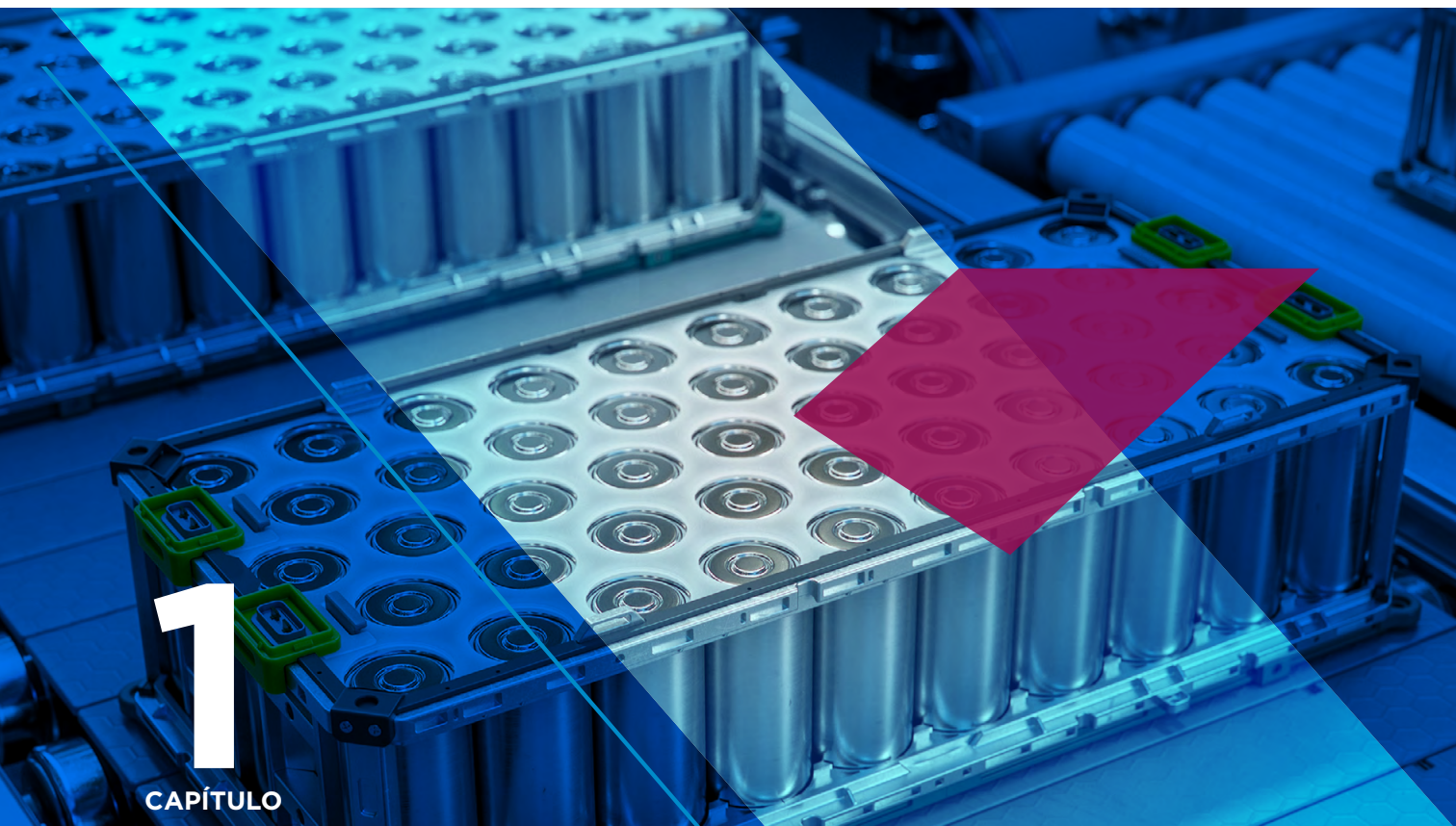
Em sequência, a **segunda seção** tem por objetivos analisar alguns dos principais desafios do mercado mineral nacional, com dois artigos que versam sobre gargalos atuais no mapeamento e pesquisa geológica, além dos processos legais associados ao licenciamento ambiental de projetos de mineração e a preservação de povos nativos e indígenas. Na mesma seção são levantados os indicadores operacionais relacionados à infraestrutura existente e os projetos anunciados para sua expansão e modernização.

Por fim, a **última seção** contemplam “estudos de caso da mineração” em regiões selecionadas do Brasil, cujo potencial mineral, projetos e políticas estaduais, contribuam para o desenvolvimento do mercado de minerais estratégicos e promover avanços em seu uso para fins da transição energética.

Em suma, o **Caderno de “Minerais Estratégicos no Brasil: Oportunidades de Produção e Inserção no Mercado Global”** consiste em um material que busca posicionar o Brasil no cenário geopolítico dos recursos minerais, destacando-se como um player de relevância crítica. O presente estudo também sublinha a necessidade em estabelecer novas discussões que sejam transversais a diferentes áreas do conhecimento e alinhando-se com as melhores práticas e diretrizes globais, visando desenvolver o mercado de minerais estratégicos brasileiro de maneira segura, sustentável e equilibrada.

Boa leitura!

Luiza G. Guitarrari & Jovens de Energia da EnergyC



Artigo 1

OPORTUNIDADES PARA O BRASIL EM MEIO AS NOVAS DINÂMICAS DO MERCADO GLOBAL DA MINERAÇÃO

Autora: Fernanda Senna¹

1. Ex-diretora da Vale S/A. Atuou no mercado de mineração por mais de 20 anos.

Disclaimer: Este artigo expressa as opiniões dos autores, não apresentando necessariamente a opinião institucional da FGV.

INTRODUÇÃO

A crescente relevância dos minerais críticos e estratégicos, em função de seu papel indispensável no desenvolvimento de tecnologias emergentes e de energia limpa, pode posicionar o Brasil na vanguarda desse mercado. Detentor de algumas das maiores reservas globais de minerais, o país reúne condições geológicas e energéticas que podem sustentá-lo como protagonista no processo de transição para uma economia de baixo carbono.

Nesse contexto, este artigo explora a oportunidade latente que os minerais críticos e estratégicos, como elementos de terras raras, grafita, lítio e cobre, representam para o Brasil. Com base nas lições aprendidas com o último ciclo da mineração, e seus impactos sobre a economia brasileira, o artigo sustenta que, assim como os minerais voltados à infraestrutura e à produção industrial, os minerais críticos e estratégicos poderão representar uma extraordinária oportunidade para impulsionar o processo de crescimento econômico nacional.

Diante da grandeza e complexidade dos desafios que o país tem pela frente, o presente artigo apresenta algumas sugestões e caminhos promissores que podem ser explorados em prol do desenvolvimento desse importante mercado.

A crescente **relevância dos minerais** críticos e estratégicos, em função de seu papel indispensável no **desenvolvimento de tecnologias emergentes** e de **energia limpa**, pode posicionar o Brasil na vanguarda desse mercado.

1. BREVE HISTÓRICO DA MINERAÇÃO

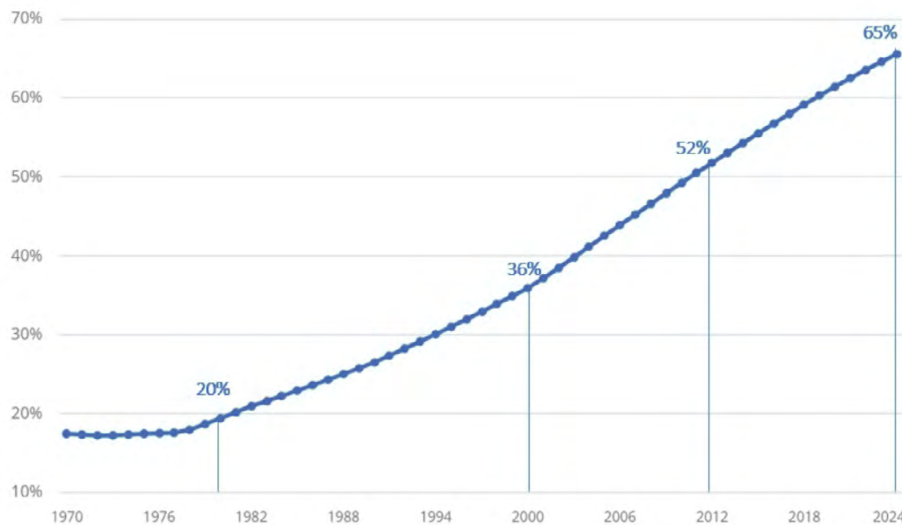
O último ciclo de mineração, compreendido entre os anos de 2002 e 2012, foi marcado por crescimentos expressivos da demanda por commodities, impulsionados pela aceleração do crescimento econômico da China. Esse fenômeno, fortemente influenciado pela mudança demográfica que ocorria naquele país, resultou em uma explosão na demanda por minerais relacionados à infraestrutura e à produção industrial, bem como por produtos agrícolas e energia.

O processo chinês de urbanização, ocorrido nas últimas décadas, constitui um dos fenômenos demográficos e econômicos mais rápidos e profundos do mundo contemporâneo. Embora tenha como grande causa as reformas econômicas iniciadas na década de 1980, o ritmo de urbanização intensificou-se a partir do ingresso da China na Organização Mundial do Comércio em 2001, momento a partir do qual a abertura comercial e a integração em cadeias globais de valor aceleraram a industrialização e a migração para os centros urbanos. Políticas públicas orientadas para o crescimento — incluindo investimentos maciços em infraestrutura, programas habitacionais e mecanismos locais de financiamento — criaram as condições adequadas para a expansão urbana em escala nacional.

A migração verificada nos anos finais da década de 1990 e na primeira década do século XXI foi sem precedentes. Centenas de milhões de trabalhadores rurais deslocaram-se para centros urbanos em busca de emprego nas indústrias de transformação e nos serviços a elas associados. Em apenas uma década, o percentual da população urbana chinesa saiu de 36% em 2002 para 52% em 2012, e atualmente encontra-se em 65% (Banco Mundial, 2025). Por certo, o processo não se restringiu a um simples aumento do número de habitantes urbanos, mas envolveu também grandes construções habitacionais e investimentos públicos em infraestrutura e transportes.

A urbanização gerou demanda extraordinária por insumos de construção e energia — cimento, aço, cobre, minério de ferro, alumínio e combustíveis fósseis — ao mesmo tempo em que o crescimento de renda impulsionou a procura por commodities agrícolas, com significativo impacto sobre os seus preços.

Gráfico 1: População urbana na China (% população total)



Fonte: World Bank Open Data, 2025.

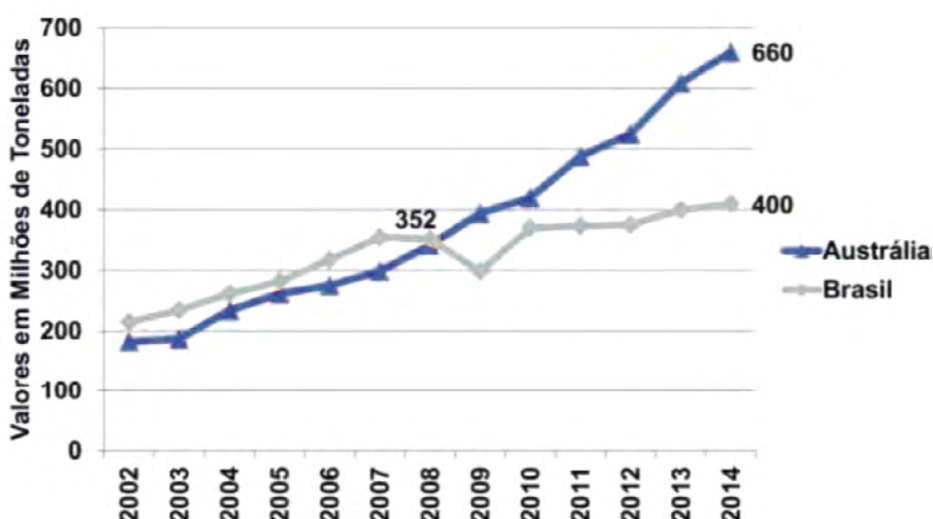
Detentor de recursos minerais e importante produtor de petróleo e de commodities agrícolas, o Brasil encontrava-se muito bem-posicionado para atender à demanda chinesa. O país estava diante de uma janela de oportunidade: detinha os recursos de que os chineses precisavam, e que passaram a adquirir mediante importações em larga escala.

Tornamo-nos um grande *player* nesses mercados, especialmente na área de minerais como minério de ferro, bauxita, níquel e cobre. No caso específico do minério de ferro, a abundância de reservas e a reconhecida expertise do país em exploração permitiram que chegássemos a ser o maior produtor mundial de minério de ferro.

Os benefícios para a economia foram evidentes. Entre 2002 e 2012, as exportações de minerais saltaram de US\$ 4,3 bilhões ao ano para US\$ 39 bilhões, atingindo mais de 340 milhões de toneladas em 2012. Novas empresas surgiram, ferrovias e portos foram ampliados e regiões se desenvolveram em torno da mineração.

No entanto, a partir de 2007, o Brasil começou a perder sua posição no mercado internacional de minerais e metais. A comparação com a Austrália, por exemplo, mostra que o Brasil tinha performances superior até 2008 (em valores de milhões de toneladas equivalentes), e que a partir daquele ano as trajetórias diferenciam-se, com a Austrália continuando sua trajetória ascendente, enquanto o Brasil apresentava quadro estacionário (ver Gráfico 2).

Gráfico 2: Produção de metais em toneladas equivalentes



Fonte: MME. Caderno I – Conhecimento Geológico. Estudos Preparatórios para o Plano Nacional de Mineração 2050. Parte 1. Pg 44

Quais fatores explicam a perda de desempenho da produção brasileira? Após anos de forte expansão, o setor brasileiro passou a enfrentar sérios gargalos de capacidade e desafios logísticos limitadores do ritmo de crescimento. Tornou-se necessário investir em novos depósitos e na ampliação da infraestrutura, muitas vezes em lugares ainda inexplorados. A morosidade na concessão de licenciamentos ambientais e as dificuldades para atrair investimentos, acentuadas pela crise do subprime de 2009, contribuíram significativamente para o menor crescimento da produção brasileira.

Por conseguinte, o ciclo passado mostrou que produtores brasileiros e empresas instaladas no país podem ser produtivos e ágeis diante de oportunidades, mas também reforçou que existem fatores estruturais em nossa economia que, se não superados, podem limitar o crescimento. O setor mineral é, portanto, de grande importância para a economia brasileira e deve ser estimulado de maneira a que possam ser extraído benefícios duradouros, permitindo ao país consolidar-se como um líder global nesse mercado.

2. O NOVO CICLO DA MINERAÇÃO

Desde o início da presente década, o mercado de mineração tem passado por expressivas transformações. Ao longo dos anos, foi registrado um crescimento considerável da demanda por matérias-primas essenciais à produção em setores estratégicos, como energia limpa, novas tecnologias e indústria aeroespacial, cuja tendência de consumo poderá se intensificar ainda mais nas próximas décadas. Aliado a isso, está em curso um novo ciclo para os chamados minerais críticos e estratégicos, que incluem as terras raras, lítio, grafita, nióbio, cobalto e manganês, entre outros.

Contudo, diferentemente do que ocorreu no ciclo anterior, essa nova fase caracteriza-se por um cenário de oferta e demanda mais complexo. Enquanto no início dos anos 2000 a China teve papel fundamental como propulsor da demanda, sua influência agora ocorre também no lado da oferta, em particular nas atividades de processamento e refino. Tal dinâmica deixa clara a relevância geopolítica e econômica do país asiático, no contexto da cadeia global de suprimentos minerais e traz desafios importantes para esse mercado.

À semelhança do que ocorreu no ciclo anterior, o Brasil encontra-se numa posição estratégica privilegiada. A figura 1 apresenta uma visão das reservas e da produção de minerais estratégicos, no contexto do mercado mundial. O Brasil possui reservas significativas de grafita, com 26% das reservas mundiais; as terras raras, com 19%; e o manganês, com 14%. No entanto, sua participação na produção global ainda é modesta, representando 5%, 0% e 3%, respectivamente. Na produção de cobre, apesar de as reservas

serem consideráveis, o país responde por apenas 2% do total da produção mundial. O caso do nióbio merece destaque, uma vez que o Brasil praticamente domina o mercado, sendo detentor de 94% das reservas globais, além de contribuir com 90% da produção mundial.

Figura 1: Recursos e produção de minerais no Brasil

Mineral	Reserva - BR (t)	Reserva Mundial (t)	Participação -BR	Produção - BR (t)	Mundo (t)	Participação - BR
Grafita	74.000.000	280.000.000	26%	73000	1.600.000	5%
Terras Raras	21.000.000	110.000.000	19%	80	350.000	0%
Manganês	270.000.000	1.900.000.000	14%	620000	20.000.000	3%
Níquel	16.000.000	130.000.000	12%	89000	3.600.000	3%
Alumínio (bauxita)	2.700.000.000	31.000.000.000	9%	31000	400.000	8%
Lítio	1.370.000	28.000.000	5%	4900	180.000	3%
Cobalto	70.000	8.300.000	1%	0	230.000	0%
Cobre	11.200.000*	1.000.000.000	1%	326600	22.000.000	2%
Vanádio	120.000	26.000.000	1%	6400	100.000	6%
Silício (quartzo)	N/A	N/A	-	390000	9.000.000	4%
Nióbio	16.000.000	17.000.000	94%	75000	83.000	90%

Fonte: MME. Caderno I – Conhecimento Geológico. Estudos Preparatórios para o Plano Nacional de Mineração 2050. Parte 1. Pg 44

O potencial do Brasil pode ser ainda maior quando consideramos que o país detém o mapeamento geológico de apenas 27% do seu território. Há regiões e depósitos pouco conhecidos no país, principalmente no Norte e no Centro-Oeste, a despeito das evidências de um grande potencial mineral nessas áreas.

Com o intuito de priorizar os minerais de grande potencial e facilitar o direcionamento dos esforços de políticas públicas voltadas para o setor, o Governo brasileiro criou uma lista composta de vinte e quatro minerais considerados estratégicos para a economia nacional, divididos em três grandes grupos, conforme discriminado na Figura 2.

Figura 2: Minerais estratégicos para Brasil

Mineral	Grupo I	Grupo II	Grupo III
Molibdênio	●		
Fosfato	●		
Potássio	●		
Enxofre	●		
Cobalto		●	
Cobre		●	●
Estanho		●	
Grafita		●	●
Grupo Platina		●	
Lítio		●	●
Nióbio		●	
Níquel		●	
Silício		●	
Tálio		●	
Tântalo		●	
Terras Raras		●	
Titânio		●	
Tungstênio		●	
Urânio		●	●
Vanádio		●	
Alumínio			●
Ferro			●
Ouro			●
Manganês			●

*A relação dos minerais considerados estratégicos para o Brasil foi definida pelo Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos (CTAPME) na Resolução nº 2/202

O primeiro grupo abrange minerais dos quais o país depende em elevado percentual de importações para suprir setores vitais da economia, evidenciando a necessidade de fortalecer a produção interna para garantir maior segurança e autonomia. O segundo grupo reúne minerais cuja relevância está associada à sua aplicação em produtos e processos de alta tecnologia, fundamentais para a inovação e competitividade industrial. Por fim, o terceiro grupo inclui minerais nos quais o Brasil detém vantagens comparativas significativas, essenciais para a exportação, capazes de assim contribuir para a estabilidade e o crescimento econômico nacionais.

No tocante à oferta mundial de produtos refinados, especialmente minerais como terras raras, lítio e grafite, a China é a grande líder, com elevada concentração no refino desses produtos. Segundo a Agência de Informação de Energia dos EUA (EIA), com base nos projetos existentes, essa concentração deverá se manter predominante para a maioria desses minerais ao longo de toda a próxima década. Esse cenário representa riscos significativos para a segurança do abastecimento global, uma vez que eventuais interrupções na produção de um fornecedor importante podem provocar efeitos severos nos mercados mundiais.

No setor de terras raras, o domínio da China está consolidado há algumas décadas. Os chineses controlam cerca de 70% da mineração, 90% do processamento e 93% da fabricação de ímãs, em larga medida resultados de estratégias estatais, aquisições e políticas que dificultam a competição internacional.

Um episódio ilustrativo da vulnerabilidade dos mercados internacionais ocorreu em 2010, quando a China restringiu suas exportações de terras raras, produzindo uma alta de até 10 vezes do preço desses minerais. Adicionalmente, o país já fez uso de cotas de exportação e outras políticas voltadas para manter baixos os preços e dificultar o surgimento de novos produtores, afastando assim a entrada de novas fontes no mercado global.

No momento, grandes economias como os Estados Unidos e União Europeia estão ativamente empenhadas em diversificar suas fontes de minerais críticos. Os Estados Unidos têm buscado acordos e parcerias comerciais com outros países, como o Brasil, que detém grandes reservas minerais, embora ainda enfrente desafios em tecnologia e processamento.

A União Europeia, por sua vez, também tem desenvolvido políticas para garantir o fornecimento seguro e sustentável desses minerais. Em 2023, a Comissão Europeia adotou a versão final da Lei de Matérias-Primas Críticas (CRMA). O regulamento estabelece, por exemplo, que pelo menos 25% do consumo anual da UE de reciclagem e no máximo 65% do consumo de cada matéria-prima estratégica provenha de um único terceiro país.

Economias com grandes reservas de minerais críticos também estão adotando políticas de estímulo à produção. No Canadá, a estratégia lançada no *Critical Minerals Strategy* (2022) busca acelerar o licenciamento ambiental e fortalecer o mapeamento geológico para atrair investimentos em exploração e

processamento de minerais críticos. Além disso, prioriza sustentabilidade, segurança energética e redução da dependência de fornecedores estrangeiros. Essa estratégia inclui a construção de um novo centro de processamento de minerais críticos em Saskatchewan, projetado para processar minerais essenciais para tecnologias verdes, aeroespacial e de defesa.

No Brasil, existem diversas iniciativas em curso. O Projeto de Lei 2780/24, do deputado José Silva, em tramitação na Câmara dos Deputados, pode ser um importante marco para destravar investimentos no setor. O PL propõe uma política para fomentar a pesquisa, a lavra e a transformação de minerais críticos e estratégicos e prevê ainda incentivos fiscais e a criação de políticas específicas para cada mineral. Propõe também a instituição do Comitê de Minerais Críticos e Estratégicos (CMCE), vinculado ao Conselho Nacional de Política Mineral, destinado à formulação de diretrizes com vistas ao desenvolvimento do setor mineral brasileiro.

Em paralelo, o Ministério de Minas e Energia (MME) está formulando a proposta de Minerais para Energia Limpa (MEL), também com medidas para estimular o setor, fortalecer o conhecimento geológico e promover investimentos em cadeias produtivas de minerais.

O MME está em fase final do desenvolvimento do Plano Nacional de Mineração 2050. O plano inclui uma série de estudos liderados pelo Serviço Geológico Brasileiro (SGB/CPRM), Fundação Gorceix, Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA), Deloitte e consultores independentes, e avalia profundamente a situação do setor, os principais gargalos, e estabelece diretrizes para as políticas que irão contribuir para o desenvolvimento sustentável do segmento no País.

Os governos estaduais estão igualmente mobilizados, demonstrando que a ambição em aproveitar a oportunidade no mercado de mineração está presente em todas as esferas.

Em Minas Gerais, o governo lançou um “Guia de Minerais Estratégicos” para orientar investidores e fomentar o desenvolvimento do setor mineral. Está também em fase de finalização o Plano Estadual de Mineração, com o objetivo de tornar o setor mineral do estado mais competitivo, produtivo e sustentável a médio e longo prazo.

O Estado de Goiás também está trabalhando para impulsionar o setor. O governo do estado está elaborando o Plano Estadual de Recursos Minerais (PERM-GO), que visa ordenar o desenvolvimento sustentável do setor mineral estratégico. O governo também criou a lei que institui a Autoridade Estadual de Minerais Críticos do Estado. O órgão será responsável pela elaboração de políticas públicas relacionadas à pesquisa, exploração, refino, industrialização, transporte e comercialização dos minerais críticos existentes em Goiás.

Outros estados com potencial mineral expressivo, como o Amazonas, Bahia, Ceará, Pará e Rio Grande do Norte também possuem iniciativas regionais, como fomento ao mapeamento geológico e P&D, e promoção de eventos para atração de investimentos.



3. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O Brasil encontra-se mais uma vez diante de um cenário de mineração com muitas oportunidades. Válido ressaltar que sem a diversificação na produção de minerais, o mundo poderá enfrentar dificuldades no crescimento de setores essenciais como energia e novas tecnologias. O Brasil detém diversas vantagens competitivas na produção desses minerais, dos quais incluem: concentração de grandes reservas, histórico relevante em mineração, expertise em extração mineral, além de uma matriz energética sustentável. No mercado internacional, o país está bem posicionado para contribuir com a diversificação da oferta, diminuindo os riscos de suprimento para alguns países e, abrindo espaço para novas rotas e fluxos comerciais com parceiros distintos.

No entanto, ainda será preciso enfrentar desafios, tanto em relação à agilidade para destravar projetos de mineração, quanto, e talvez principalmente, para avançar na cadeia de produção. Para esse segmento serão necessários novos investimentos, inclusive em infraestrutura, celeridade nos licenciamentos ambientais, desenvolvimento de tecnologias de ponta, além de avanços geológicos.

O Brasil encontra-se mais uma vez diante de um **cenário de mineração com muitas oportunidades**.

Para o pleno desenvolvimento desse mercado é importante que o país tenha recursos governamentais dedicados para Pesquisa & Desenvolvimento (P&D), medidas que facilitem o processo de licenciamento ambiental (a nova Lei nº 15.190/2025 é um avanço, mas ainda existe espaço para melhorarias) e que as políticas e planos em discussão sejam efetivamente implementados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ministério de Minas e Energia. “Estudos Preparatórios para o Plano Nacional de Mineração 2050. Caderno I- Conhecimento Geológico. Parte 1”. https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/pnm-2050/estudos/caderno-1-conhecimento-geologico/1_Caderno_Conhecimento_Geologico_parte_01.pdf

Empresa de Pesquisa Energética (EPE): “Caderno Minerais críticos e estratégicos para transição energética, 2025”. https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-877/Caderno_Minerais_Final.pdf

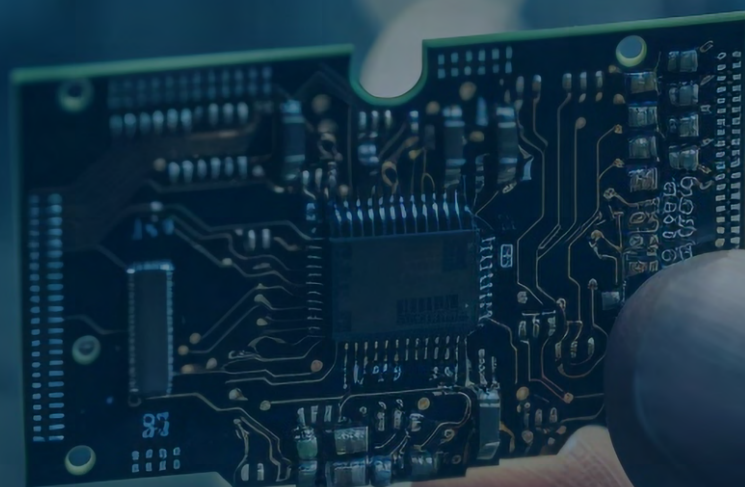
Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos (CTAPME) - Resolução nº 2/2021 <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-avanca-na-implementacao-da-politica-pro-minerais-estrategicos/Resoluon02SGM.pdf>

Minerais críticos do futuro e o papel estratégico do Brasil na transição para uma economia de baixo carbono. [Deloitte-minerais-criticos-2025.pdf](#)

Instituto Igarapé. “Minerais Críticos e Estratégicos do Brasil em um Mundo de Transformação”. Nicholas Pope e Peter Smith. Outubro 2023. <https://igarape.org.br/wp-content/uploads/2023/10/Minerais-Criticos-e-Estrategicos.pdf>

Projeto de Lei 2780/24, do deputado José Silva. https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1893531

MINAS GERAIS - BRAZIL - THE GLOBAL HUB FOR CRITICAL MINERALS VALUE CHAIN. <https://investminas.mg.gov.br/download/minas-gerais-brazil-a-strategic-materials-hub-for-the-world/>



Artigo 2

O POTENCIAL BRASILEIRO NOS MERCADOS E GRAFITA E TERRAS RARAS

Autora: Cíntia Peña¹; Emilly Farias²; Iasmin Monteiro³; Leonardo Fagundes⁴ e Matheus Ché⁵

A grafita e as terras raras desempenham papel estratégico na transição energética, por serem considerados insumos críticos para tecnologias de baixa emissão de carbono, especialmente em setores que apresentam rápida expansão de demanda. A grafita, responsável por mais de 90% do material do ânodo em baterias de íon-lítio, é crítica para veículos elétricos e sistemas de armazenamento de energia. Já os elementos de terras raras — notadamente aqueles empregados em ímãs permanentes (como NdFeB), capazes de manter campo magnético sem suprimento elétrico — são componentes essenciais para motores de veículos elétricos, turbinas eólicas e diversas aplicações eletrônicas e industriais.

A “criticidade” desses minerais para o mercado global decorre do choque entre demanda acelerada e gargalos de oferta ao longo da cadeia, cuja as etapas de processamento e refino permanecem concentradas, sobretudo na China, o que expõe o mercado a riscos de preço e de abastecimento. No caso específico das terras raras magnéticas, a *International Energy Agency (IEA)* projeta déficits persistentes a partir de 2030 com baixa perspectiva de uma

-
1. Cíntia Raquel Peña, mestranda no PPGA/UFRGS, pesquisadora no NITEC/UFRGS e participante da 6ª edição no Jovens de Energia da EnergyC.
 2. Emilly Farias, advogada, pós-graduada pela PUC/MG e IPOG, coordenadora do departamento jurídico de distribuidora de energia e participante da 6ª edição no Jovens de Energia da EnergyC.
 3. Iasmin Monteiro, graduanda pela UFPB em engenharia de energias renováveis, analista de dados e participante da 6ª edição no Jovens de Energia da EnergyC.
 4. Leonardo Fagundes, pós-graduado pelo Insper, analista de Business Intelligence e regulatório na Fluxys Brasil e participante da 6ª edição no Jovens de Energia da EnergyC.
 5. Matheus Ché, pós-graduado pela Conquer, empresário em consultoria de inteligência artificial na IGNIX e participante da 6ª edição no Jovens de Energia da EnergyC.

Disclaimer: Este artigo expressa as opiniões dos autores, não apresentando necessariamente a opinião institucional da FGV.

nova onda de investimentos no midstream, devido ao potencial aumento dos preços e elevada concentração de mercado.

O Brasil, por sua vez, desponta como ator relevante para mitigar esses riscos. O país detém cerca de 25% das reservas globais de grafita e 23% das reservas mundiais de terras raras, ocupando a segunda posição dentre os maiores países em volumes de reservas, considerando ambos os minerais. Devido a diversidade geológica nacional, base elétrica majoritariamente limpa e um mercado doméstico em expansão para mobilidade elétrica e armazenamento, o país tem condições de evoluir do papel de provedor de recursos para fornecedor de insumos processados, ampliando segurança de suprimento e agregando valor as cadeias de baterias e de ímãs permanentes.

Tendo em vista o potencial brasileiro no mercado de grafita e terras raras, o presente artigo busca estabelecer um panorama da cadeia de valor desses minerais, que leve em consideração as reservas, extração, refino e balanço oferta-demanda. Por fim, foi realizada uma comparação do atual contexto regulatório nacional face a outros importantes atores do mercado global de minerais, que tenham impactos diretos ou não na aplicação e andamento das políticas públicas nacionais.

1. PANORAMA DAS CADEIAS DE VALOR

1.1. Caracterização da grafita

A grafita é uma das formas cristalinas mais estáveis do carbono encontradas na natureza. Trata-se de um mineral composto por átomos de carbono organizados em camadas paralelas, estando conectados por ligações covalentes dentro dos planos basais. Entre essas camadas, contudo, atuam apenas forças fracas do tipo van der Waals, o que permite que os planos deslizem facilmente uns sobre os outros (Sampaio, Braga, & Dutra, 2005). Esse arranjo confere à grafita um conjunto de propriedades que a torna reconhecida por sua capacidade de conduzir eletricidade e calor, além de funcionar como um lubrificante sólido natural.

A grafita natural pode se apresentar sob três formas principais, cada uma associada a diferentes contextos geológicos e com características particulares. A primeira delas é a chamada grafita floco (flake), que ocorre disseminada em rochas metamórficas, especialmente em gnaisses e xistos grafitosos. É amplamente valorizada por apresentar cristais bem definidos, com estrutura lamelar que favorece suas aplicações industriais (Taylor, 2006). A segunda forma, conhecida como grafita amorfa, apresenta-se sob a forma de partículas muito finas, quase pulverulentas. Essa variedade é originada da metamorfose de rochas ricas em carbono, como o carvão betuminoso, sendo comum em ambientes de baixo a médio grau metamórfico. Já a terceira forma, denominada grafita veicular (lump ou vein), ocorre de maneira mais rara e localizada, em veios hidrotermais que atravessam rochas hospedeiras. Essa variedade, por sua vez, é reconhecida por sua alta pureza e grau de cristalinidade elevado, o que a torna particularmente desejável em aplicações tecnológicas mais sofisticadas (Lu & Forssberg, 2002).

Em relação à sua gênese, observa-se que a origem metamórfica da grafita é a mais comum nos depósitos conhecidos mundialmente. De modo geral, essa formação decorre da transformação de materiais precursores ricos em carbono, como matéria orgânica sedimentar ou carvão, submetidos a altas pressões e temperaturas típicas do metamorfismo regional (Sampaio, Braga, & Dutra, 2005). Sob essas condições, o carbono sofre uma reorganização estrutural que resulta na formação da grafita cristalina. Além disso, embora de forma menos frequente, o mineral também pode se originar por precipitação a partir de fluidos hidrotermais supersaturados em carbono, especialmente em contextos de veios minerais. Em ambos os casos, a estrutura geológica do terreno, bem como a composição química do material precursor, são fatores determinantes para a qualidade e o tipo de grafita formada.

1.2. Caracterização das terras raras

As Terras Raras (ETRs, na sigla em inglês) são um grupo composto por 17 elementos químicos da tabela periódica: os 15 lantanídeos, além do escândio e do ítrio. Esses elementos apresentam propriedades químicas semelhantes, o que contribui para sua classificação em conjunto, ainda que estejam geologicamente dispersos na crosta terrestre. Os minerais mais comuns que

contêm ETRs são a monazita (fosfato), a bastnasita (carbonato) e a xenotima (fosfato de ítrio), cuja presença depende de formações geológicas específicas. Esses minerais costumam ser encontrados em depósitos hospedados em carbonatitos, rochas alcalinas e areias de praias, geralmente associados a ambientes ígneos ou metamórficos.

Ainda assim, um dos principais desafios na exploração das ETRs reside na sua associação com elementos como tório e urânio, que apresentam radioatividade natural. Em função disso, o aproveitamento dessas reservas exige cuidados adicionais do ponto de vista ambiental e normativo, o que eleva a complexidade técnica e regulatória das atividades de prospecção e lavra.

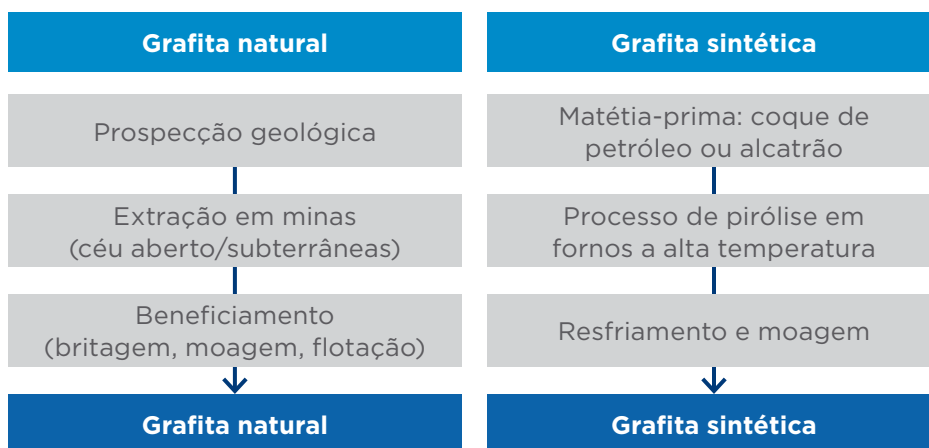
1.3. Particularidades da extração e refino da grafita

A extração de grafita depende diretamente do tipo de ocorrência do mineral. A grafita floco, por exemplo, é lavrada a céu aberto, exigindo, ainda, posterior flotação para separar o mineral do material de ganga. A grafita amorfa, por sua vez, requer menos etapas de beneficiamento e costuma ser extraída por meio de técnicas convencionais, o que reduz sua complexidade operacional. Já a grafita veicular, por ocorrer em veios, demanda, em geral, uma extração manual ou, em alguns casos, lavra subterrânea, o que implica maiores desafios técnicos e operacionais (Xianjun & Forssberg, 2001).

Além disso, o processo de refino está intrinsecamente ligado ao uso final da grafita. Para aplicações em baterias de íon-lítio, por exemplo, é necessário alcançar pureza superior a 99,95%, o que exige tratamentos térmicos e/ou químicos, muitas vezes com o uso de ácido fluorídrico ou clorídrico (Westwater Resources, 2021). Em suma, o grau de exigência tecnológica varia de acordo com a finalidade do material (U.S. Geological Survey, 2025).

Por fim, vale destacar que há uma competição entre as cadeias produtivas de grafita natural e sintética. Enquanto a natural é extraída diretamente da natureza, a sintética é obtida industrialmente por meio da pirólise de coque de petróleo ou de alcatrão, o que adiciona uma camada de complexidade ao cenário produtivo global.

Figura 1 Infográfico das Características da Grafita



Fonte: Elaboração própria.

1.4. Particularidades da extração e refino das terras raras

A cadeia de extração das Terras Raras é notoriamente complexa, envolvendo diversas etapas interdependentes. Inicialmente, a mineração pode ocorrer tanto a céu aberto quanto em ambientes subterrâneos, a depender das características geológicas do depósito. Em seguida, são aplicadas técnicas de beneficiamento físico, como britagem, moagem, separação magnética e flotação, com o objetivo de concentrar os minerais portadores das ETRs.

Ainda assim, o maior desafio reside nas etapas subsequentes de refino químico. Como esses elementos possuem propriedades físico-químicas muito semelhantes entre si, a separação individual requer processos sofisticados, como extração por solventes, cromatografia de troca iônica e precipitação seletiva. Além disso, os resíduos gerados durante esse processo demandam atenção especial: muitos depósitos apresentam tório e urânio como elementos associados, o que implica cuidados com a radioatividade e com o descarte ambientalmente seguro dos rejeitos.

Em suma, a extração e o refino das ETRs exigem não apenas tecnologia avançada, mas também uma gestão criteriosa de riscos ambientais e de saúde humana, o que torna essa cadeia produtiva altamente sensível a regulações ambientais e sociais.

A extração e o refino das ETRs exigem não apenas tecnologia avançada, mas também **uma gestão criteriosa de riscos ambientais e de saúde humana**, o que torna essa cadeia produtiva altamente sensível a regulações ambientais e sociais.

1.5. Uso final da grafita

A grafita é um mineral versátil, empregado em uma ampla gama de aplicações, que incluem desde seu uso tradicional quanto emergentes. Historicamente, destaca-se na produção de refratários para siderurgia, lubrificantes secos, pincéis de motores elétricos, pilhas, lápis e materiais compósitos. Ademais, sua capacidade de conduzir eletricidade e resistir ao calor, a tornam um insumo indispensável em diferentes processos industriais.

Contudo, é no campo das tecnologias de energia que a grafita vem ganhando crescente relevância. A aplicação em maior expansão é no ânodo de baterias de íon-lítio, onde a grafita é responsável por cerca de 95% do material do eletrodo (Bonnissel, Luo, & Tondeur, 2001). Esse crescimento está diretamente ligado à expansão global dos veículos elétricos e dos sistemas de armazenamento de energia, setores que demandam cada vez mais grafita de alta pureza (Westwater Resources, 2021).

Além disso, o mineral também é empregado como condutor térmico e elétrico, em materiais resistentes à corrosão e, mais recentemente, na produção de grafeno, um derivado da grafita que se destaca pela sua utilização em eletrônica avançada, sensores e outras tecnologias de ponta.

Em suma, a grafita, antes associada apenas a aplicações convencionais, consolidou-se como um insumo estratégico para a transição energética, sobretudo por sua aplicação nos ânodos de baterias de íon-lítio, que representam mais de 90% da demanda atual do mineral (USGS, 2024). Além disso, suas propriedades de elevada condutividade elétrica, estabilidade térmica e abundância relativa reforçam sua competitividade frente a outros materiais, tornando-a essencial em tecnologias de baixo carbono. O avanço dos veículos elétricos, a expansão das energias renováveis e a crescente necessidade de sistemas eficientes de armazenamento posicionam a grafita como recurso crítico tanto para a inovação tecnológica quanto para o cumprimento dos compromissos globais de descarbonização, configurando-a como peça-chave na transformação das cadeias produtivas em direção a um modelo mais sustentável.

1.6. Uso final das terras raras

As Terras Raras são insumos estratégicos para uma série de tecnologias de ponta que impulsionam a inovação global. Entre os principais usos desses elementos, destacam-se os ímãs permanentes de neodímio-ferro-boro (NdFeB), que possuem aplicações em turbinas eólicas, motores de carros elétricos e diversos dispositivos eletrônicos. Além disso, os catalisadores automotivos e industriais, que utilizam principalmente cério e lantânio, são essenciais para reduzir emissões poluentes e melhorar a eficiência energética.

Ainda, os fósforos empregados em telas de LED e monitores dependem de elementos como európio, térbio e ítrio, garantindo cores vibrantes e alta qualidade de imagem. Outros usos das Terras Raras incluem a fabricação de polidores ópticos, baterias de hidreto metálico e componentes estratégicos para a Indústria de defesa, reforçando sua relevância em setores estratégicos de diferentes nações.

Nesse contexto, o aumento acelerado da demanda global por fontes de energia limpa e pela digitalização da economia tem exercido forte pressão sobre a cadeia produtiva das Terras Raras. Em função disso, esses elementos ganha-

ram elevada importância geopolítica e econômica, tornando-se importantes aliados da transição energética e do uso de tecnologias de baixo carbono no século XXI.

2. MERCADOS GLOBAIS

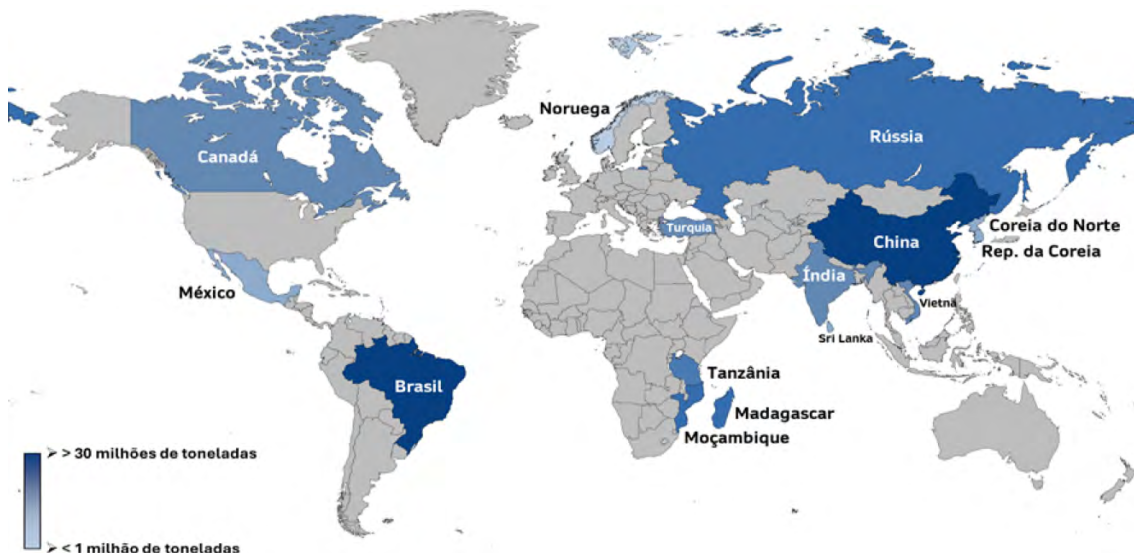
2.1. Reservas de grafita no mundo

Nessa seção, os dados sobre reservas apresentados consideram a definição adotada pelo *U.S. Geological Survey* (USGS), segundo a qual “reservas” correspondem à parte de um recurso identificado que pode ser economicamente extraído no momento da avaliação. Essa classificação inclui apenas materiais recuperáveis, com base em critérios técnicos e econômicos atuais, desconsiderando depósitos ainda especulativos ou hipotéticos. Portanto, os números indicados para cada país refletem volumes conhecidos, com qualidade e quantidade estimadas a partir de evidências geológicas concretas, e que atendem aos requisitos mínimos de viabilidade técnica e econômica para a extração.

O mapa e o gráfico abaixo apresentam a distribuição das reservas mundiais de grafita, revelando uma forte concentração geográfica desse recurso estratégico em poucos atores, cujas reservas totalizaram 290 milhões de toneladas, em 2024 (U.S. Geological Survey, *Mineral Commodity Summaries* 2025). O relatório *Mineral Commodity Summaries* aponta que a China lidera em volume de reservas, com 81 milhões de toneladas, o que corresponde a 28% das reservas globais, seguida pelo Brasil, com 74 milhões de toneladas (25%). Juntos, os dois países concentram mais da metade das reservas conhecidas (53%), como pode ser observado a partir da curva de participação acumulada.

Madagascar, Moçambique e Tanzânia também se destacam, consolidando a relevância da África no mercado global da grafita. Juntos, os três países africanos somam 70 milhões de toneladas, o que representa 25% das reservas globais. A partir disso, observa-se uma acentuada redução nas quantidades por país, com participações percentuais modestas.

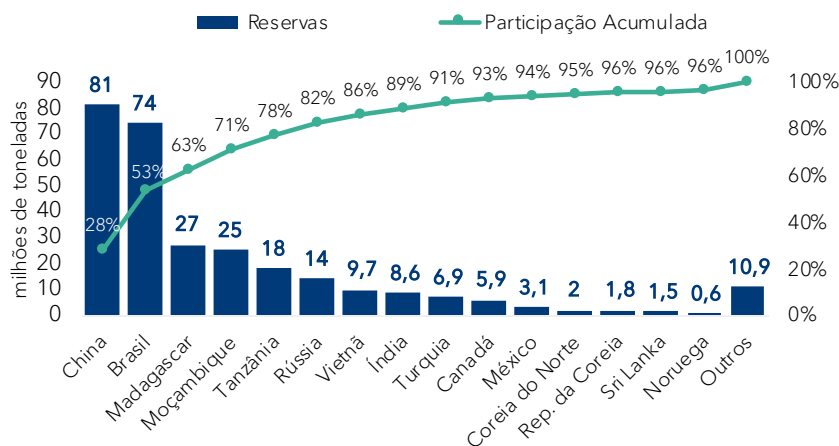
Figura 2 Distribuição das Reservas de Grafita no mundo



Fonte: Elaboração própria com dados do "U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries 2025"

Quando analisada a curva da distribuição das reservas globais de grafita, destaca-se uma concentração geográfica, onde os dez maiores países detentores concentram aproximadamente 91% das reservas globais. Esse contexto sugere que a segurança do suprimento do mineral está condicionada à estabilidade político-institucional e à manutenção de acordos comerciais nessas regiões-chave.

Gráfico 1 Distribuição das Reservas de Grafita no Mundo



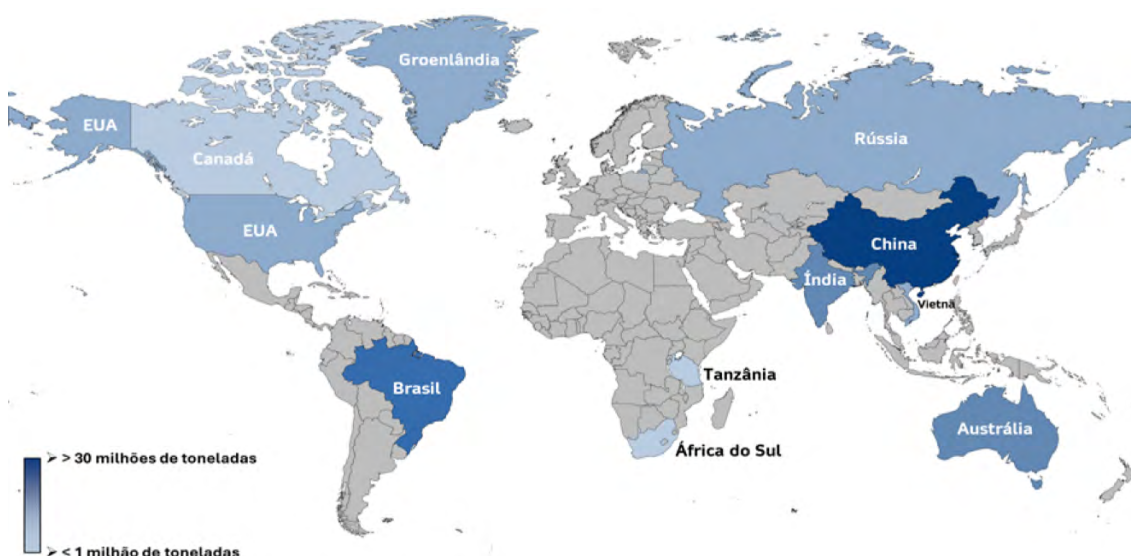
Fonte: Elaboração própria com dados do "U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries 2025"

Outro ponto relevante é que, entre os dez maiores detentores de reservas de grafita, apenas Canadá e China não se enquadram no grupo de países em desenvolvimento. Ou seja, há uma concentração significativa desse recurso justamente em nações que enfrentam desafios relacionados à infraestrutura, à atração de investimentos e à entrada de capital estrangeiro em projetos, além da formulação de políticas industriais consistentes. Esse contexto destaca a necessidade de fortalecer a governança desses recursos e desenvolver estratégias que contribuam para o amadurecimento do mercado de grafita nacional, sendo capaz de posicionar esses países como principais players no que tange às cadeias globais de valor.

2.2. Reservas de terras raras no mundo

No que tange às reservas globais de terras raras, essas acumularam mais de 90 milhões de toneladas em 2024, segundo o USGS. Assim como no mercado da grafita, a China detém destaque, com 44 milhões de toneladas em reservas, o equivalente a 49% das reservas conhecidas. O Brasil surge como o segundo maior detentor, com 21 milhões de toneladas (23%), que quando somado com as reservas da China, pode atingir cerca de 72% das reservas mundiais de terras raras.

Figura 3 Distribuição das Reservas de Terras Raras no Mundo



Fonte: Elaboração Própria com dados do "U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries 2025"

Para o Brasil, a elevada concentração de reservas de terras raras representa uma **oportunidade estratégica para o país** se consolidar como um **ator estratégico em um mercado considerado crítico** para a transição energética e para a indústria de alta tecnologia.

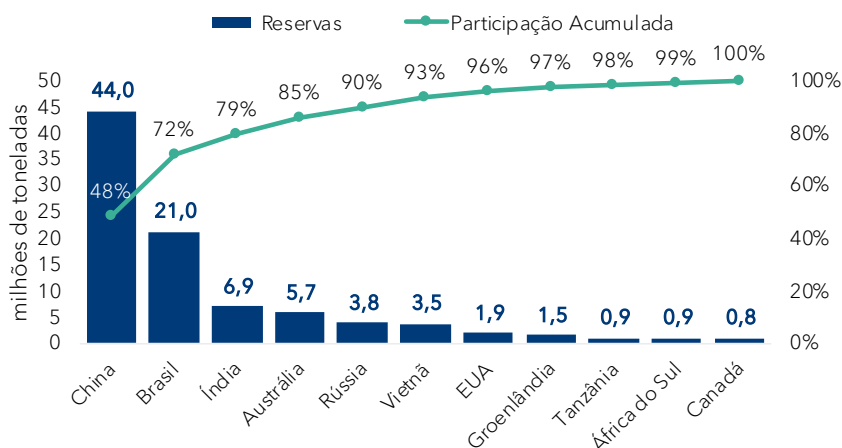
Em sequência, a Índia, Austrália e Rússia aparecem com volumes significativamente menores, reforçando a centralização do recurso nas duas primeiras posições. A partir do sexto colocado, as reservas do país caem para menos de 4 milhões de toneladas, com participações modestas que, mesmo somadas, pouco alteram a curva de participação acumulada.

A curva de participação acumulada mostra que os cinco primeiros países concentram 90% das reservas globais de terras raras. Essa configuração impõe desafios à segurança de suprimento desses minerais e à geopolítica energética. Em um caso concreto, em 2010, após o incidente diplomático nas Ilhas Senkaku/Diaoyu, a China suspendeu de fato o envio de terras raras ao Japão por semanas⁶, provocando saltos abruptos de preços, paralisações pontuais e uma corrida por estoques, reciclagem e diversificação de fornecedores. O episódio evidenciou como a concentração da oferta pode ser usada como instrumento geopolítico, bem como a importância da promoção da segurança de suprimento em uma economia global altamente dependente desses insumos.

Para o Brasil, a elevada concentração de reservas de terras raras representa uma oportunidade estratégica para o país se consolidar como um ator estratégico em um mercado considerado crítico para a transição energética e para a indústria de alta tecnologia.

6. SILVA, Livia do Amaral e; ARRAES, Virgilio. Elementos de terras raras como instrumento de Smart Power da China. **Estudos Internacionais**, Belo Horizonte, v. 4, n. 2, p. 159-179, jul./dez. 2016. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/estudosinternacionais/article/view/11809>. Acesso em: 5 ago. 2025.

Gráfico 2 Distribuição das Reservas de Terras Raras no Mundo



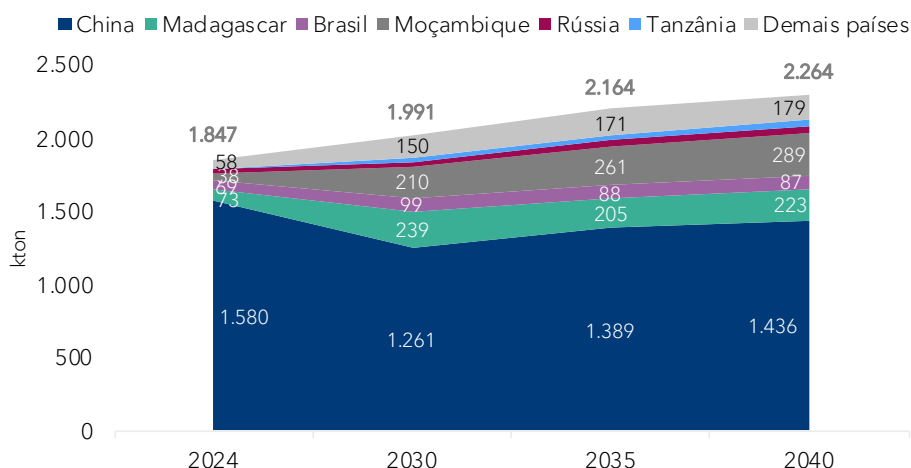
Fonte: Elaboração Própria com dados do "U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries 2025"

2.3. Extração da grafita no mundo

Em termos de extração da grafita natural, é importante considerar as projeções de suprimento futuro com base na capacidade produtiva existente e em projetos anunciados. A extração abrange todas as formas de grafita natural, e as projeções de oferta são construídas com base em dados de projetos em operação e no pipeline de empreendimentos anunciados de mineração no país. O cenário de referência utilizado pela IEA em sua publicação *Critical Minerals Outlook 2025* leva em conta a probabilidade de entrada em operação desses projetos, com base em fatores como financiamento, licenciamento e a realização de estudos de viabilidade técnica e econômica.

O gráfico abaixo apresenta a extração esperada de grafita natural no cenário-base até 2040, refletindo tanto projetos em operação quanto novos empreendimentos com viabilidade moderada a alta. Observa-se uma perspectiva de expansão gradual da produção global, passando de aproximadamente 1.850 mil toneladas em 2024 para mais de 2.260 mil toneladas em 2040, um aumento de cerca de 22% em um período de 15 anos.

Gráfico 3 Projeção da extração de grafita natural



Fonte: Elaboração própria com dados do "International Energy Agency (IEA) Critical Minerals Outlook 2025"

Nesse cenário, embora a China mantenha sua liderança ao longo de todo o período, com uma participação superior a 60% da produção total, perde uma fatia de mercado em relação a outros países, sinalizando uma possível, embora não tão expressiva, diversificação geográfica da oferta de grafita. Em 2024, a China foi responsável por 86% da extração global projetada, mas essa fatia pode recuar para 63% em 2040, devido, principalmente, pela entrada de novos projetos em países africanos, como Moçambique e Madagascar.

O Brasil, por sua vez, apresenta um leve crescimento no volume de grafita natural extraída nesse cenário, com perspectiva de ampliar sua produção de 69 mil toneladas em 2024 para 87 mil toneladas em 2040, mantendo uma estabilidade na sua parcela de participação na extração global (4%). Já Moçambique desponta como um dos principais novos players, com aumento expressivo de produção, saindo de 38 mil toneladas em 2024 (2%) para 289 mil toneladas em 2040 (13%). Nesse cenário, a produção combinada de Moçambique e Madagascar passa de 7% para 23% do total global no período analisado, refletindo o fortalecimento de projetos na África e a consolidação da região como estratégica para o suprimento de grafita.

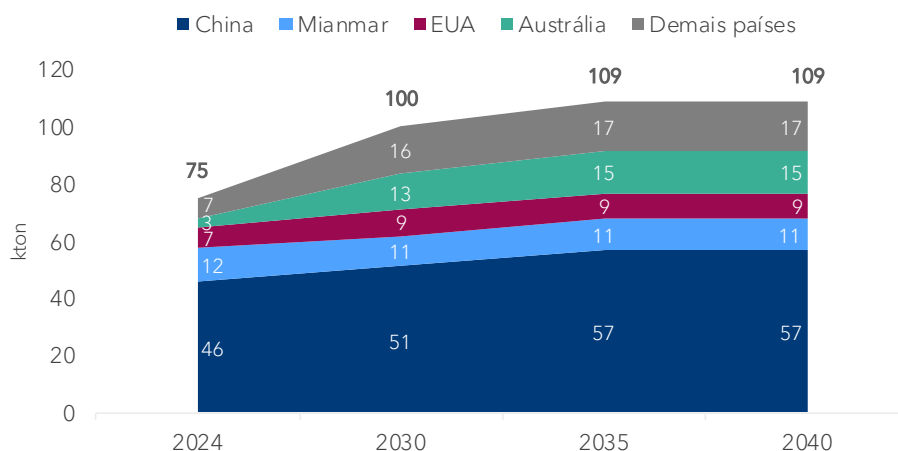
O crescimento dos demais países, categoria que inclui vários projetos fora do grupo de maiores produtores, também é relevante, passando de 3% para 8% da produção global, o que pode indicar a entrada de novos produtores pautados pela busca de maior segurança do suprimento para suas cadeias industriais.

Nesse contexto, as projeções estipuladas pela IEA reforçam a importância e necessidade de políticas industriais e comerciais voltadas à diversificação da oferta global de minerais críticos. Apesar da dominância chinesa, observa-se um movimento gradual rumo à multipolaridade no mercado de grafita natural, ainda que dependente da viabilidade e concretização dos projetos atualmente em planejamento.

2.4. Extração de terras raras no mundo

No mercado de terras raras, são destacadas as projeções de suprimento de elementos magnéticos de terras raras, que abrangem praseodímio (Pr), neodímio (Nd), térbio (Tb) e disprósio (Dy). O gráfico abaixo mostra a extração esperada de elementos magnéticos de terras raras até 2040, com base em projetos existentes e anunciados, cujo o volume global de produção, segundo a IEA, pode crescer de 75 mil toneladas em 2024 para 109 mil toneladas em 2040⁷, o que representa um aumento de 45% no período analisado.

Gráfico 4 Projeção da extração de Terras Raras



Fonte: Elaboração própria com dados do “International Energy Agency (IEA) Critical Minerals Outlook 2025”

7. Os dados são expressos em conteúdo dos elementos de terras raras (REE), e não em equivalentes de óxidos (REO)

Nesse período, a China se mantém como principal produtora de terras raras, responsável por mais da metade da produção global. Em 2024, sua participação representou 61%, totalizando 46 mil toneladas, e, segundo a agência, pode se estabilizar em 57 mil toneladas, o que representaria 52%, entre 2035 e 2040. Apesar de uma leve redução no médio prazo, sua participação permanece elevada, refletindo sua alta concentração de mercado na cadeia global de terras raras.

Outros países apresentam ganhos marginais de participação. Mianmar, por exemplo, poderá manter uma produção constante de 11 mil toneladas (10% do mercado global) a partir de 2030. Os Estados Unidos também mantêm sua participação estável, passando de 9% em 2024 para 8% em 2040, mantendo a produção estável em 9 mil toneladas a partir de 2030. Na Oceania, a Austrália ganha destaque ao aumentar sua participação global de 4% (3 mil toneladas) em 2024 para 13% (15 mil toneladas) em 2040, sinalizando o fortalecimento de novos projetos e políticas de longo prazo no país. Se concretizadas, as projeções indicam uma possível alteração nas posições ocupadas por Mianmar e EUA, que poderão ser ultrapassadas, em volume de produção, pela Austrália. Esta, por sua vez, poderá se consolidar como o segundo maior país em extração mundial a partir de 2030, atrás apenas da China.

No que tange aos outros países produtores de terras raras, pode ser observado um aumento de 10% para 16% na sua participação conjunta da oferta global, demonstrando, portanto, um movimento de diversificação geográfica da produção. No entanto, esse avanço não é suficiente para alterar a configuração altamente concentrada do suprimento global de terras raras.

Para países com grandes reservas, como o Brasil, ainda não refletidas na projeção de oferta da IEA, o cenário indica uma oportunidade estratégica de transformar seu potencial geológico em capacidade produtiva, contribuindo para a diversificação e estabilidade do mercado global.

2.5. Refino da grafita no mundo

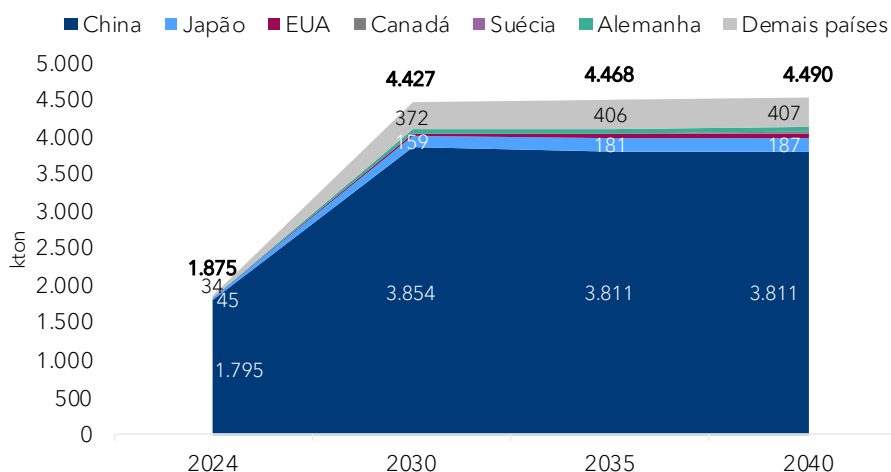
A “Grafita em grau bateria” designa o material pronto para uso em ânodos de baterias de íon-lítio. Trata-se do *midstream* da cadeia, que transforma o minério em um insumo com especificações eletrônicas e de pureza adequadas à indústria de baterias. Analisar “grau bateria” é, portanto, fundamental

para avaliar segurança de suprimento efetiva, pois a oferta desta etapa - e não apenas a extração do minério - é o principal gargalo industrial.

Os dados demonstrados a seguir também foram extraídos do *Global Critical Minerals Outlook 2025* da IEA, no cenário-base construído a partir do pipeline de projetos em operação e anunciados, ponderado pela probabilidade de entrada em operação. A IEA projeta que a oferta de grafita em grau bateria pode mais que dobrar entre 2024 e 2040, passando de 1.875 mil toneladas para 4.490 mil toneladas. A China permanece como polo dominante ao longo de todo o período, aumentando de 1.795 mil toneladas em 2024 (96% da oferta total) para 3.854 mil toneladas em 2030 (87% da oferta total) e, alcançando 3.811 mil toneladas em 2035-2040 (85% da oferta total). Ao mesmo tempo, observa-se alguma diversificação geográfica a partir de 2030, com a ampliação de capacidade do Japão de 34 mil toneladas (2,4% da oferta total) para 187 mil toneladas de grafita (4,2% da oferta total) até 2040.

Gráfico 5

Produção esperada de grafita em grau bateria



Fonte: Elaboração própria com dados do "International Energy Agency (IEA) Critical Minerals Outlook 2025"

Além disso, há a ampliação da participação de países que partem de base reduzida, mas constroem capacidade relevante até 2040, como é o caso dos Estados Unidos, que salta de mil toneladas para 52 mil toneladas, além da Alemanha de 0 para 52 mil toneladas, seguido do Canadá de 0 para 29 mil toneladas e da Suécia de 0 para 4 mil toneladas - todos representando percentuais individualmente reduzidos, se comparados ao volume total da oferta global. Ainda assim, a expectativa é que a participação da China na

oferta global de grafita em grau bateria em 2040 seja ainda 20 vezes maior que a do Japão, que ocupa a segunda posição, o que expressa sua forte concentração de mercado.

O contraste entre a localização das reservas de minerais estratégicos, concentradas em grande medida em países em desenvolvimento, e os polos de processamento em grau bateria, localizados majoritariamente em economias desenvolvidas e na China, evidencia um desequilíbrio estrutural na cadeia de valor. Para que países como Brasil, Moçambique e Madagascar consigam ascender no fornecimento de insumos de maior valor agregado, será necessário alinhar um conjunto de condições: ambiente regulatório e licenciamento eficiente; acesso à energia competitiva e de baixa emissão, fundamental para processos intensivos em consumo energético; domínio tecnológico das rotas de purificação; mecanismos de financiamento para CAPEX e garantias de *offtake*; além de infraestrutura logística e fornecimento confiável de insumos químicos. Na ausência dessa ponte entre o *upstream* e o *midstream*, a dependência de poucos centros processadores seguirá determinando preços, qualidade e disponibilidade desses minerais críticos para a transição energética.

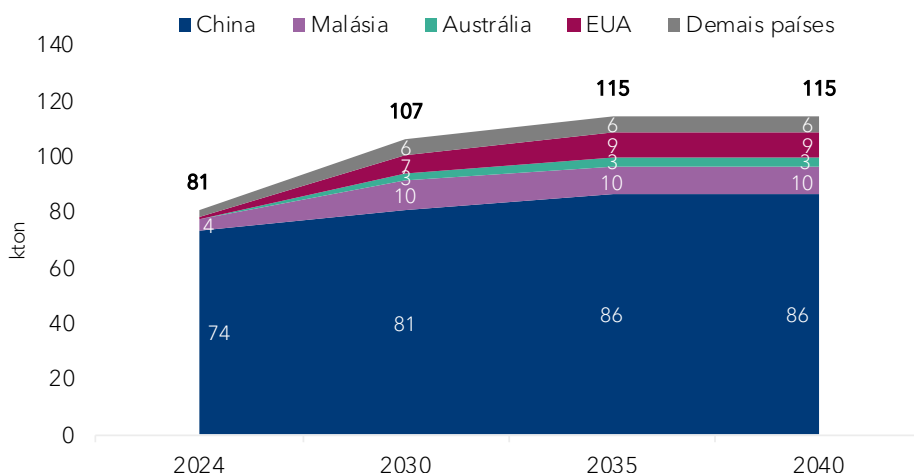
2.6. Refino de terras raras no mundo

O refino de elementos magnéticos de terras raras abrange o *midstream* da cadeia, que transforma o concentrado em insumo apto à fabricação de ímãs permanentes (NdFeB). Analisar o refino é crucial para a segurança de suprimento efetiva, porque o gargalo tecnológico da cadeia está justamente nessa etapa.

A IEA projeta que o refino de elementos magnéticos de terras raras poderá registrar um crescimento de 81 mil toneladas em 2024 para 115 mil toneladas em 2040 (um aumento esperado de 42%). A China permanece como polo dominante: 74 mil toneladas em 2024 (91% da oferta total) e 86 mil toneladas em 2040 (75% de participação na oferta global). Há, porém, uma diversificação moderada de 2024 a 2040, com a Malásia aumento o refino de 4 mil toneladas (4,9% da oferta total) para 10 mil toneladas (8,7% da oferta total) e os Estados Unidos, de mil toneladas (1,2% da oferta total) para 9 mil toneladas (7,8% da oferta total). Ademais, a Austrália, sem participação relevante em 2024, pode registrar um aumento do refino de 3 mil toneladas (2,6% da oferta total) até 2040, enquanto para os demais países a projeção da agên-

cia é um aumento de 2 mil toneladas (2,5% da oferta total) para 6 mil toneladas (5,2% da oferta total). Ainda assim, a participação dos três maiores produtores se mantém elevada e pouco alterada.

Gráfico 6 Refino esperado de elementos magnéticos de terras raras proveniente de projetos existentes e anunciados



Fonte: Elaboração própria com dados do “International Energy Agency (IEA) Critical Minerals Outlook 2025”

Apesar de deter a segunda maior reserva mundial, o Brasil não aparece entre os principais produtores projetados pela IEA para mineração e refino de terras raras. Essa assimetria pode indicar que o potencial geológico brasileiro atual ainda não se converteu em capacidade industrial, o que implica baixa captura de valor, dependência tecnológica, menor poder de barganha nas cadeias globais de ímãs permanentes e maior vulnerabilidade a pressões geopolíticas.

Episódios recentes, como as pressões comerciais perpetradas pelos Estados Unidos contribuíram para aumentar a preocupação nacional e internacional acerca da estabilidade do mercado global de minerais, sobretudo nos fluxos comerciais. Especificamente no caso do Brasil, a decisão do Governo Donald Trump, em julho de 2025, em impor 50% de tarifa sobre as exportações brasileiras (posteriormente atenuada, mas com impactos sobre o mercado de etanol, açúcar e alguns produtos agrícolas), culminou na vinculação dos minerais brasileiros ao pacote de restrições comerciais⁸. À época,

8. ESTADÃO CONTEÚDO. Questões a resolver com os EUA passam por etanol e terras raras, diz Simone Tebet. eixos, 29 jul. 2025. Disponível em: <<https://eixos.com.br/internacional/questoes-a-resolver-com-os-eua-pas-sam-por-etanol-e-terras-raras-diz-simone-tebet/>>. Acesso em: 1 set. 2025.

Washington levantou a possibilidade de acesso preferencial dos EUA às terras raras e outros minerais críticos brasileiros. Em resposta às pressões políticas e comerciais, o Governo Brasileiro tem pautado sua Política Externa na busca por maior diversificação de parceiros e cooperação internacional em energia e minerais (que incluem os países do BRICS)⁹, além de estabelecer a Frente Parlamentar das Terras Raras¹⁰ para fortalecer o controle nacional. Ainda assim, sem uma estratégia que conecte reservas a competências de *midstream*, o país tende a permanecer como fornecedor periférico de baixo valor agregado em um insumo central da transição energética.

2.7. Demanda global de grafita

Nos cenários propostos pelo *Global Critical Minerals Outlook 2025* da IEA, a trajetória da demanda varia conforme a ambição de políticas públicas. No Cenário de Políticas Declaradas (STEPS, na sigla em inglês), considera-se apenas o que já está implementado ou oficialmente regulamentado. Nele, a demanda cresce de forma firme, impulsionada principalmente por veículos elétricos, enquanto “outros usos” seguem relevantes e o armazenamento em baterias na rede tem uma participação reduzida¹¹.

No Cenário de Compromissos Anunciados (APS, em inglês), são consideradas as metas anunciadas por Governos e empresas, mas que ainda não foram plenamente colocadas em prática. Nesse cenário, a demanda se eleva em níveis acima do volume projetado no cenário de políticas declaradas, em razão da trajetória mais acelerada da adoção de veículos elétricos, seguido do aumento do consumo de grafita em sistemas de armazenamento em rede.

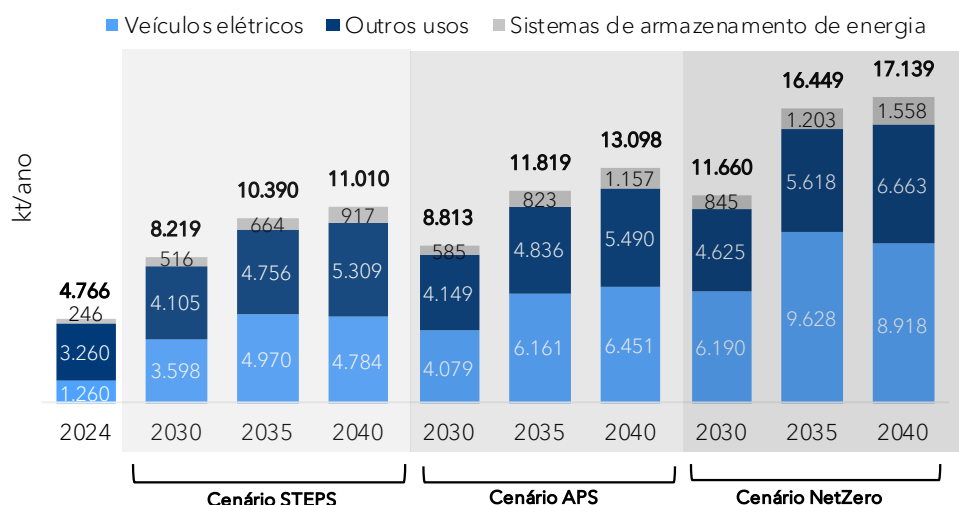
9. DE CASTRO, Moksha. Por telefone, Lula e Modi discutem tarifaço dos EUA e reforçam cooperação em energia. eixos, [S. l.], 7 ago. 2025. Disponível em: <<https://eixos.com.br/politica/por-telefone-lula-e-modi-discutem-tarifaco-dos-eua-e-reforcam-cooperacao-em-energia/>>. Acesso em: 1 set. 2025.

10. AGÊNCIA SENADO. Criada a Frente Parlamentar em Defesa das Terras Raras Brasileiras. eixos, [S. l.], 21 ago. 2025. Disponível em: <<https://eixos.com.br/politica/congresso/criada-a-frente-parlamentar-em-defesa-das-terras-raras-brasileiras/>>. Acesso em: 1 set. 2025.

11. Armazenamento em baterias na rede, refere-se a um Sistema de Armazenamento de Energia em Bateria (BESS, em inglês), que constituem baterias conectados à rede elétrica para armazenar energia durante períodos de baixa demanda e/ou em excesso de produção (IBERDROLA, disponível em: <<https://www.iberdrola.com/quem-somos/nossa-atividade/armazenamento-energia/bess>>).

Por sua vez, o Cenário de Emissões Zero Líquidas até 2050 (NetZero), demonstra uma forte pressão sobre a grafita, cuja eletrificação do transporte expande o consumo de ânodos e o uso em sistemas de armazenamento de energia cresce de forma mais acelerada.

Gráfico 7 Demanda Global por Grafita por tipo de uso



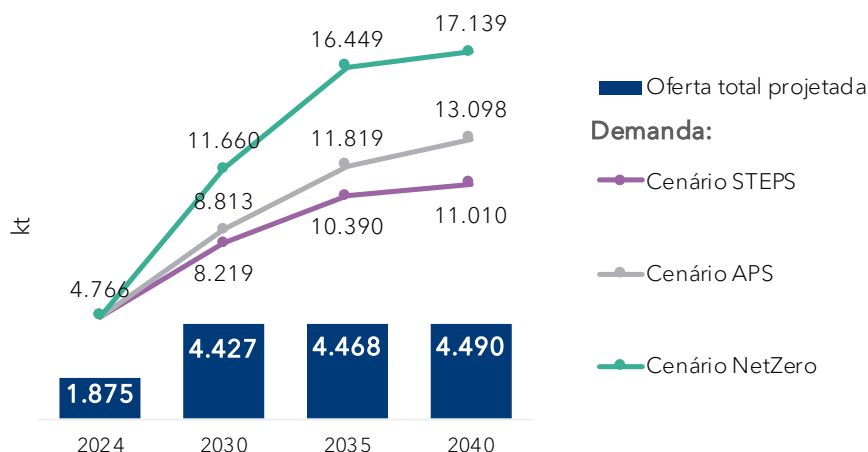
Fonte: Elaboração própria com dados do "International Energy Agency (IEA) Critical Minerals Outlook 2025"

Quando essa trajetória é confrontada com a oferta projetada de grafita em grau bateria, conclui-se que a capacidade de processamento cresce pouco após 2030, enquanto a demanda acelera em todos os cenários. O resultado é um déficit estrutural persistente, que se amplia conforme o cumprimento das metas climáticas se avoluma. No longo prazo, os gráficos indicam três frentes que podem apoiar o crescimento e desenvolvimento da demanda por grafita:

- I. Acelerar o midstream para transformar minério em insumo apto à bateria;
- II. Diversificar geografias de processamento para reduzir riscos de concentração; e
- III. Impulsionar inovação (eficiência material, reciclagem e rotas de menor pegada ambiental) para aliviar a pressão sobre a cadeia.

Sem esses movimentos, a transição energética tende a conviver com volatilidade de preços, riscos de abastecimento e maior custo sistêmico.

Gráfico 8 Oferta x Demanda Global por Grafita



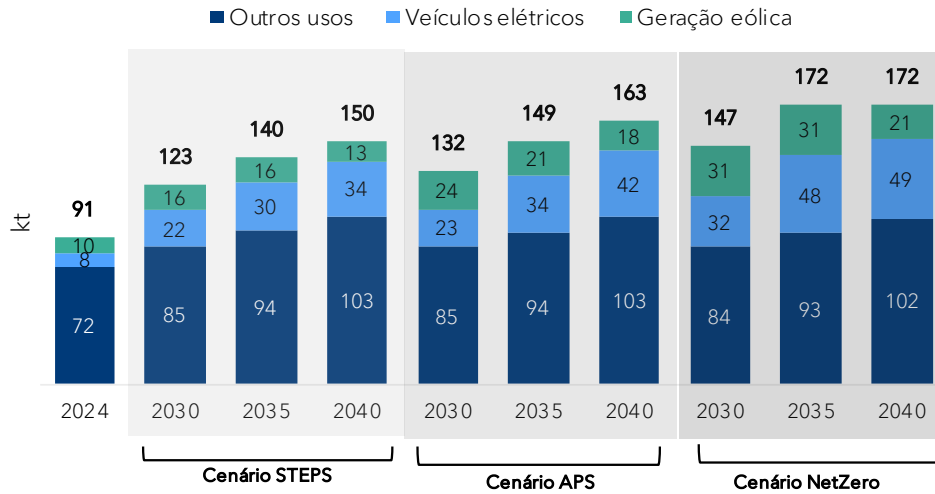
Fonte: Elaboração própria com dados do “International Energy Agency (IEA) Critical Minerals Outlook 2025”

2.8. Demanda global de terras raras

No mercado de terras raras, os dados da IEA também indicam um descompasso estrutural entre a oferta projetada (refino) e a demanda. A capacidade global sobe de 81 mil toneladas (2024) para 115 mil toneladas (2035) e estagna após esse período, ao passo que a demanda continua em alta em todos os cenários. Já em 2030 o mercado entra em déficit de 16 a 40 mil toneladas (a depender do cenário); em 2035, o hiato se amplia para 25 a 57 mil toneladas; e em 2040 permanece elevado, entre 35 a 57 mil toneladas. Ou seja, sem nova onda de investimentos e ganho de escala no *midstream*, o mercado de elementos magnéticos de terras raras tende a operar com escassez recorrente, pressionando preços, contratos e cronogramas industriais.

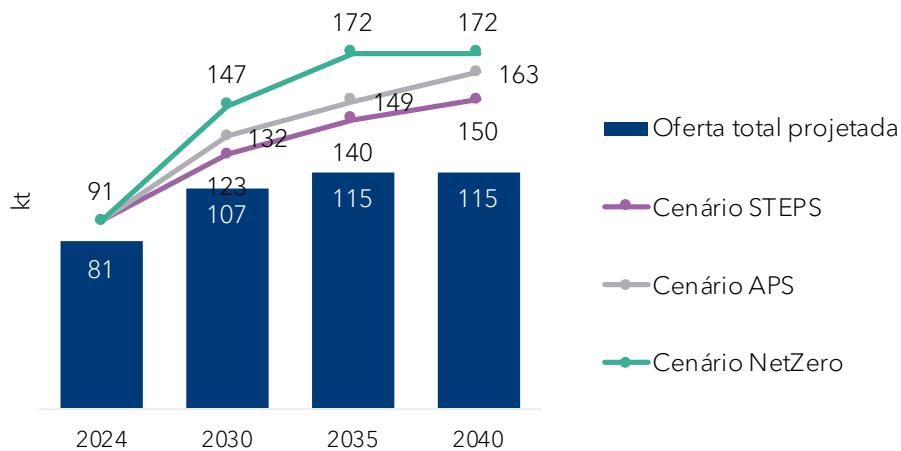
Face ao exposto, a composição da demanda ajuda a entender a pressão crescente nos próximos anos. Em todos os cenários, os “outros usos” mantêm uma base estável e volumosa, cujo crescimento é impulsionado pelos veículos elétricos, cujo consumo de ímãs permanentes aumenta de forma contínua até 2040 e ganha peso relativo à medida que a eletrificação avança. A geração eólica apresenta a aceleração mais intensa nos cenários de maior ambição climática, alcançando pico da demanda por volta de 2030-2035 e recuando levemente depois, coerente com ciclos de instalação e ganhos tecnológicos.

Gráfico 9 Demanda Global por Elementos Magnéticos de Terras Raras



Fonte: Elaboração própria com dados do "International Energy Agency (IEA) Critical Minerals Outlook 2025"

Gráfico 10 Oferta vs. Demanda Global por Elementos Magnéticos de Terras Raras



Fonte: Elaboração própria com dados do "International Energy Agency (IEA) Critical Minerals Outlook 2025"

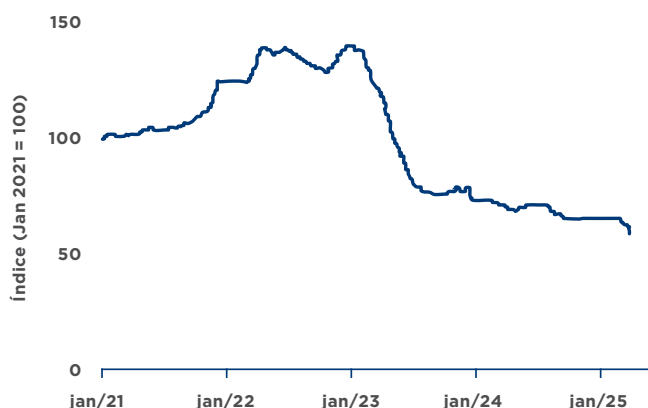
2.9. Dinâmica de preço de grafita

A evolução dos preços da grafita reflete tanto os fatores estruturais da cadeia de suprimento quanto às características do mineral. O preço da grafita está ligado, entre outros aspectos, às suas propriedades físicas e químicas, como condutividade elétrica, inércia química e baixa densidade. A quantidade e o tipo de impurezas presentes, bem como o teor de cinzas, são determinantes adicionais no valor final dos produtos, já que influenciam a qualidade e a adequação para diferentes aplicações industriais. O teor de grafita varia de depósito a depósito, alterando as proporções entre grafita micro cristalina e carbono e, consequentemente, o perfil de oferta disponível no mercado. Soma-se a isso uma tendência crescente pela demanda por materiais mais leves e resistentes, que pressiona segmentos específicos da cadeia por produtos de maior pureza.

Paralelamente, a dinâmica de preços também é influenciada pelo crescimento da demanda, em especial pelo uso da grafita no ânodo das baterias de íon-lítio. A expansão dos veículos elétricos e dos sistemas de armazenamento de energia amplia a pressão sobre a cadeia global, enquanto as etapas de processamento e refino permanecem concentradas na China. Esse quadro cria gargalos estruturais que expõem o mercado a riscos de abastecimento e aumentam a sensibilidade dos preços a fatores geopolíticos e à volatilidade da demanda.

Nos últimos anos, os preços da grafita apresentaram trajetória descendente, acompanhando a tendência de outros metais de bateria. Para facilitar a análise,

Figura 4 Evolução dos preços da grafita



Fonte: Elaboração própria com dados do "International Energy Agency (IEA) Critical Minerals Outlook 2025"

o gráfico de evolução dos preços foi indexado, tendo janeiro de 2021 como base 100, o que permite comparar a volatilidade e as variações ao longo do tempo. Desde o início de 2022, o índice de preços mostra queda contínua até o início de 2024, com leve recuperação, mas sem reversão estrutural do movimento. Em 2024, os preços recuaram cerca de 20% em relação ao ano anterior, pressionados pelo crescimento acelerado da oferta e pela expansão da produção de ânodos sintéticos, cujos preços caíram 25% frente à média histórica, comprimindo margens e deslocando parte da demanda da grafita natural.

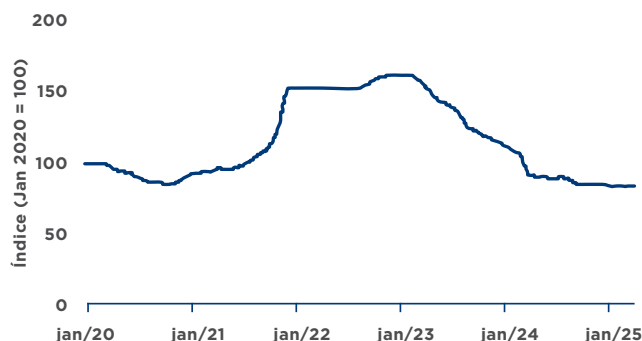
Apesar disso, o setor permanece vulnerável a choques de oferta e à volatilidade típica de minerais estratégicos. Modelos de sensibilidade da IEA, indicam que aumentos de cinco vezes nos preços da grafita poderiam elevar o custo médio dos pacotes de baterias em 17%, enquanto picos de dez vezes poderiam gerar acréscimos de até 39%, com impactos diretos sobre a competitividade da eletrificação veicular e da fabricação de baterias. Essa vulnerabilidade é reforçada pela concentração geográfica do fornecimento, pela baixa liquidez dos mercados à vista e pela ausência de alternativas tecnológicas economicamente viáveis para a grafita.

2.10. Dinâmica de preço de terras raras

A evolução dos preços das terras raras nos últimos anos evidencia uma combinação de fatores estruturais e conjunturais. O episódio mais significativo ocorreu em 2010, quando a restrição das exportações chinesas provocou uma escalada nos preços sem precedentes, com os valores dos elementos de terras raras aumentando em até dez vezes, segundo a *International Energy Agency (IEA)*. Desde então, o mercado tem oscilado entre períodos de relativa estabilidade e choques associados a políticas comerciais.

O índice de preços médio de elementos de terras raras magnéticas mostra trajetória de declínio desde o início de 2023, atingindo o ponto mais baixo no início de 2024, seguido por leve recuperação. Esse comportamento reflete tanto o recente aumento do abastecimento global quanto a ausência de restrições efetivas sobre os fluxos internacionais até o momento. Mesmo as medidas de controle de exportação anunciadas pela China em abril de 2025, voltadas a itens médios e pesados, não geraram pressões imediatas, embora permaneça o risco de reversão rápida em caso de bloqueios efetivos ou atrasos nos licenciamentos.

Figura 5 Evolução dos preços de terras raras



Fonte: Elaboração própria com dados do "International Energy Agency (IEA) Critical Minerals Outlook 2025"

Além dos controles diretos, as quotas internas de mineração e refino chinesas continuam a influenciar os preços de forma indireta, dado o peso dominante do país em toda a cadeia. A elevada concentração geográfica do fornecimento, combinada à baixa liquidez dos mercados à vista, mantém o setor vulnerável a episódios de volatilidade aguda. Essa exposição pode ser amplificada por tensões geopolíticas, sobretudo em países com elevada taxa de refino desses minerais: conflitos em Mianmar, por exemplo, poderiam elevar os preços das terras raras médias e pesadas, ainda que com efeito limitado sobre os elementos leves.

As disputas comerciais entre China e Estados Unidos adicionam outra camada de incerteza. Tarifas norte-americanas sobre ímãs permanentes e terras raras, introduzidas em fevereiro de 2025 e reforçadas em abril, foram seguidas por retaliações chinesas, que levou a uma interrupção abrupta nas exportações de concentrados de terras raras da MP Materials para refinadores chineses, conforme reportado pela International Energy Agency (IEA). Embora parte dessas tarifas tenha sido reduzida temporariamente, espera-se que taxas de 25–30% sobre produtos finais sejam mantidas, preservando a pressão de custos.

No caso específico das terras raras, a forte dependência tecnológica e de custo em relação à China segue como o principal fator de vulnerabilidade. No entanto, esforços crescentes em inovação, apoio financeiro a novos projetos e diversificação geográfica da produção podem, ao longo do tempo, reduzir esses riscos e trazer maior estabilidade ao mercado.

3. MERCADOS NO BRASIL

3.1. Reservas de grafita no Brasil

Como visto anteriormente, o Brasil detém uma posição de destaque no cenário global das reservas de grafita. A distribuição dessas reservas no território nacional concentra-se em regiões com comprovada ocorrência mineral.

Atualmente, os principais projetos de grafita em operação e em fase pré-operacional estão localizados nos estados de Minas Gerais e Bahia. Nessa região, a ocorrência mineral dá-se predominantemente em xistos grafitosos, muitas vezes em associação com outros minerais típicos de ambientes metamórficos. A formação desses depósitos, por sua vez, está diretamente vinculada à estrutura tectônica regional e à qualidade do material orgânico original, submetido a intensos processos metamórficos ao longo do tempo geológico.

Figura 6 Mapa do potencial de reservas de grafita no Brasil



Fonte: Elaboração Própria com dados do "Nota Técnica Nº 11/2024 do Ministério de Minas e Energia do Brasil" e "Potencial de Minerais Críticos e Estratégicos do Brasil – Edição 2024 do Serviço Geológico do Brasil"

Complementar à incidência de exploração do mineral nos estados de Minas Gerais e Bahia, de acordo com os dados de 2024 do Serviço Geológico do Brasil, existiam cinco outros projetos em fase de pré-operação¹². Ainda, segundo o mesmo documento, existe potencial na Faixa Araguaia, no norte do estado do Tocantins, especificamente nos municípios de Xambioá e Araguanã e, no Ceará Central.

Em suma, a grafita brasileira possui, predominantemente, origem metamórfica, e sua distribuição, pureza e aproveitamento são condicionados por fatores geodinâmicos e geoquímicos próprios da região. E, apesar da inquestionável diversidade mineral do Brasil, o mapeamento geológico detalhado de todo o território ainda apresenta lacunas, o que sugere um potencial considerável para novas descobertas de jazidas.

3.2. Reservas de terras raras no Brasil

As reservas de terras raras no Brasil representam um pilar fundamental para o posicionamento estratégico do país no cenário global da transição energética. No contexto brasileiro, as terras raras são classificadas como minerais estratégicos, e não como “críticos”, uma distinção que reflete que não há escassez desses elementos no território nacional.¹³ Essa condição confere ao país a possibilidade de, simultaneamente, contribuir com a agenda de transição energética e promover o desenvolvimento socioeconômico. Apesar da expressiva dominância da China no processamento de ETRs, o Brasil detém uma participação relevante nas reservas globais, com depósitos localizados em Araxá (MG), Buena (RJ) e Poços de Caldas (MG).¹⁴

12. CABRAL COTA, Rodrigo Toledo. Nota Técnica DTTM nº 11/2024. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia, Departamento de Transformação e Tecnologia Mineral, 06 jun. 2024. Disponível em: http://sei.mme.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0. Acesso em: 08/08/2025.

13. BRASIL. Decreto nº 10.657, de 24 de março de 2021. Institui a Política de Apoio ao Licenciamento Ambiental de Projetos de Investimentos para a Produção de Minerais Estratégicos e o Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos – CTAPME. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 25 mar. 2021. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2021/Decreto/D10657.htm. Acesso em: 4 ago. 2025.

14. IGARAPÉ. Minerais Críticos e Estratégicos: Entendendo o Contexto Brasileiro. [S.l.]: Instituto Igarapé, [s.d.]. Disponível em: “Minerais-Criticos-e-Estrategicos-igarape.pdf”. Acesso em: 08/09/2025.

Figura 7 Mapa do potencial de reservas de grafita no Brasil



Fonte: Elaboração Própria com dados do "Nota Técnica N° 11/2024 do Ministério de Minas e Energia do Brasil" e "Potencial de Minerais Críticos e Estratégicos do Brasil – Edição 2024 do Serviço Geológico do Brasil"

Apesar de as terras raras constituírem uma gama complexa de elementos, o Brasil apresenta relevância estratégica em diversas dessas ocorrências. Contudo, a efetivação do potencial dessas reservas esbarra em desafios relacionados ao conhecimento geocientífico desigual em diferentes regiões do país, o que sublinha a necessidade de investimentos contínuos em pesquisa mineral para aperfeiçoar a caracterização e o dimensionamento dessas reservas.

3.3. Extração da grafita no Brasil

A extração de grafita no Brasil apresenta um cenário de notável potencial geológico, ainda que acompanhado de desafios para sua plena materialização. A desigualdade no conhecimento geológico constitui um dos principais entraves, impactando tanto órgãos governamentais quanto empresas do setor privado. Nesse contexto, o Serviço Geológico do Brasil desempenha papel central ao disseminar informações geocientíficas que subsidiam

o planejamento da atividade extrativa. Por sua vez, a Agência Nacional de Mineração (ANM) enfrenta o desafio de otimizar a gestão e a divulgação das informações existentes, dado que a capacidade de processamento de dados e atendimento às demandas do setor ainda é incipiente.

Aliado a isso, a expansão da extração de grafita no Brasil demanda atenção aos desafios socioambientais, uma vez que quase um terço dos depósitos de minerais críticos e estratégicos no Brasil estão localizados na Amazônia Legal. A pressão sobre ecossistemas vulneráveis, incluindo terras indígenas e unidades de conservação, representa um desafio para a expansão das atividades minerais, caso não realizadas de maneira sustentável e ambientalmente segura.

Ainda que exista uma exploração ativa da grafita, sua inclusão na agenda da transição energética e industrial do país, precisa estar alinhada com a viabilidade dos demais minerais críticos e estratégicos envolvidos no processo. Portanto, a construção de um consenso sobre políticas de extração mineral e desenvolvimento é crucial para assegurar um caminho sustentável e responsável. Há também uma lacuna de dados e infraestrutura, com a ANM enfrentando a morosidade na análise técnica de processos, o que pode atrasar a implementação e expansão de empreendimentos minerários.

3.4. Extração de terras raras no Brasil

A extração de minérios brutos de terras raras no Brasil configura-se como uma atividade estratégica para a inserção do país dentro das dinâmicas da Geopolítica da Energia e, para apoiar a agenda de transição energética global. A Companhia Mineral do São Francisco (COMISF), controladora da MinerAll e da província de ativos minerais Elobrasil, exemplifica essa capacidade ao possuir um estoque de 140 km² de ativos minerais virgens em uma de suas províncias no Nordeste, facilitando a integração de projetos no setor ao reduzir significativamente os riscos e o tempo de prospecção. Isso posto, constitui um desafio no Brasil devido à falta de um comportamento sistêmico e concatenado na aferição dos investimentos em exploração mineral, o que poderia tornar o recurso mais previsível e atrativo para investimentos. Tal previsibilidade, poderia viabilizar um planejamento estratégico da cadeia de valor e da infraestrutura.

O fomento a essa atividade é sustentado pelo Decreto nº 10.657/2021, que estabeleceu uma política de apoio ao licenciamento ambiental para projetos voltados para a produção de minerais estratégicos, entre os quais se encontram as terras raras. Nesse contexto, a ANM tem buscado simplificar processos, como a digitalização, a revisão de fluxos internos e a simplificação normativa, com o objetivo de melhorar a prestação de serviços ao setor regulado e à sociedade. A regulamentação mineral no Brasil também está em constante revisão, visando adaptar-se às novas realidades do setor. Discussões regulatórias abrangem temas como a descaracterização de barragens, garantias financeiras para o fechamento de minas, e a modernização de portarias e decretos, a exemplo do Decreto-Lei nº 7.841/1945 (Código de Águas Minerais).

Desafios ainda persistem no setor de mineração de terras raras, dos quais destacam-se a dificuldade em captar recursos financeiros e a morosidade na análise técnica pela ANM, o que causa atrasos na implementação e expansão dos empreendimentos. A necessidade de avançar na pesquisa geológica, no financiamento e no desenvolvimento tecnológico é evidente. Além disso, a gestão de conflitos com outros projetos de interesse público, como os energéticos, e a necessidade de agilizar a emissão de Declarações de Utilidade Pública (DUP) para acesso às áreas dos títulos minerários e áreas subjacentes são pontos críticos.

Para otimizar a gestão no setor e aprimorar a previsibilidade normativa, existe uma metodologia proposta pela Dinam Energia intitulada “Radar Regulatório”. A iniciativa visa centralizar informações regulatórias e oferecer monitoramento contínuo de publicações em tempo real. Essa plataforma pode auxiliar na identificação de alterações regulatórias e na avaliação de seus impactos, mitigando riscos e preparando os usuários para cenários futuros. A questão da baixa previsibilidade das normas, a alta complexidade técnica do tema e a instabilidade normativa são apontadas como principais dificuldades.

Embora o SGB contribua ativamente para incentivar a pesquisa e a exploração mineral, o setor energético brasileiro ainda se depara com uma significativa complexidade regulatória, como ilustrado pela discussão em torno da certificação de energia, demandando um esforço contínuo para qualificar a regulação e garantir a agilidade e previsibilidade dos processos.

3.5. Refino de grafita e terras raras no Brasil

O refino de grafita e terras raras no Brasil representa uma etapa crucial para o adensamento das cadeias de valor e a plena materialização do potencial mineral do país. Historicamente, o mercado brasileiro tem sido marcado pela exportação do minério bruto e subsequente importação do produto refinado, uma dinâmica que decorre diretamente da insuficiência de tecnologia e capacidade industrial para processamento local.

A falta de tecnologia e o maquinário básico para o refino no Brasil são barreiras significativas. Enquanto o país detém uma das maiores reservas de grafita globalmente, a capacidade de processar estes minerais e outros essenciais para as novas tecnologias permanece aquém do necessário para atender à demanda por produtos de maior valor agregado. A concentração global do processo de refino em outras nações, como a China, ressalta a lacuna tecnológica e industrial existente no Brasil.

A Secretaria Nacional de Geologia e Mineração (SNGM), na Nota Técnica DTTM nº 11/2024, aponta a inexistência de registros de projetos de transformação mineral com o porte esperado para minerais estratégicos no Brasil, evidenciando a necessidade de empreendimentos de grande escala para acelerar a industrialização. O desafio é reforçado por dificuldades de captação de recursos para projetos minero metalúrgicos e por baixa evolução em P&D, apesar do papel histórico do Centro de Tecnologia Mineral (Cetem/MCTI) desde 1978 no desenvolvimento de soluções tecnológicas para o setor.

Em resposta, multiplicam-se iniciativas para adensamento tecnológico e produtivo, como o debate de um Plano Nacional de Minerais Estratégicos para a Transição Energética e a proposta do IBRAM de uma Política Nacional de Minerais Críticos e Estratégicos (PNMCE). Também há instrumentos de estímulo — Pró-Minerais Estratégicos e debêntures de infraestrutura da Lei nº 14.801/2024, entre outros — cujo detalhamento regulatório e institucional será tratado na Seção 4.

A agenda de refino no Brasil deve ainda incorporar sustentabilidade e circularidade como vetores de competitividade: adoção de tecnologias de menor impacto ambiental, gestão de efluentes e subprodutos, bem como recuperação de materiais de baterias e equipamentos, reduzindo a pressão sobre a lavra primária. Em síntese, transformar reservas em capacidade domés-

O país tem a ambição de se consolidar como **um polo de produção e certificação de baterias**, pautado em inovação sob um forte **compromisso com a transformação ambiental, econômica e social**.

tica de refino requer: **i.** escala industrial e engenharia de processos compatíveis com padrões internacionais; **ii.** cadeias estáveis de reagentes e insumos; **iii.** energia competitiva e de baixa emissão; **iv.** parcerias tecnológicas e contratos de *offtake* com fabricantes de ânodos, ímãs e sistemas finais; e **v.** integração com políticas públicas em vigor.

3.6. Demanda por grafita e terras raras no Brasil

No Brasil, a demanda por esses minerais é impulsionada por aplicações diretamente ligadas à transição energética. Nesse contexto, o país tem a ambição de se consolidar como um polo de produção e certificação de baterias, pautado em inovação sob um forte compromisso com a transformação ambiental, econômica e social. O projeto “NextGen Battery”, por exemplo, ilustra essa direção estratégica. Localizado no município de São Sebastião do Passé (BA), o projeto está voltado para a produção de baterias avançadas para reduzir custos de importação e impulsionar um novo ecossistema de inovação energética. A Companhia Mineral do São Francisco (COMISF) é uma parceira crucial neste empreendimento, facilitando a integração entre o projeto NextGen Battery e detentores de direitos minerários no Nordeste.

O Brasil tem caminhado na construção de um ecossistema regulatório e fiscal para incentivar o desenvolvimento das tecnologias em torno do objeto. A própria iniciativa supracitada, é apoiada por chamadas específicas promovidas pelo FINEP e BNDES para Minerais Críticos e Estratégicos.

No entanto, a demanda interna por grafita, terras raras e outros minerais estratégicos enfrenta obstáculos. Um estudo da EY em colaboração com o IBRAM, apresentado em junho de 2024, destacou a dificuldade em captar recursos financeiros para projetos de mineração no Brasil, o que pode atrasar o avanço do país em comparação com mercados mais estruturados.¹⁵ Adicionalmente, foi observado que o Plano Nacional de Energia que abrange até 2050 (PNE 2050), não contém menção explícita a minerais estratégicos, o que pode indicar uma lacuna na integração e amadurecimento desses recursos em políticas públicas abrangentes.

4. PANORAMA E GARGALOS REGULATÓRIOS NO BRASIL

No ordenamento jurídico brasileiro, a grafita e as ETRs são classificadas como bens minerais comuns e se submetem ao regime de concessão previsto no art. 176 da Constituição Federal¹⁶ e ao Código de Mineração (Decreto-Lei nº 227/1967). Esse artigo da Carta Magna estabelece que a União detém a propriedade das jazidas existentes em solo brasileiro e autoriza a exploração dos minérios por meio de concessão ou permissão, ou seja, sob autorização do Poder Executivo.

A ANM, até o momento, não emitiu normativos técnicos específicos para grafita e ETRs quanto à classificação de reservas, critérios para exploração sustentável ou parâmetros para rastreabilidade. No entanto, é possível observar, conforme linha do tempo a seguir, avanços do Governo na tentativa de desenvolver os aspectos necessários para a transição energética, com o devido aproveitamento dos estoques de minerais disponíveis em solo brasileiro.

15. EY; INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). Panorama Mineração do Brasil 2024. Brasília, DF: IBRAM, 10 set. 2024. [Documento consultado diretamente, sem URL específica provida nas fontes]. Acesso em: 08/08/2025.

16. BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Art. 176: “As jazidas, em lavra ou não, e demais recursos minerais e os potenciais de energia hidráulica constituem propriedade distinta da do solo, para efeito de exploração ou aproveitamento, e pertencem à União, garantida ao concessionário a propriedade do produto da lavra”. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 22 jul. 2025.

Em março de 2021, o Poder Executivo Federal editou o Decreto nº 10657/2021¹⁷ que instituiu a Política de Apoio ao Licenciamento Ambiental de Projetos de Investimentos para a Produção de Minerais Estratégicos - **Pró-Minerais Estratégicos**, e o Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos, com o objetivo de articular ações entre órgãos públicos, de modo a priorizar os esforços governamentais para a implantação de projetos de produção de minerais estratégicos no País.

Posteriormente, em junho do mesmo ano, o Ministério de Minas e Energia definiu, por meio da Resolução nº 2/2021, os minerais estratégicos para o Brasil, os dividindo em três categorias: **I.** Bens minerais dos quais o País depende de importação em alto percentual para o suprimento de setores vitais da economia: enxofre e minérios de fosfato, potássio e molibdênio; **II.** Bens minerais que têm importância pela sua aplicação em produtos e processos de alta tecnologia: minérios de cobalto, cobre, estanho, grafita, grupo da platina, lítio, nióbio, níquel, silício, tálio, tântalo, terras raras, titânio, tungstênio, urânio, vanádio; **III.** Bens minerais que detêm vantagens comparativas e que são essenciais para a economia pela geração de superávit da balança comercial: minérios de alumínio, cobre, ferro, grafita, ouro, manganês, nióbio, urânio.

Nessa classificação, é observável os ETRs como bens de extrema importância pela sua aplicação em alta tecnologia, enquanto a grafita, além de figurar na mesma categoria dos ETRs, aparece também na relação de bens minerais essenciais para a geração de superávit da balança comercial do Brasil¹⁸.

Em fevereiro de 2024, o Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES) e MME lançaram o primeiro Fundo de Investimento em Participações (FIP), com o capital inicial de R\$ 1 bilhão para fomentar pesquisas e projetos em minerais estratégicos no contexto da transição energética¹⁹.

17. BRASIL. Decreto nº 10.657, de 24 de março de 2021. Institui a Política de Apoio ao Licenciamento Ambiental de Projetos de Investimentos para a Produção de Minerais Estratégicos e o Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos – CTAPME. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 25 mar. 2021. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2021/Decreto/D10657.htm. Acesso em: 4 ago. 2025.

18. BRASIL. **Agência Nacional de Mineração (ANM)**. Temática “Minerais Estratégicos”. Plataforma ANM Legis, disponível em: https://anmlegis.datalegis.net/action/TematicaAction.php?acao=abrirVinculos&cotematica=14077495&cod_menu=6783&cod_modulo=405. Acesso em: 4 ago. 2025.

19. BRASIL. Secretaria de Comunicação Social. BNDES e MME lançam fundo de R\$ 1 bi para projetos de minerais estratégicos para transição energética. Disponível em: <https://www.gov.br/secom/pt-br/assuntos/noticias/2024/02/bndes-e-mme-lancam-fundo-de-r-1-bi-para-projetos-de-minerais-estrategicos-para-transicao-energetica>. Acesso em: 2 ago. 2025.

Um mês depois, em março de 2024, o Poder Executivo Federal, através dos Ministérios da Fazenda e de Minas e Energia (MME), reformulou o Decreto nº 11.964/2024²⁰, com o objetivo de atrair investimentos em infraestrutura e Pesquisa e Inovação, permitindo a emissão de debêntures²¹, com a finalidade de captar recursos no mercado. Tal alteração legislativa passou a reconhecer formalmente o papel dos minerais estratégicos — como a grafita e terras raras — na descarbonização da matriz energética²².

Meses mais tarde, foi aprovada, em 27 de agosto de 2024, a Política Nacional de Transição Energética (PNTE)²³, pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), vinculado ao Ministério de Minas e Energia. O PNTE incorporou a agenda mineral e estabeleceu diretrizes para criação de políticas de rastreabilidade, incentivo à produção nacional e articulação com todos os setores produtivos e sociedade civil²⁴.

Embora a Lei Complementar nº 140/2021²⁵ tenha delegado a maior parte dos processos de licenciamentos ambientais aos órgãos estaduais, a competência do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) permanece para casos estratégicos, como a

20. BRASIL. Decreto nº 11.964, de 26 de março de 2024. Art. 1º: “Este Decreto regulamenta os critérios e as condições para enquadramento e acompanhamento dos projetos de investimento considerados como prioritários nas áreas de infraestrutura ou de produção econômica intensiva em pesquisa, desenvolvimento e inovação, para fins de emissão dos valores mobiliários de que tratam o art. 2º da Lei nº 12.431, de 24 de junho de 2011, e a Lei nº 14.801, de 9 de janeiro de 2024”. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/decreto/D11964.htm. Acesso em: 22 jul. 2025.

21. RAMOS, André Luiz Santa Cruz. Direito empresarial esquematizado. 6. ed. rev., atual. e ampl. Rio de Janeiro: Forense; São Paulo: Método, 2016. p. 387; Definição elaborada pelo autor: títulos de crédito de emitidos por Sociedades por Ações (S.A.) não financeiras, como uma forma de captar recursos para investimentos, na qual o investidor é remunerado por meio de correção monetária, juros - fixos ou variáveis -, ou até mesmo participação em lucros e resultados, além de outras vantagens que podem ser estabelecidas na escritura de emissão; BRASIL. Lei nº 6.404, de 15 de dezembro de 1976. Dispõe sobre as Sociedades por Ações. Arts. 52 a 57. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6404consol.htm. Acesso em: 22 jul. 2025

22. BRASIL. Decreto nº 11.964, de 26 de março de 2024. Art. 4º, inciso XIV: “transformação de minerais estratégicos para a transição energética” (setor prioritário listados no caput do art. 4º). Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/decreto/D11964.htm. Acesso em: 22 jul. 2025.

23. BRASIL. Conselho Nacional de Política Energética. Resolução CNPE nº 5, de 26 de agosto de 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2024/RESOL5IN.PDF>. Acesso em: 2 ago. 2025

24. BRASIL. Portaria MME nº 853, de 29 de julho de 2025. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 jul. 2025. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-mme-n-853-de-29-de-julho-de-2025-645225810>. Acesso em: 2 ago. 2025.

25. BRASIL. Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 9 dez. 2011. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp140.htm. Acesso em: 7 ago. 2025.

mineração de minerais críticos, com potencial impacto nacional e/ou transfronteiriço. Nesse contexto, em julho de 2024, o IBAMA firmou um Acordo de Cooperação Técnica com a ANM e o ICMBio, com o objetivo de compatibilizar procedimentos e possibilitar análises conjuntas em processos de licenciamento ambiental. A adoção de tais medidas visa ajustar a articulação interinstitucional e agilizar a tramitação de projetos estratégicos²⁶.

No mesmo sentido, o Senado Federal aprovou, em maio de 2025, o Projeto de Lei nº 2.159/2021, que propõe mudanças no processo de licenciamento ambiental, simplificando o processo para empreendimentos de minerais estratégicos. Porém, especialistas em meio ambiente alertam que o PL usa o “argumento da transição energética” para acelerar a aprovação de projetos de exploração mineral sem avaliar os riscos ambientais e sociais com a cautela necessária, o que pode comprometer a proteção de ecossistemas e comunidades tradicionais²⁷.

Em janeiro de 2025, o BNDES, FINEP e a PETROBRAS lançaram chamada pública com orçamento de R\$ 5 bilhões para fomentar os investimentos no setor, dos quais 16 projetos foram voltados à grafita e às terras raras²⁸. Além dessas medidas, iniciativas de planejamento geológico e normativo vêm sendo articuladas. O SGB iniciou, em 2025, o mapeamento da Província Ígnea do Alto Paranaíba (MG), com foco em depósitos de ETRs, grafita e outros minerais²⁹. Adicionalmente, o Governo Federal estruturou o Comitê Interministerial (CLICME) para acelerar o licenciamento ambiental de projetos considerados estratégicos, relacionados na Resolução 02/2021, buscando integrar órgãos reguladores sob uma governança centralizada³⁰.

26. IBAMA. Ibama, ANM e ICMBio celebram ACT sobre regulação de atividades de mineração. **Gov.br**, 19 de julho de 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/2024/ibama-anm-e-icmbio-celebram-act-sobre-regulacao-de-atividades-de-mineracao>. Acesso em: 7 ago. 2025.

27. REPÓRTER BRASIL. ‘PL da Devastação’ apressa mineração para indústria tech. *Repórter Brasil*, 16 jun. 2025. Disponível em: <https://reporterbrasil.org.br/2025/06/pl-devastacao-mineracao-industria-tech/>. Acesso em: 7 ago. 2025.

28. FINEP. Chamada Pública MCTI/FINEP/FNDCT – Mineração Sustentável 2023. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/chamadas-publicas/chamadapublica/753>. Acesso em: 2 ago. 2025.

29. BRASIL. Serviço Geológico do Brasil (SGB). *SGB inicia mapeamento de minerais estratégicos no oeste mineiro*. Geocracia, 1 ago. 2025. Disponível em: <https://geocracia.com/sgb-inicia-mapeamento-de-minerais-estrategicos-no-oeste-mineiro/>. Acesso em: 4 ago. 2025

30. BRASIL. Governo quer agilizar licenciamento ambiental para minerais estratégicos. *CNN Brasil*, Brasília, 28 jul. 2025. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/governo-quer-agilizar-licenciamento-ambiental-para-minerais-estrategicos/>. Acesso em: 4 ago. 2025

Paralelo a isto, a Consulta Pública nº 180/2024, divulgada através da Portaria nº 825, também promovida pelo MME, propôs critérios para emissão de debêntures que incentivem projetos de mineração, com base na Lei nº 14.801/2024³¹. Essa medida inclui a grafita como elegível à captação de recursos com benefícios fiscais, permitindo que projetos de lavra tenham acesso a instrumentos financeiros competitivos, especialmente em Minas Gerais e Ceará.

Contudo, o desafio central persiste na ausência de um marco legal consolidado para minerais críticos. O Projeto de Lei nº 2780/2024³², que tramita no Congresso Nacional, propõe a Política Nacional de Minerais Críticos e Estratégicos, criando um arcabouço jurídico com diretrizes específicas. A proposta trata, inclusive, de princípios que estabelecem o aproveitamento racional dos minérios, com destaque para a maximização dos benefícios sociais, ambientais e econômicos. Prevê ainda metas de industrialização, padronização regulatória e integração com o Plano Nacional de Mineração 2050. Se aprovado, o Projeto de Lei poderá representar uma mudança de direcionamento na política mineral brasileira, ao superar o modelo extrativista baseado na exportação de *commodities in natura*.

Adicionalmente, o Plano Nacional de Mineração 2050 em desenvolvimento tem por objetivo direcionar, a longo prazo, as políticas públicas que desenvolverão o segmento no país³³. No entanto, é importante destacar que as metas do plano dependem da adoção de um modelo regulatório que considere as especificidades de cada minério, além da articulação entre Ministérios e de políticas minerais, industriais, energéticas e ambientais.

31. BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Consulta Pública nº 180/2024 – Debêntures incentivadas para projetos estratégicos de mineração. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/consultas-publicas/consulta-180-2024>. Acesso em: 2 ago. 2025.

32. BRASIL. Câmara dos Deputados. Projeto de Lei nº 2.780, de 2024. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2447259>. Acesso em: 2 ago. 2025.

33. BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Sobre o PNM 2050 – Política Mineral Brasileira para o Futuro. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/pnm-2050/sobre-o-pnm-2050>. Acesso em: 2 ago. 2025.

5. PANORAMA REGULATÓRIO INTERNACIONAL

A governança internacional da grafita e de ETRs constitui um dos eixos das disputas geopolíticas contemporânea. Diante da importância destes minérios para setores estratégicos, diferentes países promulgaram políticas nacionais voltados aos minerais, impulsionadas principalmente, pela agenda de transição energética global e pelo reposicionamento industrial³⁴, as transformando em instrumentos de poder político-econômico³⁵.

5.1. China

No mercado global de minerais, a China é reconhecida pelo elevado volume de reservas em seu território e por ter estabelecido uma hegemonia verticalizada. A grafita, reconhecida como recurso estratégico pelo governo chinês desde 2011³⁶, está sujeita a um rigoroso processo de licenciamento ambiental, além de restrições à exportação por questões de segurança nacional³⁷.

34. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Descarbonização da Indústria**. Brasília, DF: CNI, 2022. p. 15.

35. BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. Brasil ganha nova política industrial com metas e ações para o desenvolvimento até 2033. **MDIC**, Brasília, DF, 22 jan. 2024. Notícias. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/2024/janeiro/brasil-ganha-nova-politica-industrial-com-metas-e-acoes-para-o-desenvolvimento-ate-2033>. Acesso em: 3 ago. 2025.

36. YE, Z.-H.; LI, Y.-K.; YANG, X. An Analysis on Chinese Graphite Resource and Its Development Suggestions. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL SCIENCE AND SUSTAINABLE ENERGY, 2013, Nanquim. **Proceedings** [...]. Nanquim: Atlantis Press, 2013. p. 11-14. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/320851303_An_Analysis_on_Chinese_Graphite_Resource_and_Its_Development_Suggestions_Proceedings_of_the_International_Conference_on_Environmental_Science_and_Sustainable_EnergyEdby_ZhaoYang_Dong. Acesso em: 3 ago. 2025.

37. LAFARGUE, I. **China's New Graphite Restrictions**. Washington, D.C.: Center for Strategic and International Studies (CSIS), 27 out. 2023. Disponível em: <https://www.csis.org/analysis/chinas-new-graphite-restrictions>. Acesso em: 3 ago. 2025.

Em 2023, a imposição de novos controles sobre a exportação de grafita esferoidal provocou instabilidade nas cadeias de valor de baterias na Europa e na América do Norte, evidenciando a dependência ocidental pela produção chinesa³⁸.

A predominância chinesa é ainda mais proeminente no mercado de terras raras, onde o país responde por 61% da mineração e 91% da capacidade de refino e separação, resultado de uma estratégia de Estado de longo prazo, iniciada na década de 1980. Tal estratégia combina subsídios diretos, controle cambial, fusões e aquisições de empresas, aplicação de exigências ambientais e uma articulação perene entre o setor produtivo e os centros de pesquisa e desenvolvimento (P & D).

5.2. União Europeia

No contexto da política energética europeia, apesar da grafita e das terras raras serem correlacionadas como minerais críticos desde 2011³⁹, foi apenas em 2023 que o bloco aprovou o *Critical Raw Materials Act* (CRMA), um marco regulatório estruturado com metas vinculantes voltadas ao fortalecimento da autonomia e redução da dependência externa. A iniciativa estipula que até 2030, a mineração europeia deve suprir, no mínimo, 10% do consumo anual, além de limitar em 65% a dependência por um único fornecedor. Para viabilizar o cumprimento dos objetivos estipulados, a norma prevê o licenciamento acelerado de “Projetos Estratégicos”, mobilização de fundos de investimento como o InvestEU, o Horizonte Europa e o Fundo de Inovação, além de criar o *European Critical Raw Materials Board*⁴⁰.

38. REUTERS. China to require export permits for some graphite products from Dec. 1. **Reuters**, 20 out. 2023. Disponível em: <https://www.reuters.com/world/china/china-require-export-permits-some-graphite-products-dec-1-2023-10-20/>. Acesso em: 3 ago. 2025.

39. EUROPEAN COMMISSION. **Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Tackling the challenges in commodity markets and on raw materials**. Brussels, 2 fev. 2011. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0025:FIN:EN:PDF>. Acesso em: 5 ago. 2025.

40. EUROPEAN COMMISSION. *Critical Raw Materials Act*. [S. l.], 2023. Disponível em: https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials/critical-raw-materials-act_en. Acesso em: 5 ago. 2025.

5.3. Estados Unidos

Nos Estados Unidos, a Ordem Executiva 13.817 de 2017⁴¹ determinou que o governo desenvolvesse uma estratégia federal para garantir o fornecimento de minerais críticos, com o objetivo de promover a segurança e soberania nacional. Em 2018, o *Department of the interior*, visando regulamentar a Ordem Executiva supracitada, publicou a *Final List of Critical Minerals*⁴², que sofreu atualização em 2022, na qual estão inclusas a grafita e as terras raras, peças-chave na política industrial de realocização (reshoring) da cadeia de fornecimento destes minerais⁴³.

Posteriormente, o *Inflation Reduction Act (IRA)*, de 2022⁴⁴, implementou incentivos fiscais para empresas que utilizam minerais extraídos/processados em território norte-americano ou em países com acordos de livre-comércio.

Adicionalmente, a *Defense Production Act*⁴⁵, legislação vigente desde a Guerra da Coréia (1950), foi promulgada para incentivar projetos domésticos

-
- 41.** UNITED STATES. Executive Order 13817 of December 20, 2017. A Federal Strategy to Ensure Secure and Reliable Supplies of Critical Minerals. Disponível em: <https://www.federalregister.gov/documents/2017/12/26/2017-27899/a-federal-strategy-to-ensure-secure-and-reliable-supplies-of-critical-minerals>. Acesso em: 2 ago. 2025.
- 42.** UNITED STATES. Department of the Interior. Final List of Critical Minerals 2018. **Federal Register**, Washington, D.C., v. 83, n. 97, p. 23295-23296, 18 maio 2018. Disponível em: <https://www.federal-register.gov/documents/2018/05/18/2018-10667/final-list-of-critical-minerals-2018>. Acesso em: 5 ago. 2025.
- 43.** THE WHITE HOUSE. **Building Resilient Supply Chains, Revitalizing American Manufacturing, and Fostering Broad-Based Growth**. Washington, D.C., June 2021. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/06/100-day-supply-chain-review-report.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2025.
- 44.** UNITED STATES. Inflation Reduction Act of 2022. Public Law 117-169. Disponível em: <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/5376/text>. Acesso em: 2 ago. 2025.
- 45.** LEITE, Icaro; CONTIPELLI, Fabio; FARIAS, Maria-Ivanilse de Mello. Geopolitics of Critical Materials: The Role of Brazil and the United States in the Energy Transition. **SSRN Electronic Journal**, 21 jul. 2024. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5161207. Acesso em: 6 ago. 2025

de mineração e refino de grafita⁴⁶ e ETRs⁴⁷. Sob essa medida, foi estimulado a reativação da mina de Mountain Pass (terras raras), simbolizando o esforço de realocação (*reshoring*) dessa cadeia produtiva⁴⁸. Em paralelo, programas conduzidos pelo Department of Energy (DOE)⁴⁹ e pelo Department of Defense (DoD)⁵⁰ fomenta investimentos em grafita sintética, reciclagem e desenvolvimento de tecnologias substitutivas.

5.4. Canadá

O Canadá figura com um dos atores mais articulados no cenário global de minerais com a criação da *Critical Minerals Strategy* (2022)⁵¹, que posiciona a grafita entre os 31 minerais prioritários de sua estratégia de desenvolvi-

-
- 46.** U.S. DEPARTMENT OF DEFENSE. **DOD Enters Agreement to Expand Capabilities for Domestic Graphite Mining and Processing for Large-Capacity Batteries.** Washington, D.C., 17 July 2023. Disponível em: <https://www.defense.gov/News/Releases/Release/Article/3459556/dod-enters-a-agreement-to-expand-capabilities-for-domestic-graphite-mining-and-pr/>. Acesso em: 5 ago. 2025.
- 47.** U.S. DEPARTMENT OF DEFENSE. **DOD Announces Rare Earth Element Awards to Strengthen Domestic Industrial Base.** Washington, D.C., 17 Nov. 2020. Disponível em: <https://www.defense.gov/News/Releases/release/article/2418542/dod-announces-rare-earth-element-awards-to-strengthen-domestic-industrial-base/>. Acesso em: 5 ago. 2025.
- 48.** U.S. DEPARTMENT OF DEFENSE. DOD Awards \$35 Million to MP Materials to Build U.S. Heavy Rare Earth Separation Capabilities. **Releases**, 22 fev. 2022. Disponível em: <https://www.defense.gov/News/Releases/Release/Article/2941793/dod-awards-35-million-to-mp-materials-to-build-us-heavy-rare-earth-separation-c/>. Acesso em: 6 ago. 2025.
- 49.** U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. **2023 DOE Critical Materials Assessment.** Washington, D.C., 2023. Disponível em: <https://www.energy.gov/eere/ammto/articles/2023-doe-critical-materials-assessment>. Acesso em: 6 ago. 2025.
- 50.** U.S. DEPARTMENT OF DEFENSE. **Securing Defense-Critical Supply Chains: An action plan developed in response to President Biden's Executive Order 14017.** Washington, D.C., fev. 2022. Disponível em: <https://media.defense.gov/2022/Feb/24/2002944158/-1/-1/1/DOD-EO-14017-REPORT-SECURING-DEFENSE-CRITICAL-SUPPLY-CHAINS.PDF>. Acesso em: 6 ago. 2025.
- 51.** CANADA. *Critical Minerals Strategy*. Ottawa: Natural Resources Canada, 9 dez. 2022. Disponível em: <https://www.canada.ca/content/dam/nrcan-rncan/site/critical-minerals/Critical-minerals-strategyDec09.pdf>. Acesso em: 8 set. 2025

mento sustentável das cadeias de suprimento, com foco em cinco objetivos principais: (i) crescimento econômico e competitividade; (ii) ação climática e proteção ambiental; (iii) reconciliação com povos indígenas; (iv) força de trabalho diversificada e inclusiva; (v) liderança global e segurança.

No longo prazo, o Canadá busca consolidar-se como parceiro estratégico e fornecedor confiável de minerais críticos. A estratégia inclui o fortalecimento de relações comerciais com Estados Unidos, União Europeia, Japão, Coreia e Austrália, estabelecendo padrões internacionais de rastreabilidade e ESG. Esse posicionamento político reforça a segurança das cadeias de suprimento ocidentais e reduz a dependência da China.

5.5. Outros países

A Austrália, por sua vez, apresenta uma trajetória de crescente inserção no cenário internacional, incorporando a grafita e outros minerais estratégicos em sua *Critical Minerals Strategy 2023–2030*⁵². O país prioriza o: (i) desenvolvimento de projetos estratégicos; (ii) atração de investimentos e parcerias; (iii) cooperação internacional, especialmente com Japão, Estados Unidos e União Europeia; (iv) promoção de uma agenda regulatória pró-mercado e compatível com padrões ESG; (v) investimentos em logística e infraestrutura; e (vi) desenvolvimento de força de trabalho qualificada.

Em planos asiáticos, atores tecnologicamente avançados, mas estruturalmente dependentes de importação mineral, como Japão e Coreia do Sul, têm adotado estratégias sofisticadas de segurança de suprimento. O Japão, por meio da estatal JOGMEC, desempenha papel híbrido de agência de fomento e de gestor de estoques⁵³, operando em articulação com empresas privadas japonesas para viabilizar projetos de exploração em países latino-america-

52. AUSTRÁLIA. Critical Minerals Strategy 2023–2030. Canberra: Department of Industry, Science and Resources, 2023. Disponível em: <https://www.industry.gov.au/publications/critical-minerals-strategy-2023-2030>

53. JAPAN OIL, GAS AND METALS NATIONAL CORPORATION (JOGMEC). Annual Report 2022. Tóquio: JOGMEC, 2022. Disponível em: <https://www.jogmec.go.jp/content/300374576.pdf>. Acesso em: 8 set. 2025.

nos e africanos, sob forte compromisso com a capacitação da mão de obra local. A Coreia do Sul, por sua vez, definiu metas de redução da dependência mineral da China, estabelecendo como objetivo reduzir de 80% (2023) para 50% (2030), especialmente grafita natural e sintética⁵⁴. Para tanto, aposta em três vertentes: (i) incentivo à produção doméstica de grafita sintética, integrada à cadeia de baterias; (ii) promoção de programas de reciclagem mineral; e (iii) celebração de acordos bilaterais e cooperação tecnológica, sobretudo com Estados Unidos, Austrália e países africanos.

Em suma, os atores supramencionados têm demonstrado um amadurecimento regulatório em torno dos minerais estratégicos, com perspectivas de atrair investimentos para novos projetos, estimular o mercado local e regional, além de contribuir para seus processos de transição energética.

Do ponto de vista geopolítico, as medidas políticas e projetos em desenvolvimento por esses atores deflagram um novo momento de potenciais disputas pelas cadeias de fornecimento entre os países, devido à elevada concentração das reservas de minerais em poucas geografias. No que tange às terras raras, a disputa pelo domínio de sua cadeia é crucial para o avanço de tecnologias de baixo carbono e, que contribuem sobremaneira para a redução das emissões de gases do efeito estufa nos setores de mobilidade, digitalização e indústria de defesa.

54. PARK, Y. South Korea's resource diplomacy: derisking and diversifying. Observer Research Foundation, 2023. Disponível em: <https://www.orfonline.org/expert-speak/south-korea-s-resource-diplomacy-derisking-and-diversifying/>. Acesso em: 8 set. 2025.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, a concentração das cadeias de suprimentos globais em poucos países gera vulnerabilidades, impulsionando a busca ativa por fontes alternativas de fornecimento fora da China. O Brasil, com uma oferta diversificada de minerais estratégicos como grafita e terras raras, tem a oportunidade de se posicionar como um fornecedor confiável. Assim, o país tem investido em “parcerias de friendshoring”, uma estratégia que visa aproximar as cadeias produtivas de países aliados ou estratégicos para formar redes de suprimento mais estáveis.

No lado da demanda, a busca por diversificação de fornecedores globais implica que muitos países estão competindo para mitigar a dependência por insumos minerais provenientes de uma única nação. Nesse contexto, o Brasil enfrenta uma ameaça concreta de perder investimentos em favor de jurisdições que já alinharam política industrial, incentivos e marcos regulatórios para acelerar o midstream, como os EUA, União Europeia, Japão, Austrália e Malásia, além da China, que mantém ampla vantagem de escala e tecnologia. A ausência de projetos de grande porte em terras raras, a baixa participação no refino, a dificuldade de financiamento e incertezas regulatórias elevam o risco de o país perder a janela de investimento, estando vinculado ao papel de fornecedor de menor valor agregado enquanto outros capturam os elos mais rentáveis da cadeia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSTRÁLIA. Critical Minerals Strategy 2023-2030. Canberra: Department of Industry, Science and Resources, 2023. Disponível em: <https://www.industry.gov.au/publications/critical-minerals-strategy-2023-2030>. Acesso em: 08 set. 2025.

BNDES. BNDES e Vale anunciam vencedor que vai gerir o fundo de minerais estratégicos. Disponível em: <https://agenciadenoticias.bndes.gov.br/industria/BNDES-e-Vale-anunciam-vencedor-que-vai-gerir-o-fundo-de-minerais-estrategicos/>. Acesso em: 02 ago. 2025.

BONNISSEL, M. L.; LUO; TONDEUR, D. Compacted exfoliated natural graphite as heat conduction medium. Carbon, v. 39, n. 14, p. 2151-2161, nov. 2001. Acesso em: 15 ago. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Mineração (ANM). Temática “Minerais Estratégicos”. Plataforma ANM Legis. Disponível em: https://anmlegis.datalegis.net/action/TematicaAction.php?acao=abrirVinculos&cotematica=14077495&cod_menu=6783&cod_modulo=405. Acesso em: 04 ago. 2025.

BRASIL. Câmara dos Deputados. Projeto de Lei nº 2.780, de 2024. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2447259>. Acesso em: 02 ago. 2025.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Art. 176. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 22 jul. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional de Política Energética. Resolução CNPE nº 5, de 26 de agosto de 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2024/RESOL5IN.PDF>. Acesso em: 02 ago. 2025.

BRASIL. Decreto nº 10.657, de 24 de março de 2021. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 25 mar. 2021. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2021/Decreto/D10657.htm. Acesso em: 04 ago. 2025.

BRASIL. Decreto nº 11.964, de 26 de março de 2024. Art. 1º e Art. 4º, inciso XIV. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/decreto/D11964.htm. Acesso em: 22 jul. 2025.

BRASIL. Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 9 dez. 2011. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp140.htm. Acesso em: 07 ago. 2025.

BRASIL. Lei nº 6.404, de 15 de dezembro de 1976. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6404consol.htm. Acesso em: 22 jul. 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Consulta Pública nº 180/2024 – Debêntures incentivadas para projetos estratégicos de mineração. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/consultas-publicas/consulta-180-2024>. Acesso em: 02 ago. 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Plano Nacional de Transição Energética – Plante. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/dte/cgate/plante>. Acesso em: 02 ago. 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Política Nacional de Transição Energética – PNTE. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/dte/cgate/pnte>. Acesso em: 02 ago. 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Sobre o PNM 2050 – Política Mineral Brasileira para o Futuro. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/pnm-2050/sobre-o-pnm-2050>. Acesso em: 02 ago. 2025.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. Brasil ganha nova política industrial com metas e ações para o desenvolvimento até 2033. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/2024/janeiro/brasil-ganha-nova-politica-industrial-com-metas-e-acoes-para-o-desenvolvimento-ate-2033>. Acesso em: 03 ago. 2025.

BRASIL. Portaria MME nº 853, de 29 de julho de 2025. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 jul. 2025. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-mme-n-853-de-29-de-julho-de-2025-645225810>. Acesso em: 02 ago. 2025.

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil (SGB). SGB inicia mapeamento de minerais estratégicos no oeste mineiro. Geocracia, 1 ago. 2025. Disponível em: <https://geocracia.com/sgb-inicia-mapeamento-de-minerais-estrategicos-no-oeste-mineiro/>. Acesso em: 04 ago. 2025.

BRASIL. Secretaria de Comunicação Social. BNDES e MME lançam fundo de R\$ 1 bi para projetos de minerais estratégicos para transição energética. Disponível em: <https://www.gov.br/secom/pt-br/assuntos/noticias/2024/02/bndes-e-mme-lancam-fundo-de-r-1-bi-para-projetos-de-minerais-estrategicos-para-transicao-energetica>. Acesso em: 02 ago. 2025.

CABRAL COTA, Rodrigo Toledo. Nota Técnica DTTM nº 11/2024. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia, Departamento de Transformação e Tecnologia Mineral, 06 jun. 2024. Disponível em: http://sei.mme.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0. Acesso em: 08 ago. 2025.

CANADA. Critical Minerals Strategy. Ottawa: Natural Resources Canada, 9 dez. 2022. Disponível em: <https://www.canada.ca/content/dam/nrcan-rncan/site/critical-minerals/Critical-minerals-strategyDec09.pdf>. Acesso em: 08 set. 2025.

CNN BRASIL. Governo prepara política de terras raras, diz Silveira à CNN. 03 ago. 2025. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/governo-prepara-politica-de-terras-raras-diz-silveira-a-cnn/>. Acesso em: 04 ago. 2025.

CROSSLEY, P. Grafite – High-tech supply sharpens up. Industrial Minerals, nov. 2000. Acesso em: 28 jul. 2025.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). Descarbonização da Indústria. Brasília, DF: CNI, 2022. p. 15.

EUROPEAN COMMISSION. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Tackling the challenges in commodity markets and on raw materials. Brussels, 2 fev. 2011. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0025:-FIN:EN:PDF>. Acesso em: 05 ago. 2025.

EUROPEAN COMMISSION. Critical Raw Materials Act. [S.l.], 2023. Disponível em: https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials/critical-raw-materials-act_en. Acesso em: 05 ago. 2025.

EY; INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). Panorama Mineração do Brasil 2024. Brasília, DF: IBRAM, 10 set. 2024. [Documento consultado diretamente, sem URL específica provida nas fontes]. Acesso em: 08 ago. 2025.

FINEP. Chamada Pública MCTI/FINEP/FNDCT – Mineração Sustentável 2023. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/chamadas-publicas/chamadapublica/753>. Acesso em: 02 ago. 2025.

GZH. Terras raras: a riqueza pouco explorada do Brasil que pode entrar na negociação do tarifaço de Trump. 03 ago. 2025. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/economia/noticia/2025/08/terras-raras-a-riqueza-pouco-explorada-do-brasil-que-pode-entrar-na-negociacao-do-tarifaco-de-trump-cmdtcf2sz00060161rayb42gz.html>. Acesso em: 04 ago. 2025.

IBAMA. Ibama, ANM e ICMBio celebram ACT sobre regulação de atividades de mineração. Gov.br, 19 jul. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/2024/ibama-anm-e-icmbio-celebram-act-sobre-regulacao-de-atividades-de-mineracao>. Acesso em: 07 ago. 2025.

IGARAPÉ. Minerais Críticos e Estratégicos: Entendendo o Contexto Brasileiro. [S.l.]: Instituto Igarapé, [s.d.]. Disponível em: “Minerais-Criticos-e-Estrategicos-igarape.pdf”. Acesso em: 08 set. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). Por uma Política de Minerais Críticos e Estratégicos para o Brasil e para o Futuro – Green paper. [S.l.]: IBRAM, 2024. Disponível em: “IBRAM_news_green-paper_2025_web.pdf”. Acesso em: 08 set. 2025.

JAPAN OIL, GAS AND METALS NATIONAL CORPORATION (JOGMEC). Annual Report 2022. Tóquio: JOGMEC, 2022. Disponível em: <https://www.jogmec.go.jp/content/300374576.pdf>. Acesso em: 08 set. 2025.

KALYONCU, R. S. Graphite. U.S. Geological Survey Minerals Yearbook. Disponível em: <http://minerals.usgs.gov/minerals>. Acesso em: 10 ago. 2025.

KLEIN, C.; HURLBUT, C. S. Jr. Manual of Mineralogy (after James Dana). 21. ed. New York: John Wiley & Sons, 1999. 681 p. Acesso em: 22 jul. 2025.

LAFARGUE, I. China's New Graphite Restrictions. Washington, D.C.: Center for Strategic and International Studies (CSIS), 27 out. 2023. Disponível em: <https://www.csis.org/analysis/chinas-new-graphite-restrictions>. Acesso em: 03 ago. 2025.

LEITE, I.; CONTIPELLI, F.; FARIAS, M.-I. de M. Geopolitics of Critical Materials: The Role of Brazil and the United States in the Energy Transition. SSRN Electronic Journal, 21 jul. 2024. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5161207. Acesso em: 06 ago. 2025.

LU, X. J.; FORSSBERG, E. Preparation of high-purity and low-sulphur graphite from Woxna fine graphite concentrate by alkali roasting. Minerals Engineering, v. 15, p. 755-757, ago. 2002. Acesso em: 30 jul. 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL (SGM). Perfil da Grafita: Relatório Técnico 41. [S.l.]: MME, 2009. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/arquivos/p28-rt41-perfil-da-grafita.pdf>. Acesso em: 08 set. 2025.

PARK, Y. South Korea's resource diplomacy: derisking and diversifying. Observer Research Foundation, 2023. Disponível em: <https://www.orfonline.org/expert-speak/south-korea-s-resource-diplomacy-derisking-and-diversifying/>. Acesso em: 08 set. 2025.

RAMOS, André Luiz Santa Cruz. Direito empresarial esquematizado. 6. ed. rev., atual. e ampl. Rio de Janeiro: Forense; São Paulo: Método, 2016. p. 387.

REUTERS. China to require export permits for some graphite products from Dec. 1. Reuters, 20 out. 2023. Disponível em: <https://www.reuters.com/world/china/china-require-export-permits-some-graphite-products-dec-1-2023-10-20/>. Acesso em: 03 ago. 2025.

REPÓRTER BRASIL. 'PL da Devastação' apressa mineração para indústria tech. Repórter Brasil, 16 jun. 2025. Disponível em: <https://reporterbrasil.org.br/2025/06/pl-devastacao-mineracao-industria-tech/>. Acesso em: 07 ago. 2025.

SAMPAIO, J. A.; BRAGA, P. F. A.; DUTRA, A. J. B. Capítulo 24: Grafita. In: SILVA, R. A.; SOUZA, J. M. S. (Orgs.), Mineração e recursos minerais do Brasil, pp. 1-20. CETEM, 2005. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1113/1/24.GRAFITA.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2025.

SILVA, Livia do Amaral e; ARRAES, Virgilio. Elementos de terras raras como instrumento de Smart Power da China. Estudos Internacionais, Belo Horizonte, v. 4, n. 2, p. 159-179, jul./dez. 2016. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/estudosinternacionais/article/view/11809>. Acesso em: 05 ago. 2025.

TAYLOR JR, H. A. Graphite. In: KOGEL, J. E.; TRIVEDI, N. C.; BARKER, J. M.; KRUKOWSKI, S. T. (Seniors Editors), Industrial Mineral and Rocks, 7th ed., Littleton, Colorado: Society of Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., p. 507-518, 2006. Acesso em: 18 ago. 2025.

UNITED STATES. Executive Order 13817 of December 20, 2017. A Federal Strategy to Ensure Secure and Reliable Supplies of Critical Minerals. Disponível em: <https://www.federalregister.gov/documents/2017/12/26/2017-27899/a-federal-strategy-to-ensure-secure-and-reliable-supplies-of-critical-minerals>. Acesso em: 02 ago. 2025.

UNITED STATES. Department of the Interior. Final List of Critical Minerals 2018. Federal Register, Washington, D.C., v. 83, n. 97, p. 23295-23296, 18 maio 2018. Disponível em: <https://www.federalregister.gov/documents/2018/05/18/2018-10667/final-list-of-critical-minerals-2018>. Acesso em: 05 ago. 2025.

U.S. DEPARTMENT OF DEFENSE. DOD Announces Rare Earth Element Awards to Strengthen Domestic Industrial Base. Washington, D.C., 17 nov. 2020. Disponível em: <https://www.defense.gov/News/Releases/release/article/2418542/dod-announces-rare-earth-element-awards-to-strengthen-domestic-industrial-base/>. Acesso em: 05 ago. 2025.

U.S. DEPARTMENT OF DEFENSE. DOD Awards \$35 Million to MP Materials to Build U.S. Heavy Rare Earth Separation Capabilities. Releases, 22 fev. 2022. Disponível em: <https://www.defense.gov/News/Releases/Release/Article/2941793/dod-awards-35-million-to-mp-materials-to-build-us-heavy-rare-earth-separation-c/>. Acesso em: 06 ago. 2025.

U.S. DEPARTMENT OF DEFENSE. DOD Enters Agreement to Expand Capabilities for Domestic Graphite Mining and Processing for Large-Capacity Batteries. Washington, D.C., 17 jul. 2023. Disponível em: <https://www.defense.gov/News/Releases/Release/Article/3459556/dod-en>

ters-agreement-to-expand-capabilities-for-domestic-graphite-mining-and-pr/. Acesso em: 05 ago. 2025.

U.S. DEPARTMENT OF DEFENSE. Securing Defense-Critical Supply Chains: An action plan developed in response to President Biden's Executive Order 14017. Washington, D.C., fev. 2022. Disponível em: <https://media.defense.gov/2022/Feb/24/2002944158/-1/-1/1/DOD-EO-14017-REPORT-SECURING-DEFENSE-CRITICAL-SUPPLY-CHAINS.PDF>. Acesso em: 06 ago. 2025.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. 2023 DOE Critical Materials Assessment. Washington, D.C., 2023. Disponível em: <https://www.energy.gov/eere/ammto/articles/2023-doe-critical-materials-assessment>. Acesso em: 06 ago. 2025.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY (USGS). Mineral Commodity Summaries 2024. Reston, VA: USGS, 2024. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2024/mcs2024.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2025.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY (USGS). Mineral Commodity Summaries 2024 – Graphite and Rare Earths. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2024/mcs2024.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2025.

WESTWATER RESOURCES. Graphite market. Westwater Resources, 2021. Disponível em: https://westwaterresources-net.translate.google.com/minerals-portfolio/graphite-market/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt&_x_tr_pto=tc. Acesso em: 25 ago. 2025.

XIANJUN, L.; FORSSBERG, E. Flotation selectivity and upgrading of Woxna fine graphite concentrate. Minerals Engineering, v. 14, n. 11, p. 1541-1543, nov. 2001. Acesso em: 12 ago. 2025.

YE, Z.-H.; LI, Y.-K.; YANG, X. An Analysis on Chinese Graphite Resource and Its Development Suggestions. In: International Conference on Environmental Science and Sustainable Energy, 2013, Nanquim. Proceedings [...]. Nanquim: Atlantis Press, 2013. p. 11-14. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/320851303_An_Analysis_on_Chinese_Graphite_Resource_and_Its_Development_Suggestions_Proceedings_of_the_International_Conference_on_Environmental_Science_and_Sustainable_EnergyEdby_ZhaoYang_Dong. Acesso em: 03 ago. 2025.



2

CAPÍTULO

Artigo 3

MAPEAMENTO GEOLÓGICO NO BRASIL: Desafios Atuais e Perspectivas Estratégicas para Projetos Futuros

Autora: Leandra Cordeiro Amaral¹

-
1. Leandra Cordeiro é pós-doutora em Geociências (UFF, 2023) e doutora em Ciência e Engenharia de Materiais pelo Instituto Militar de Engenharia (2022). Mestre em Engenharia de Materiais (2014) pela Rede Temática em Engenharia de Materiais (REDEMAT/UFOP-UEMG), graduação em Física (2011) pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) e Engenharia de Produção pela Universidade Cândido Mendes (UCAM).

Disclaimer: Este artigo expressa as opiniões dos autores, não apresentando necessariamente a opinião institucional da FGV.

INTRODUÇÃO

O mapeamento geológico é uma atividade primordial para a compreensão detalhada do território e sua composição geológica, sendo instrumento-chave para o desenvolvimento e o planejamento territorial (Büchi et al., 2018; Costa, 2023). No Brasil, essa prática apoia setores estratégicos como a mineração, fundamental para a economia nacional, além das áreas de meio ambiente, infraestrutura e formulação de políticas públicas (MME, 2025). Por meio do mapeamento geológico, é possível identificar recursos naturais, avaliar riscos ambientais e fomentar o uso sustentável do solo, contribuindo para o crescimento equilibrado e a integração regional (Costa, 2023).

O objetivo deste artigo é apresentar um panorama abrangente dos desafios atuais enfrentados no mapeamento geológico brasileiro, assim como analisar os indicadores operacionais relacionados à infraestrutura existente e os projetos anunciados para sua expansão e modernização. Busca-se, dessa forma, oferecer uma visão crítica sobre as potencialidades e limitações do setor, destacando perspectivas futuras que possam orientar decisões técnicas e estratégicas.

A justificativa para este estudo fundamenta-se na relevância crescente do conhecimento geológico diante das demandas sociais, econômicas e ambientais do país, aliado à necessidade urgente de ampliar a cobertura do mapeamento, especialmente em regiões ainda pouco exploradas e de enorme potencial. Adicionalmente, há a intenção de contribuir para a compreensão dos instrumentos e iniciativas que sustentam a construção desse conhecimento, essenciais para o desenvolvimento sustentável.

Metodologicamente, o artigo foi elaborado com base em revisão bibliográfica e análise documental, contemplando a consulta a relatórios oficiais, publicações científicas e informações institucionais. Essa abordagem qualitativa permite consolidar dados atualizados e relevantes para reflexão crítica, além de facilitar o reconhecimento das tendências e iniciativas recentes no âmbito do mapeamento geológico no país.

1. DESAFIOS DO MAPEAMENTO GEOLÓGICO BRASILEIRO

Existem muitos desafios que impactam diretamente o mapeamento geológico, tanto na qualidade quanto na completude dos dados disponibilizados para o planejamento e a gestão territorial (Fragoso *et al.*, 2017). Um dos principais entraves é a existência de grandes vazios cartográficos em áreas estratégicas, notadamente na Amazônia (Szlafsztein, 2018; Costa, 2023). Essa carência advém, sobretudo, das dimensões continentais do território brasileiro e da dificuldade de acesso a regiões remotas, cobertas por densa vegetação (Lima *et al.*, 2020). Além disso, pode-se citar a presença de comunidades tradicionais e áreas de preservação ambiental, que exigem protocolos específicos para atuação em campo (Leal & Linhares, 2014).

As dificuldades enfrentadas para mapear territórios de difícil acesso também é um ponto relevante, onde locais com relevo acidentado, ausência de infraestrutura básica e restrições logísticas, elevam os custos operacionais e alongam o tempo dos trabalhos de campo. Isso inviabiliza, em muitos casos, levantamentos em escalas mais detalhadas (Costa, 2023). Essa situação se torna agravada devido a limitação orçamentária e restrições históricas no financiamento de projetos de mapeamento, dada a natureza pública e, frequentemente, subfinanciada desses esforços, principalmente se comparada à grande demanda nacional e ao avanço tecnológico necessário para execução dessas tarefas (MME, 2022).

Além disso, existe a necessidade de atualização constante dos mapas, que por sua vez se apresenta como novo desafio. Isso ocorre devido ao fato de as demandas regionais variarem de acordo com o desenvolvimento econômico, instalação de novos empreendimentos e ocorrências geológicas naturais, como desastres ou identificações de potencial mineral. A defasagem entre os mapas existentes e a realidade geológica observada, frequentemente, impacta a adequação das informações para tomadas de decisão, tanto públicas quanto privadas.

As dificuldades enfrentadas para mapear territórios de difícil acesso também é um ponto relevante, onde locais com relevo acidentado, ausência de infraestrutura básica e restrições logísticas, **elevam os custos operacionais e alongam o tempo dos trabalhos de campo.**



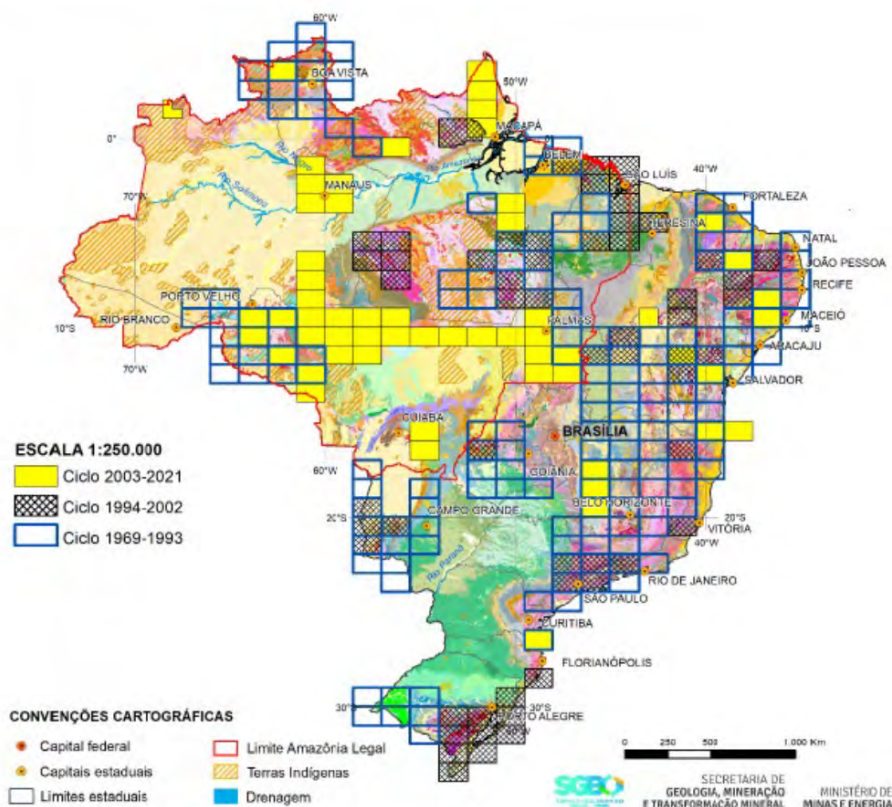
A implementação de novas técnicas tecnológicas, como geotecnologias, SIG (Sistemas de Informação Geográfica) e realidade virtual, também impõe desafios metodológicos relevantes. Apesar dos avanços recentes terem promovido um significativo progresso na aquisição e tratamento de dados espaciais, a heterogeneidade das fontes (digitais e analógicas) e a necessidade de homogeneização, georreferenciamento, vetorização e integração com bancos de dados ainda necessitam de melhorias técnicas e de infraestrutura. O uso dessas ferramentas, portanto, são essenciais para garantir a interoperabilidade e atualização constante dos dados, porém, exige investimentos permanentes em tecnologia e capacitação das equipes (Büchi et al., 2018; Calazans, 2015; Arruda Junior et al., 2010).

2. PANORAMA ATUAL DO MAPEAMENTO GEOLÓGICO NO BRASIL

Nos últimos anos foram observados avanços consideráveis em relação a cobertura do mapeamento geológico do território brasileiro. No entanto, ainda existem lacunas notáveis, sobretudo quanto ao detalhamento e à distribuição espacial dos levantamentos (Costa, 2023; MME, 2022). Atualmente, cerca de 49% do território brasileiro se encontra mapeado na escala 1:250.000, o que é considerada satisfatório para um panorama geral do substrato geológico, mas ainda insuficiente para avaliações de potencial mineral detalhado (MME, 2022). Na Figura 1 encontra-se ilustrado o mapa representativo da distribuição das áreas mapeadas na escala 1:250.000 entre 1969 e 2021.

Figura 1

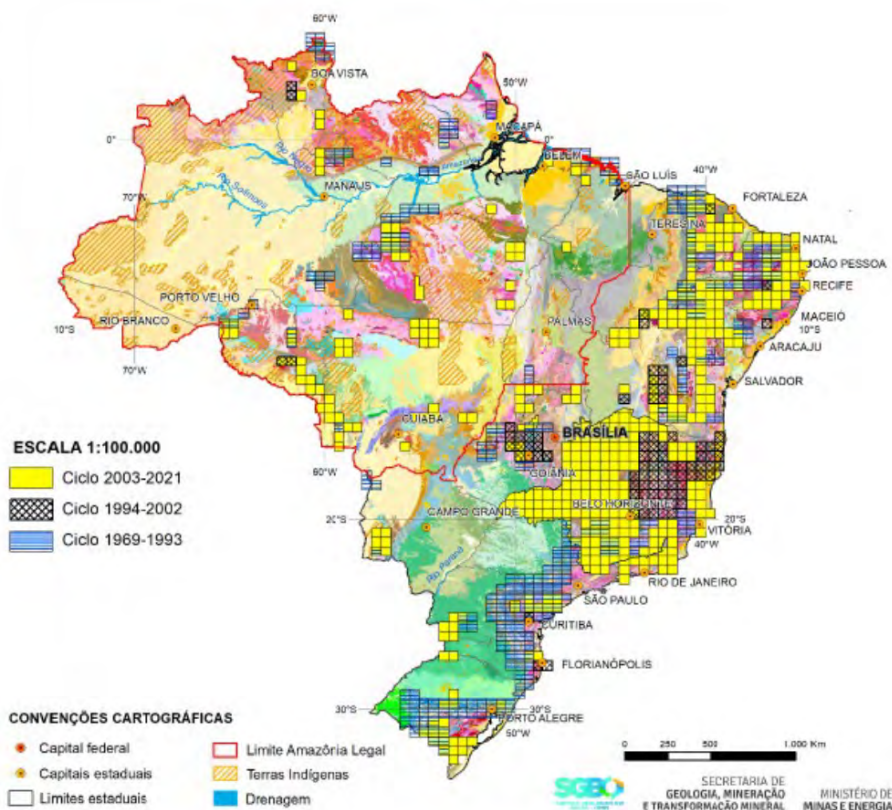
Distribuição das áreas mapeadas na escala 1:250.000 entre 1969 e 2021.



(Fonte: MME, 2022).

Em escala mais detalhada, como a 1:100.000, apenas 27% do território brasileiro conta com uma cobertura adequada. Isso dificulta significativamente tanto a identificação de áreas promissoras para a mineração, quanto a implementação efetiva de estratégias de gestão de riscos geológicos. Essa limitação é agravada pelo histórico de insuficiência orçamentária e restrições no financiamento de projetos de mapeamento, cenário comum em iniciativas de natureza pública e que não acompanha a demanda nacional, nem o ritmo de avanços tecnológicos necessários para a execução dessas tarefas de modo abrangente e atualizado (MME, 2022). Na Figura 2 encontra-se ilustrado o mapa representativo da distribuição das áreas mapeadas na escala 1:100.000 entre 1969 e 2021.

Figura 2 Distribuição das áreas mapeadas na escala 1:100.000 entre 1969 e 2021.



(Fonte: MME, 2022).

As regiões Nordeste e Centro-sul foram priorizadas no mapeamento geológico, e como resultado foram mapeadas quase uma totalidade das áreas de escudo cristalino na escala 1:250.000, desde o primeiro ciclo de mapeamento. Isso possibilitou uma evolução da cartografia nos ciclos seguintes para escala 1:100.000 ou maiores, especialmente nas áreas de maior potencial mineral como: Quadrilátero Ferrífero (MG), Seridó-Cachoeirinha (RN/PB/PE), Serra de Jacobina (BA), Tróia-Pedra Branca (CE), Palmeirópolis/Araxá/Niquelândia (GO/TO) e demais outras (MME, 2022).

Atualmente
cerca de
49%
do território
brasileiro
se encontra
mapeado na
escala **1:250.000.**



A Amazônia se apresenta como a região geoeconômica de conhecimento geológico mais deficitário do território brasileiro. Isso se dá pelo fato desta região ter sido a menos estudada em todos os ciclos de mapeamento geológico. Destaca-se ainda o fato de que as bacias sedimentares que ocupam extensos domínios como Amazonas-Solimões, Parnaíba e Parecis foram áreas não priorizadas na execução da cartografia geológica sistemática. Diante disso, mais de 60% da região não possui mapeamento em escala de 1:250.000, permanecendo ainda o conhecimento geológico em nível de reconhecimento regional, mesmo em áreas de escudos pré-cambrianos como a região da Bacia do Rio Xingu/PA e de grande parte do Escudo das Guianas, na calha norte do Rio Amazonas (MME, 2022).

Os setores de menor conhecimento geológico na Amazônia concentram-se justamente nas áreas mais remotas, englobando regiões interiores, zonas de fronteira, terras indígenas e unidades de conservação ambiental. Essas áreas representam os segmentos de maior preservação do bioma amazônico, mas também são marcadas por desafios logísticos e operacionais acentuados para a realização de levantamentos geológicos (Szlafsztein, 2018; Costa, 2023). Nessas regiões, o mapeamento demanda investimentos significativamente mais elevados em função da dificuldade de acesso, da carência de infraestrutura e da necessidade de articulação entre diferentes ministérios e instituições. Além disso, tais iniciativas requerem parcerias interdisciplinares e envolvimento direto de comunidades locais, tornando o processo ainda mais complexo e custoso (MME, 2022).

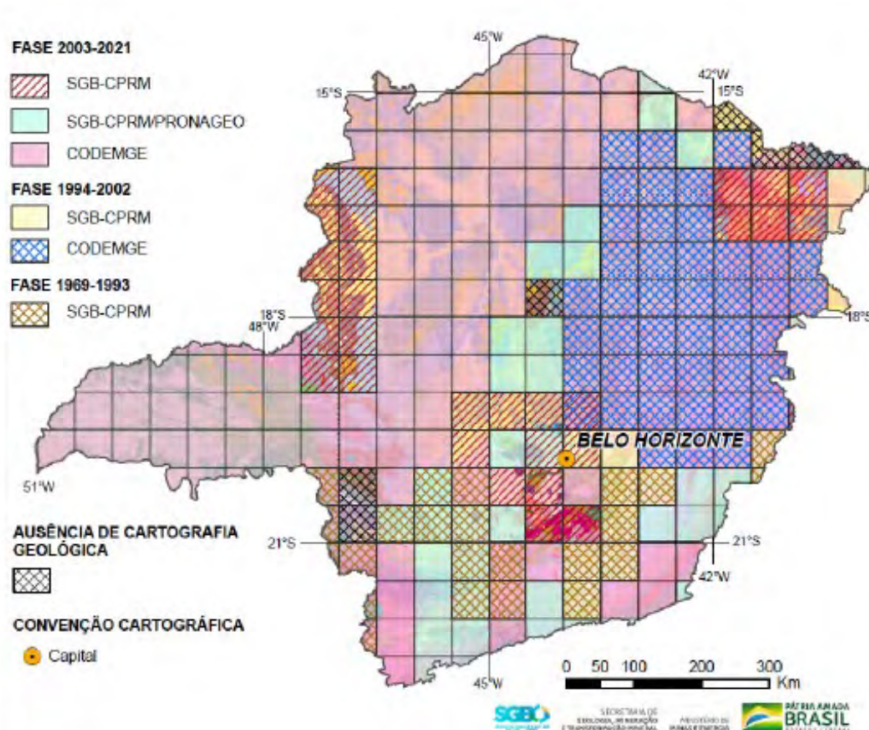
As áreas com maior conhecimento geológico na Amazônia correspondem às principais províncias minerais da região, onde a atividade exploratória, tanto formal quanto informal, está consolidada ou em processo de consolidação. Destacam-se entre essas províncias Carajás (PA), Tapajós (PA), Pitinga (AM) e Jurueña-Teles Pires-Alta Floresta (MT). Nessas regiões, a combinação de esforços históricos de mapeamento, investimentos em pesquisa mineral e presença de empreendimentos extrativistas favoreceu o acúmulo de informações detalhadas sobre a geologia e o potencial mineral, tornando esses setores verdadeiras referências para a mineração na Amazônia Brasileira (MME, 2022).

Mesmo em regiões de alta relevância mineral, como províncias e distritos mineiros, o nível de conhecimento geológico ainda se mostra insuficiente diante da importância estratégica e do imenso potencial desses territórios. Um exemplo emblemático é a região de Carajás (PA), reconhecida como a principal província mineral do Brasil e uma das maiores do mundo, que, apesar de décadas de exploração mineral intensiva, ainda não possui cobertura cartográfica contínua em escala 1:100.000 ao longo de toda sua extensão. Esse cenário contrasta fortemente com o do Quadrilátero Ferrífero (MG), cuja cartografia em escala 1:25.000 foi iniciada de modo sistemático já na década de 1940, resultando em um grau de conhecimento geológico muito superior e mais compatível com a magnitude de seu potencial mineral (Machado et al, 2010; MME, 2022).

O Estado de Minas Gerais destaca-se nacionalmente pelo avançado nível de desenvolvimento de sua cartografia geológica, resultado de um modelo exemplar de cooperação institucional. O progresso alcançado se deve, em grande medida, à atuação complementar do governo estadual, que, por meio da Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (Codemge, anteriormente Codemig), concebeu e financiou diversos projetos de mapeamento, frequentemente em parceria com o Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) e universidades brasileiras, como UFMG, UFRJ, UFOP e UERJ. Como fruto desse esforço articulado, praticamente todo o território mineiro, que ultrapassa 586 mil km², já dispõe de cartografia geológica sistemática na escala 1:100.000. Essas iniciativas demonstram como a integração entre diferentes esferas de governo, setor acadêmico e técnico potencializa a produção de conhecimento geocientífico de alta qualidade, servindo de referência para outros estados brasileiros (MME, 2022). Na Figura 3 encontra-se ilustrado o mapa representativo da cobertura e execução da cartografia geológica na escala 1:100.000 no estado de Minas Gerais.

Figura 3

Cobertura e execução da cartografia geológica na escala 1:100.000 no estado de Minas Gerais.



(Fonte: MME, 2022).

Na Tabela 1, encontram-se expostos os dados referentes à área e aos percentuais de mapeamento geológico nas principais escalas de referência (1:250.000 e 1:100.000) para o Brasil como um todo, para a Amazônia e para o território não amazônico, este último abrangendo as regiões geoeconômicas do Nordeste e do Centro-Sul. Para garantir precisão no cálculo dos totais e proporções equivalentes em cada território, foram excluídas as sobreposições aplicáveis a áreas mapeadas em diferentes ciclos e desconsideradas as parcelas de folhas cartográficas que contemplam zonas oceânicas e internacionais, comuns em áreas costeiras e de fronteira (MME, 2022).

Tabela 1 Áreas e percentuais executados em cada ciclo de mapeamento nas escalas 1:250 e 1:100.000.

Escala	Território	Área km ²	% Brasil	% do Território
1:250.000		Ciclo 1969-1993		
	Amazônico	788.024	9	16
	Não amazônico	1.917.671	23	55
		Ciclo 1994-2002		
	Amazônico	378.037	4	8
	Não amazônico	257.624	3	7
		Ciclo 2003-2021		
	Amazônico	688.783	8	14
	Não amazônico	13.018	<1	<1
		Somatório dos diferentes ciclos		
	Brasil	4.043.157	48	
	Amazônico	1.854.843	22	37
	Não amazônico	2.188.313	26	63
1:100.000		Ciclo 1969-1993		
	Amazônico	180.858	2	4
	Não amazônico	724.164	9	21
		Ciclo 1994-2002		
	Amazônico	12.449	<1	<1
	Não amazônico	274.504	3	8
		Ciclo 2003-2021		
	Amazônico	190.834	2	4
	Não amazônico	911.879	11	26
		Somatório dos diferentes ciclos		
	Brasil	2.294.689	27	
	Amazônico	384.141	5	8
	Não amazônico	1.910.548	22	55

(Fonte: Elaboração própria com dados do MME, 2022).

Os resultados do mapeamento evidenciam a desigualdade no conhecimento geológico básico entre a Amazônia e o restante do país (MME, 2022), onde pode-se inferir as seguintes observações:

- 48% do território brasileiro encontra-se mapeado na escala 1:250.000, enquanto apenas 27% estão na escala 1:100.000;
- No território não amazônico, 63% da área possui cobertura na escala 1:250.000, ao passo que, na Amazônia, esse percentual é de apenas 37%;
- O contraste é ainda maior na escala 1:100.000: 55% do território não amazônico está coberto, enquanto na Amazônia esse índice é de apenas 8%.

Esses dados ressaltam o desnível de conhecimento geológico básico e reforçam a necessidade de investimentos sistemáticos para a ampliação e atualização do mapeamento, especialmente nas áreas amazônicas.

Nesse contexto, foram implementados projetos com o intuito de acelerar a produção de conhecimento geológico sistematizado. Um destaque recente é o primeiro mapeamento geológico sistemático do arquipélago de Fernando de Noronha, iniciado em 2024 pelo SGB. Esse levantamento, em escala de 1:25.000, representa não só um avanço científico, mas também um marco no esforço de atualização e modernização dos mapas nacionais, utilizando novas tecnologias analíticas e padrões cartográficos internacionalizados.

Desde 1969, a evolução dos mapeamentos geológicos no Brasil é marcada por ciclos que combinam incentivos governamentais, como a criação de programas nacionais e a ampliação de infraestrutura institucional, com períodos de desafios orçamentários e tecnológicos. Nos últimos anos, os esforços contínuos empreendidos, sobretudo, pelo SGB e o Ministério de Minas e Energia permitiram consolidar bancos de dados, lançar plataformas digitais integradas e intensificar parcerias com universidades e centros de pesquisa, além de consolidar políticas públicas essenciais à soberania dos recursos naturais e ao planejamento de longo prazo no país (Costa, 2023).

MINERAÇÃO OFFSHORE: PANORAMA E PERSPECTIVAS

A mineração offshore consiste na prospecção, exploração e extração de minerais do leito e subsolo marinho, abrangendo tanto ambientes de águas rasas quanto o mar profundo (Mero, 1965). Esta atividade ganhou destaque internacional nas últimas décadas devido à crescente demanda por minerais estratégicos como cobalto, níquel, cobre, manganês e elementos de terras raras, essenciais para tecnologias de energia limpa (Guo et al., 2023; IEA, 2022; Villar-Muñoz et al., 2024).

Entre os principais recursos marinhos destacam-se:

- **Nódulos polimetálicos:** ricos em Ni, Cu, Mn e Co, formados em planícies abissais a profundidades de 4.000-6.500 m (Guo et al., 2023; ISA, 2021);
- **Crostras cobaltíferas-ferromanganesíferas:** precipitados sobre substratos rochosos, encontrados entre 800-3.000 m (Guo et al., 2023);
- **Sulfetos polimetálicos:** depósitos associados a zonas hidrotermais ativas, ricos em metais como Cu, Zn, Au e Ag (ISA, 2021; Villar-Muñoz et al., 2024);
- **Agregados marinhos (areia e cascalho):** amplamente extraídos em regiões costeiras para uso na construção civil (Baker et al., 2016; Kaikkonen e Virtanen, 2022);
- Outros: fosforitas, placeres de minerais pesados (ouro, ilmenita, rutilo, diamantes) e hidratos de gás metano (Kaikkonen e Virtanen, 2022; Baker et al., 2016).

O cenário internacional é marcado por exploração experimental em mar profundo, regulada principalmente pela Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos (ISA, em inglês), criada no âmbito da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM). Países como China, Coreia do Sul, Rússia e Índia lideram o número de contratos para atividades exploratórias, mas ainda não existem operações comerciais em larga escala em águas profundas, devido à necessidade de avanços em tecnologia de coleta, mapeamento e mitigação de impactos ambientais (ISA, 2025).

Perspectivas e Desafios no Brasil

O Brasil, detentor de uma das maiores zonas econômicas exclusivas do mundo, avança na pesquisa de seu potencial mineral na chamada “Amazônia Azul” por meio de programas como REMPLAC, PROAREA e Pró Amazônia Azul. No entanto, a legislação e os mecanismos de compensação financeira ainda estão em fase de desenvolvimento, ressaltando a necessidade de um marco regulatório específico para garantir a segurança jurídica, divisão equitativa de receitas e proteção ambiental (Marinha do Brasil, 2013 e 2023).

A mineração offshore representa uma nova fronteira para a indústria mineral, porém enfrenta desafios técnicos, ambientais e regulatórios. Os riscos ambientais associados exigem rigorosa avaliação de impacto, governança transparente e equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a conservação dos oceanos.

3. O PLANGEO

O PlanGeo, Plano Decenal de Mapeamento Geológico Básico e Levantamento de Recursos Minerais (2025-2034), é um programa nacional lançado pelo Ministério de Minas e Energia e Serviço Geológico do Brasil. O Plano estabelece diretrizes estratégicas, áreas prioritárias, metas mensuráveis e critérios para orientar e monitorar o avanço do mapeamento geológico em escala nacional ao longo de dez anos. O foco do PlanGeo está tanto na ampliação do conhecimento geológico básico do país, quanto na identificação de áreas promissoras para pesquisa e exploração mineral. O planejamento do PlanGeo foi construído com ampla consulta pública, envolvendo governo, setor produtivo, academia e sociedade civil, e prevê cenários progressivos de expansão conforme a capacidade orçamentária e operacional do SGB (SGB, 2025).

No PlanGeo 2025-2034 as escalas de referência 1:250.000 e 1:100.000 são priorizadas para os trabalhos de mapeamento sistemático nacional. A escolha dessas escalas é estratégica: a escala 1:250.000 é direcionada principalmente para áreas do território brasileiro que possuem baixo ou nenhum conhecimento geológico, funcionando como base para uma visão geral e inicial dessas regiões. Já a escala 1:100.000 é considerada o nível mínimo necessário para avaliações mais detalhadas de potencial mineral e para subsidiar estudos de favorabilidade, sendo crucial em regiões de maior interesse exploratório ou com histórico de descobertas minerais relevantes. Além disso, o plano admite realizar mapeamentos em escalas ainda mais detalhadas (1:50.000 e 1:25.000) quando a demanda e o potencial da área assim exigirem (SGB, 2025).

No planejamento do PlanGeo 2025-2034, foram adotadas premissas que visam garantir flexibilidade, eficiência e foco estratégico nas ações de mapeamento geológico básico no Brasil (SGB, 2025). Entre as principais diretrizes estão:

- A manutenção das escalas 1:250.000 e 1:100.000 como referências para a maior parte do território nacional, com possibilidade de adoção de escalas mais detalhadas (1:50.000 e 1:25.000) conforme a demanda específica de cada área estudada;

- A ampliação da cartografia 1:100.000 especialmente em províncias minerais, distritos mineiros e regiões consideradas de alto potencial para a descoberta de novos depósitos minerais estratégicos;
- O avanço do mapeamento na escala 1:250.000, prioritariamente em setores do Brasil que ainda apresentam baixo conhecimento geológico, notadamente nas áreas remotas da Amazônia e em bacias sedimentares fanerozoicas;
- A seleção e priorização das áreas a serem mapeadas baseia-se no interesse e potencial geológico, evitando restrições conceituais rígidas para regiões amazônicas ou não amazônicas e adaptando as ações de acordo com as necessidades do país ao longo da década.

Estas premissas refletem o esforço de tornar o mapeamento mais dinâmico, eficiente e alinhado tanto às demandas exploratórias quanto à ampliação do conhecimento geológico fundamental para a sustentabilidade e competitividade do Brasil (SGB, 2025).

Grandes áreas com restrições de acesso, como Terras Indígenas e Unidades de Conservação de Proteção Integral, não são consideradas no processo de hierarquização de prioridades do PlanGeo. O Plano Decenal de Mapeamento Geológico 2025-2034, consolidado após ampla consulta pública, prevê o mapeamento de 73 blocos, sendo 66 na escala 1:100.000 e 7 na escala 1:250.000, dos quais 20 já estão em execução, com continuidade prevista para 2025 (SGB, 2025).

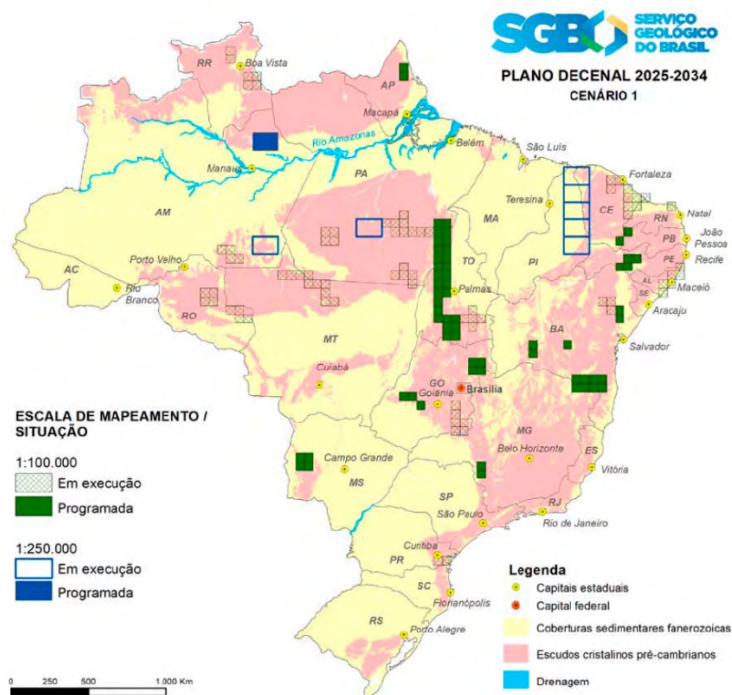
Na elaboração deste planejamento decenal, foram definidos três cenários possíveis de expansão da cobertura cartográfica, levando em conta o aumento progressivo da capacidade operacional do SGB e dos recursos orçamentários alocados para esse objetivo. Tal abordagem garante maior flexibilidade e eficiência à execução do plano, adaptando as metas à realidade institucional e orçamentária em cada etapa do período estabelecido (SGB, 2025). Na Tabela 2 encontram-se expostos os dados quantitativos para cada um dos possíveis cenários. Nas Figuras 4, 5 e 6 encontra-se ilustrados os mapas representativos para os cenários 1, 2 e 3, respectivamente.

Tabela 2 Dados quantitativos para cada um dos possíveis cenários.

Quantitativos	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Número de blocos	34	52	73
Número de folhas cartográficas	148	247	354
Número de folhas cartográficas 1:100.000	140	234	341
Número de folhas cartográficas 1:250.000	8	13	13
Área a ser mapeada em escala 1:100.000 (km²)	420.000	702.000	1.023.000
Área a ser mapeada em escala 1:250.000 (km²)	144.000	234.000	234.000

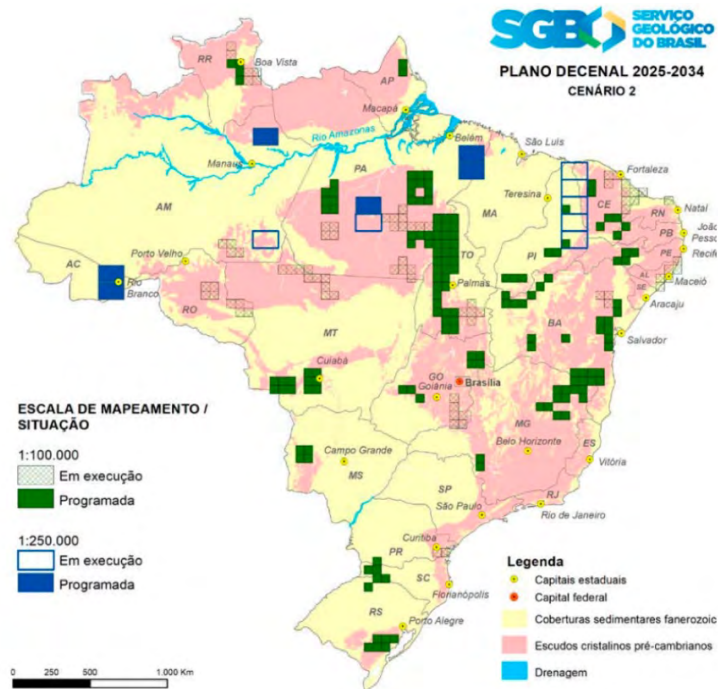
(Fonte: Elaboração própria com dados do SGB, 2025).

Figura 4 Mapa representativo para o cenário 1.



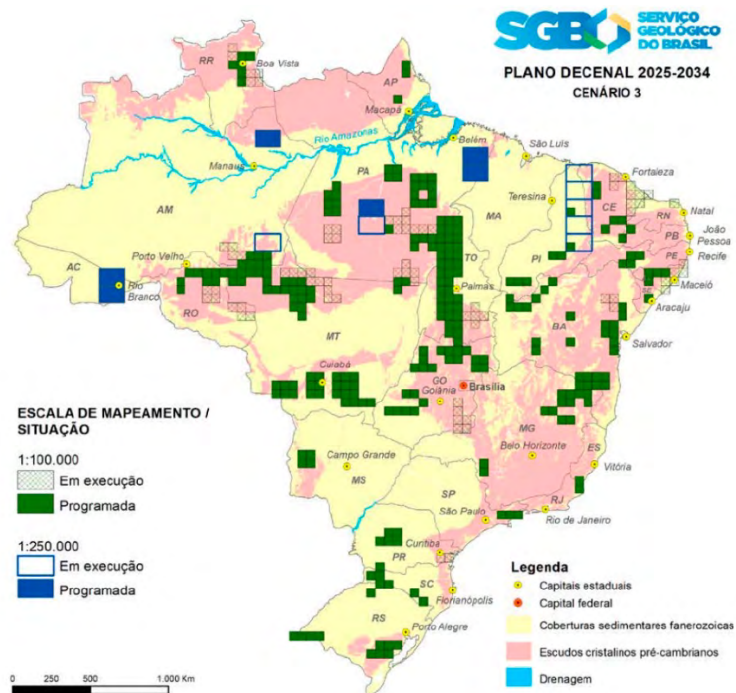
(Fonte: SGB, 2025).

Figura 4 Mapa representativo para o cenário 2.



(Fonte: SGB, 2025).

Figura 4 Mapa representativo para o cenário 3.



(Fonte: SGB, 2025).

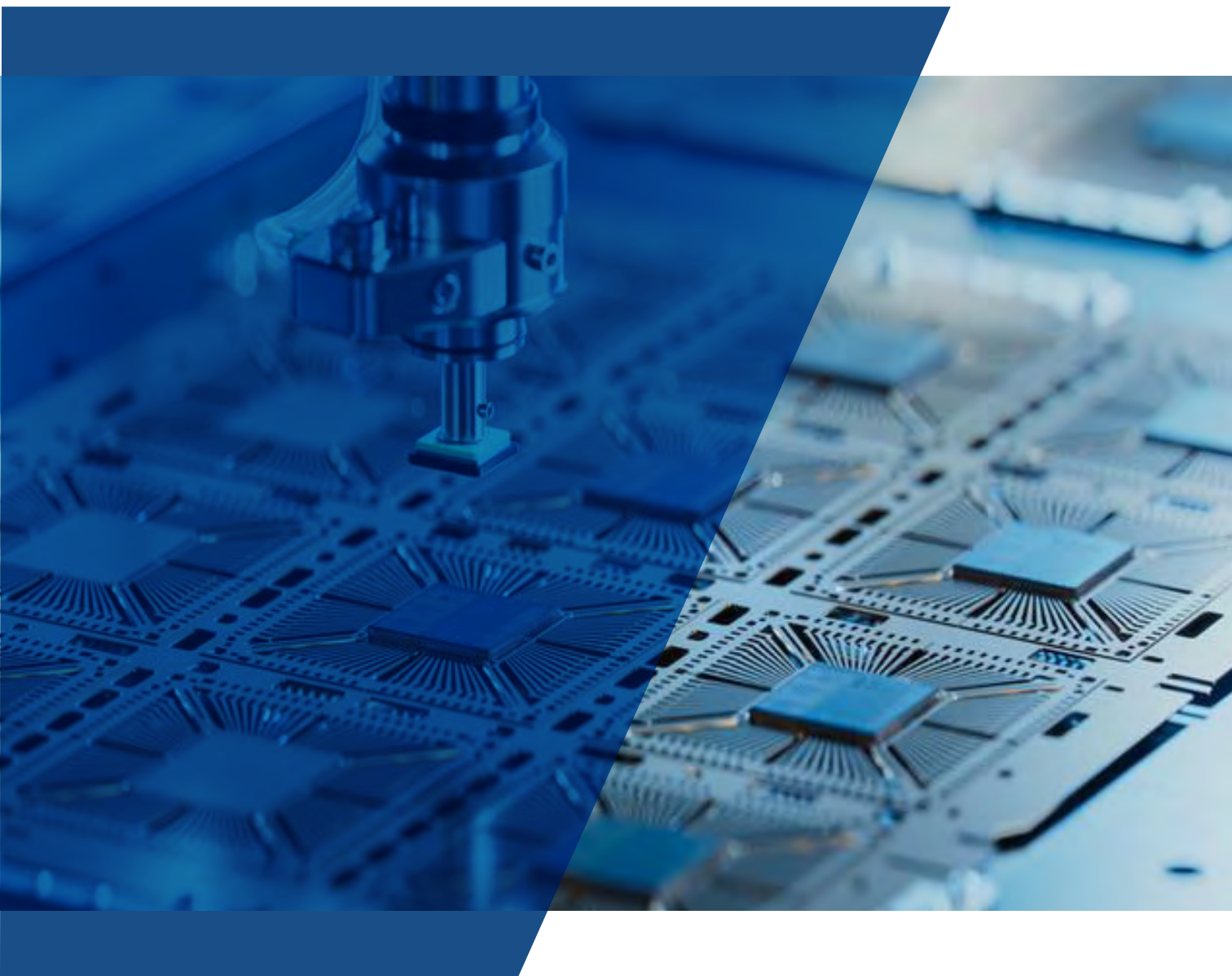
4. DESAFIOS E RECOMENDAÇÕES

A contínua atualização tecnológica e metodológica no mapeamento geológico é fundamental para garantir a precisão, relevância e aplicabilidade dos dados geocientíficos no Brasil. O avanço das tecnologias de informação geográfica, como Sistemas de Informações Geográficas, sensoriamento remoto avançado, além do emprego crescente de métodos geofísicos e geoquímicos modernos, permite uma análise integrada e mais detalhada das características do território nacional (Büchi et al., 2018). A incorporação dessas inovações possibilita realizar diagnósticos mais rigorosos e atualizados para diversos setores, incluindo mineração, planejamento ambiental e uso sustentável do solo.

Superar as limitações financeiras, que historicamente impactaram a abrangência e qualidade dos mapeamentos, depende do fortalecimento das políticas públicas específicas para o setor geocientífico. Isso inclui a destinação adequada de recursos para instituições como o Serviço Geológico do Brasil, além do incentivo a parcerias público-privadas que possam alavancar investimentos em tecnologia, pesquisa e desenvolvimento. Programas nacionais como o PlanGeo, refletem esforços governamentais para dar sustentabilidade orçamentária ao mapeamento e sua atualização continuada, assegurando apoio técnico e institucional necessário (SGB, 2025).

O desenvolvimento da capacitação técnica e formação profissional qualificada é um ponto crucial para atuar tanto em campo, quanto no tratamento dos dados geológicos. A complexidade das metodologias atuais exige profissionais com conhecimento em geologia, geotecnologias, análise de dados espaciais e capacidades multidisciplinares que integrem sustentabilidade, economia e meio ambiente (Büchi et al., 2018). O fortalecimento dos cursos acadêmicos, treinamentos contínuos e programas de intercâmbio com centros de referência internacionais são estratégias essenciais para suprir a demanda crescente por profissionais especializados.

Por fim, a integração dos dados geológicos com outras áreas do conhecimento é essencial para um planejamento urbano, ambiental e econômico mais eficiente. Ao combinar informações geológicas com dados demográficos, ambientais e de infraestrutura, os tomadores de decisão podem promover o desenvolvimento territorial equilibrado, mitigando riscos e maximizando o uso sustentável dos recursos naturais. Essa abordagem interdisciplinar apoia políticas públicas integradas e ações eficazes em diversas esferas, do combate a desastres naturais à implementação de projetos industriais e de infraestrutura urbana.



5. CONCLUSÃO

O mapeamento geológico é uma ferramenta fundamental para o desenvolvimento sustentável do Brasil. Por meio dele é possível obter o conhecimento detalhado e atualizado do território, que constituem ferramentas essenciais para a gestão consciente dos recursos naturais, o planejamento ambiental e o ordenamento territorial. Com o intuito de promover uma mineração mais sustentável e impulsionar o planejamento ambiental e territorial, é de suma importância investir na ampliação e modernização do mapeamento geológico no Brasil.

O conhecimento detalhado e atualizado do subsolo obtido por meio do mapeamento propicia a identificação precisa de depósitos minerais, possibilitando a exploração racional e eficiente das jazidas, reduzindo os impactos ambientais e promovendo o uso consciente dos recursos disponíveis. Além disso, a disponibilização de dados geocientíficos é essencial para o planejamento territorial integrado, que apoie políticas públicas que equilibram a exploração mineral com a conservação ambiental.

A disponibilização de dados geocientíficos é essencial para o **planejamento territorial integrado**, que apoie políticas públicas que equilibram a exploração mineral com a conservação ambiental.

Essa otimização do mapeamento contribui significativamente para a geração de empregos, a atração de investimentos e o aumento da eficiência na utilização dos recursos minerais. Uma vez que se obtém dados mais completos e confiáveis, investidores nacionais e internacionais vêm seus riscos reduzidos, tornando-se mais propensos a investir capital em projetos de mineração e transformação mineral no Brasil. Além disso, a modernização do mapeamento promove o fortalecimento da soberania nacional sobre informações estratégicas relacionadas aos recursos minerais.

Uma vez que se dispõe de dados geocientíficos detalhados e atualizados, o país reduz sua dependência de fontes externas, garantindo maior autonomia para a gestão, fiscalização e planejamento da exploração mineral. Esse controle é essencial para assegurar a segurança jurídica das operações, para a preservação dos interesses econômicos do país e orientar o desenvolvimento sustentável em consonância com as demandas sociais e ambientais atuais. A continuidade dos projetos de mapeamento e a ampliação da infraestrutura técnica e institucional são fundamentais para preencher as atuais lacunas cartográficas e atualizar as informações, em especial para regiões estratégicas como a Amazônia. Desta forma, é possível obter maior eficiência e segurança nas tomadas de decisões em diferentes esferas.

O sucesso desses projetos depende de uma política integrada e colaborativa que envolva o governo, setor privado e a academia, de modo a garantir a articulação entre pesquisa científica, inovação tecnológica e aplicação técnica. Essa integração permite o fortalecimento da capacidade técnica e financeira para a execução dos levantamentos, a incorporação de metodologias avançadas e a formação qualificada de profissionais. Desta forma, será possível assegurar que o Brasil mantenha sua soberania sobre informações estratégicas e amplie os benefícios socioeconômicos advindos do conhecimento geológicos.

Em resumo, o avanço no mapeamento geológico é uma condição estratégica para consolidar um setor mineral sustentável e competitivo, capaz de gerar benefícios econômicos, sociais e ambientais duradouros para o Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arruda Júnior, E. R.; Seoane, J. C. S.; Menezes, P. M. L., L. Geotecnologias Portáteis e Produtos Gratuitos ou de Baixo Custo no Auxílio ao Mapeamento. Revista Brasileira de Cartografia, vol. 62, 2010. pp. 269-276

BAKER, E. et al. Offshore Mining Industries – Chapter 23. [s.l.]: United Nations, 2016.

Büchi, A. et al. Mapeamento geológico na exploração mineral com uso de SIG e Realidade Virtual: estudos metodológicos. Revista Brasileira de Cartografia, v. 70, n. 4, p. 1310-1347, 2018. DOI: 10.14393/rbcv70n4-46144.

Costa, L. T. R. Panorama do Mapeamento Geológico no Brasil. Revista Brasil Mineral, nº 429, pág. 72 a 83, 2023

Calazans, P. M. P. Geovisualização em Ambientes de Realidade Virtual: Mudança de paradigma na Exploração Mineral de Ferrosos. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro Instituto de Geociências, Programa de Pós-graduação em Geologia, 2015. 371p.

Fragoso, R. A.; Benedek, M. R.; Schmitt, R. S.; et al. Os desafios na elaboração do mapa geológico da América do Sul no contexto do Gondwana. Anais do Congresso Brasileiro de Geologia, 2017.

GUO, X. et al. Deep seabed mining: Frontiers in engineering geology and environment. International Journal of Coal Science and Technology, v. 10, n. 23, 2023.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transition. Paris, 2022.

INTERNATIONAL SEABED AUTHORITY (ISA). Marine mineral resources: scientific and technological advances. ISA Technical Study No. 30., 2021.

INTERNATIONAL SEABED AUTHORITY (ISA). Status of contracts for exploration in the area. Secretary-General Annual Report, 2024.

KAIKKONEN, L.; VIRTANEN, E. Shallow-water mining undermines global sustainability goals. Trends in Ecology & Evolution, v. 37, n. 11, p. 933-935, 2022.

Leal, C. F. C.; Linhares, L. Desenvolvimento econômico da Região Centro Oeste: desafios e potencialidades para a atuação do BNDES. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2014.

Lima, I. F.; Vilhena, R. M.; Peixoto Filho, G. E. C. Desafios e demandas da Geologia de Engenharia e Ambiental na Região Centro-Oeste, Brasil. Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (ABGE), 2020.

MARINHA DO BRASIL. Blue Economy. Documento com informações sobre a economia azul, recursos naturais e pesquisa marítima no Brasil, 2023. Disponível em: https://www.marinha.mil.br/sites/all/modules/livro_economia_azul_ingles/arquivo.pdf

MARINHA DO BRASIL. Amazônia Azul - A última Fronteira: Subsídios para o aproveitamento sustentável do mar brasileiro. 3ª.ed. Rio de Janeiro: MARINHA DO BRASIL, 2013.

MME. Ministério de Minas e Energia. Caderno I – Conhecimento Geológico. Plano Nacional de Mineração 2050. Brasília: MME, 2022.

MME. Ministério de Minas e Energia. Plano Nacional de Mineração 2030. Brasília: MME, [s.d.], 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/arquivos/pnm-2030.pdf>.

Machado, M. M. M.; Renger F. E.; Ruchys, U, A. Estruturas Dobradas do Quadrilátero Ferrífero em Perfis Geológicos do Século. Geonomos, v. 18, n. 2, 2010. pp. 73-77.

MERO, J. L. The mineral resources of the sea. Elsevier Oceanography Series., Elsevier Scientific Publishing Company, v. 1, p. 312, 1965.

SGB. Serviço Geológico do Brasil. Plano Decenal de Mapeamento Geológico (PlanGeo) 2025-2034, 2025. Disponível em: https://www.sgb.gov.br/mapeamento_geologico/plangeo.html

SGB. Serviço Geológico do Brasil. Balanço social 2024. 2024. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/25605>.

Szlafsztein, C. F. Desafios e demandas em geologia de engenharia e ambiental na Amazônia Brasileira, Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (RBGEA) - Volume 8, nº 1 e 2, 2018.

VILLAR-MUÑOZ, L. et al. New insights into the marine minerals and energy resources of the Chilean continental shelf with an environmental approach. Earth-Science Reviews, v. 255, p. 104850, 2024.

Artigo 4

MINERAÇÃO EM TERRAS INDÍGENAS: uma análise sobre o passado, o passado recente e a atualidade

Autores: Clarissa Kowarski¹; Felipe Moraes²; Jéssica Germano³

Introdução

No ínterim da história, populações nativas e comunidades indígenas enfrentam disputas territoriais relacionadas aos espaços que ocupam. Por vezes, esses povos se encontram em regiões de difícil acesso, caracterizadas pelo isolamento geográfico em relação a centros administrativos, judiciários e de infraestrutura estatal, dificultando o acesso à participação em processos decisórios e à representação política (Souza, 2025).

No século XX, especialmente a partir da década de 1970, a política indigenista brasileira esteve marcada por um viés assimilacionista, vinculado aos projetos de integração nacional e de ocupação territorial, sobretudo na região Norte do país. Essa orientação buscava incorporar as populações indígenas ao modelo de desenvolvimento em curso, muitas vezes em detrimento de seus modos de vida tradicionais.

1. Clarissa Maria Beatriz Brandão de Carvalho Kowarski, Professora da Universidade Federal Fluminense, Advogada, Bacharel pela Faculdade Nacional de Direito da UFRJ (2001), Mestre (2003) e Doutora (2010) em Direito Internacional e Integração Econômica pelo Programa de Pós-Graduação em Direito da Faculdade de Direito da UERJ. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6751-3239>
2. Felipe Reis Pompeu de Moraes, Pós-Doutorando em História Social pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Advogado, Bacharel pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (2013), Mestre (2018) e Doutor (2024) em História, Política e Bens Culturais pelo Centro de Pesquisa e Documentação de História Contemporânea do Brasil. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7204-7858>
3. Jéssica Germano de Lima Silva, Pesquisadora da Fundação Getúlio Vargas (FGV Energia), Pós-Doutoranda, Doutora (2023) e Mestre (2016) em Estudos Marítimos pelo Programa de Pós-graduação em Estudos Marítimos da Escola de Guerra Naval (PPGEM/EGN), Graduada (2014) em Defesa e Gestão Estratégica Internacional, pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7399-7357>

Disclaimer: Este artigo expressa as opiniões dos autores, não apresentando necessariamente a opinião institucional da FGV.

Esse quadro passou a ser alterado nos anos subsequentes. Ainda assim, permanece em debate a questão do aproveitamento dos recursos naturais, em especial minerais, em Terras Indígenas (TIs). Trata-se de um tema complexo, que envolve múltiplos interesses e atores, e que segue em aberto na agenda política e regulatória brasileira.

O tema atravessou o longo processo de redemocratização brasileiro, os debates na Assembleia Nacional Constituinte (1987-1988) e ainda permanece como centro das discussões nos poderes Legislativo e Judiciário na atualidade. Desde meados das décadas de 1960 a 1990, o interesse econômico sob dezenas de áreas indígenas era notório. Estimativas de 1987, citadas por Emanuel Harmut Kayser, já apontavam que as jazidas minerais nessas áreas ultrapassavam a cifra de US\$ 40 bilhões (Kayser, 2010).

O interesse em regulamentar essas áreas para a exploração econômica, portanto, era uma prioridade para os mais diversos setores há pelo menos cinco décadas. Fontes bibliográficas fidedignas indicam a existência de grupos de pressão legislativa, representados por empresas que teriam se articulado e contribuído de forma decisiva para a redação atual dos artigos 176 e 231 da Constituição Federal de 1988 (CF/88) (Kolk, 1996).

Há de se observar que é fato incontroverso a possibilidade de se explorar minérios em áreas indígenas, desde que haja autorização do Congresso Nacional, oitiva dos povos indígenas e a edição de lei regulamentadora, conforme previsto na Constituição Federal, em seu artigo 231, parágrafo 3º:

“O aproveitamento dos recursos hídricos, incluídos os potenciais energéticos, a pesquisa e a lavra das riquezas minerais em terras indígenas só podem ser efetivados com autorização do Congresso Nacional, ouvidas as comunidades afetadas, ficando-lhes assegurada participação nos resultados da lavra, na forma da lei” (Brasil, 1988).

Neste contexto, dados de 2007 demonstram que a referida previsão constitucional resultou em 4.627 requerimentos de pesquisa mineral e 244 pedidos de títulos minerários sobre um total de 41 territórios. É crucial diferenciar os interesses minerários (que geram mera expectativa de direito, como os requerimentos de pesquisa) dos títulos minerários (que constituem direitos individuais concedidos pelo poder público). Essa distinção é fundamental para a correta aplicação legal (Curi, 2007).

O presente artigo, embasado em uma análise jurídica se propõe a examinar a situação jurídico-legal da exploração minerária em áreas indígenas, por meio de uma breve retrospectiva histórica, considerando a interconexão entre os impasses do passado e do presente. Apesar da previsão constitucional, os inúmeros projetos de lei que tramitaram ao longo dos anos no parlamento não obtiveram o quórum necessário para a regulamentação, devido a diversos fatores. Dentre eles, destacam-se: a indefinição sobre a administração dos rendimentos destinados aos povos indígenas, a polarização política, e a resistência de setores da sociedade civil e de entidades como o Ministério Público Federal, a Defensoria Pública da União e o movimento indígena (como o Conselho Indigenista Missionário - CIMI e a Fundação Nacional dos Povos Indígenas - FUNAI).

A justificativa para este trabalho reside na contemporaneidade da discussão e na necessidade de uma leitura histórico-legislativa para compreender os motivos pelos quais esse vazio normativo ainda persiste. O objetivo primordial não é aprofundar questões históricas, mas sim identificar o panorama atual, incluindo os recentes esforços do Supremo Tribunal Federal (STF) para solucionar o impasse, como o Mandado de Injunção 7490. O referido mandado mostra-se um marco a ser refletido, pois direciona 100% dos recursos do valor da Compensação Financeira pela Utilização dos Recursos Hídricos (CFURH), hoje repassada à União, diretamente às comunidades indígenas afetadas pela Usina Hidrelétrica de Belo Monte.

Este artigo se debruçará na análise de um dos principais impasses durante a tramitação dos projetos de lei sobre a regulamentação da atividade minerária e outras correlatas nas áreas indígenas: ausência de consenso quanto ao repasse de parte dos lucros decorrentes da atividade minerária e de atividades correlatas às comunidades indígenas afetadas.

1. PROJETOS DE LEI SOBRE A MINERAÇÃO EM TERRAS INDÍGENAS

O debate sobre a mineração em Terras Indígenas tem sido constantemente discutido no Congresso Nacional. Foram inúmeros os projetos de lei que, embora tenham sido pauta em diversas comissões, nunca foram aprovados. As persistentes tentativas de regulamentar a atividade se conectam aos conflitos de interesse, o potencial econômico dos recursos naturais, os direitos constitucionais dos povos indígenas, dentre outras questões.

1.1 Propostas legislativas e decretos

Após a promulgação da Constituição Federal de 1988, o primeiro projeto de lei sobre a mineração em TIs foi o Projeto de Lei de 1989, de autoria do Senador Severo Gomes. Aprovado no Senado Federal, o projeto, contudo, foi arquivado na Câmara dos Deputados em 1990, inviabilizando sua transformação em lei e demonstrando a primeira grande barreira política enfrentada pela agenda da mineração em terras indígenas.

Em 1991, o Projeto de Lei 2057/1991 propôs uma reforma do Estatuto das Sociedades Indígenas, que havia sido aprovado na década de 1970. Além de abordar questões controversas como a capacidade civil relativa dos povos indígenas, o projeto também incluía disposições sobre a mineração. Apesar de sua relevância, a proposta não avançou na Câmara dos Deputados, conforme registrado nos Anais da Câmara dos Deputados e relatórios legislativos.

Quatro anos depois, foi apresentado o controverso PL 121/1995, que mais tarde foi renomeado para PL 1610/1996. Aprovado no Senado e com substitutivos na Câmara, o projeto detalhava o procedimento de concessão de lavra em TIs. O texto sugeria dentre as condições: a inclusão de um contrato firmado entre a empresa vencedora da licitação e a União, além da participação e oitiva das comunidades indígenas afetadas. Conforme o Parecer da Comissão de Meio Ambiente, Defesa do Consumidor e Fiscalização e Controle do Senado, o projeto, no entanto, foi criticado pela falta de participação popular, o que levantou questões sobre a destinação da renda obtida com a exploração dos minerais, além da necessidade de estudos ambientais e antropológicos que avaliassem o real impacto da iniciativa (Brasil, 1996b).

1.2 Propostas recentes, projetos de lei em trâmite e a oposição da sociedade civil

Entre os anos de 2006 e 2008, novas propostas vinculadas ao PL 1610/96 surgiram, mas também não avançaram. Já no governo de Jair Bolsonaro (2019-2022), foi proposto o PL 191/2020, de autoria do próprio Poder Executivo, que regulamentava a mineração, a exploração de hidrocarbonetos e o aproveitamento hídrico em Terras Indígenas, o que incluía a previsão de indenização para as comunidades afetadas pela atividade minerária. O projeto foi protocolado em fevereiro de 2020 e, apesar de ter sido reativado em 2022, acabou arquivado em abril do mesmo ano, conforme consta no Portal da Câmara dos Deputados (Brasil, 2020).

Em diferentes níveis, todos esses projetos de lei enfrentaram oposição de entidades indígenas, ambientalistas e organizações de direitos humanos, além da Defensoria Pública da União (DPU) e de outros setores da sociedade civil, como o Conselho Indigenista Missionário. A resistência desses setores da sociedade civil e de órgãos de controle, como MPF tem sido um dos principais fatores que impedem a aprovação dessas propostas, perpetuando o impasse regulatório sobre a exploração mineral em Terras Indígenas.

Apesar da suspensão do PL 191/2020, outras propostas legislativas sobre o tema continuam em debate. O PL 1.331/2022, por exemplo, foi aprovado na Comissão de Direitos Humanos (CDH) do Senado e busca autorizar a pesquisa e o garimpo em TIs, desde que haja consentimento das comunidades afetadas. O projeto segue para análise em outras comissões, como a de Meio Ambiente. Em sentido oposto, um projeto de lei focado no combate à mineração ilegal, o PL 2933/22, também avança na Câmara dos Deputados, propondo o aumento das penas para crimes ambientais em terras indígenas. Essas iniciativas mostram que, mesmo com o impasse sobre a regulamentação, o tema da mineração em territórios indígenas continua a ser um ponto central na agenda legislativa brasileira, permeado por diversos interesses antagônicos.

O Poder Executivo federal também tentou regulamentar a exploração minerária, a partir dos conhecidos decretos-lei. Sob essa forma não seria necessário acordos com o congresso e arranjos partidários. Um conhecido decreto foi o de nº 88.985/1983, cujo objetivo principal era regulamentar os artigos 44 e 45 da Lei nº 6.001/1973, o então Estatuto do Índio, bem como estabelecia como deveria ocorrer a exploração de riquezas minerais em Terras

Indígenas. Com a promulgação da Constituição de 1988, a lei acabou se tornando inconstitucional, por força do supracitado artigo 231, parágrafo 3º.

Embora emblemático, não foi o único. Em um contexto pós redemocratização, um novo decreto-lei surgiu e acabou suspenso pela atuação do Judiciário, via liminar concedida por varas de primeira instância da justiça federal do Distrito Federal, não obstante a própria desistência do presidente em exercício a época que o revogou voluntariamente, após forte pressão de setores contrapostos, por ambientalistas e pelos povos indígenas da região. Os mesmos apontavam que a extinção poderia abrir caminho para a mineração em áreas de conservação e em Terras Indígenas sobrepostas à reserva. O objetivo era o de extinguir a Reserva Nacional do Cobre e seus Associados (RENCA), uma vasta área entre os estados do Pará e o Amapá, foi mais uma tentativa via decreto (nº 9.142/2017) de se explorar economicamente áreas indígenas.



O último decreto foi o de nº 10.965/2022. O objetivo era alterar o regulamento do Código de Mineração (Decreto nº 9.406/2018), criando um programa de incentivo à mineração artesanal e em pequena escala (Pró-Mape). A proposta levantou preocupações de que a flexibilização das regras poderia ser utilizada como uma forma de legalizar o garimpo clandestino, prática comum nas Terras Indígenas, mas ainda assim ilegal. Dessa vez, o Supremo Tribunal Federal, concedeu uma liminar que suspendeu a eficácia de alguns trechos específicos do referido decreto. A liminar era demandada via Ação Direta de Inconstitucionalidade (ADI) proposta pelo partido PSB. Há de ser destacado o papel ativista do Supremo em relação a pressão exercida nos últimos meses para regulamentar a atividade em questão. Mais especificamente, o Mandado de Injunção (MI) 7490 impetrado por associações indígenas do Médio Xingu, merece destaque.

1.3 MI 7490

O Mandado de Injunção foi impetrado por associações indígenas do Médio Xingu, do estado do Pará (PA) que foram afetadas pela construção da Usina Hidrelétrica de Belo Monte. Elas solicitavam que os direitos garantidos pela Constituição, como participação nos resultados de empreendimentos em seus territórios, fossem efetivamente garantidos, mesmo sem uma lei específica regulamentadora. À época, representantes da suprema corte reconheceram que o Congresso Nacional cometeu uma “omissão legislativa” ao não regulamentar os artigos 176, § 1º, e 231, § 3º, da Constituição.

Enquanto persistir tal omissão, foi estabelecido, em caráter liminar, (ou seja, provisório até que ocorresse a análise colegiada do tribunal) a transferência de 100% do valor da Compensação Financeira pela Utilização dos Recursos Hídricos, hoje repassada à União, diretamente às comunidades indígenas afetadas por Belo Monte. Em segundo lugar, garantiu a possibilidade de celebração de acordos entre indígenas, União, estados, municípios, concessionária e Ministério Público, com valores potencialmente superiores, desde que com transparência e em favor coletivamente das comunidades.

Tal decisão pode acarretar na aplicação da mesma lógica de repasse de CFURH a outros empreendimentos hidroelétricos em territórios indígenas, bem como outras atividades, como da mineração. A medida ainda foi referendada por unanimidade pelo plenário virtual do STF.

2. REPARTIÇÃO DE LUCROS DA MINERAÇÃO E ATIVIDADE CORRELATA EM TERRAS INDÍGENAS

A tramitação dos projetos de lei (infraconstitucionais) que regulamentariam a atividade minerária e outras atividades correlatas nas áreas indígenas afetadas não alcançou consenso sobre o repasse do percentual dos lucros às comunidades. Embora haja previsão constitucional para essa destinação de recursos (Brasil, Constituição Federal), a discussão sobre qual percentual seria destinado às comunidades sempre envolveu problemas mais profundos (Projeto de Lei 1610/1996; Brasil, Constituição Federal, 1988).

Os imbróglios são múltiplos. Destinar uma parte razoável dos lucros dessas atividades às comunidades indígenas não se limita à ausência de motivação por parte das mineradoras. A questão, fundamentalmente, perfaz a ausência de consenso sobre quem administraria esses recursos. O Estatuto do Índio, prevê a capacidade civil relativa dos povos indígenas (Estatuto do Índio, 1973). Apesar de inúmeras decisões judiciais atribuírem capacidade jurídica e postulatória a eles, os artigos associados à capacidade civil não foram declarados inconstitucionais (Ibidem).

Essa controversa legislação infraconstitucional faz com que entidades como a FUNAI sejam consideradas uma possível administradora desses recursos. Contudo, diversas lideranças indígenas podem ou devem se opor a essa tutela estatal vigente (OIT, 1989/2004), o que dificulta uma comparação adequada ao que aconteceu no Canadá, por exemplo.

2.1 Comparação ao modelo canadense

Este artigo não tem como objetivo discutir problemáticas de decisões judiciais que possam, eventualmente, ultrapassar a competência do Poder Legislativo para dirimir as celeumas que a sociedade brasileira enfrenta. Em termos mais específicos, este trabalho não se propõe a discutir as controvérsias associadas ao ativismo judicial brasileiro e seus impactos práticos, como a possível falta de participação popular nas decisões emanadas por juízes (Barroso, 2009).

No entanto, mostra-se necessário ponderar ou questionar se a falta de participação das entidades da sociedade civil nessas discussões, como a questão da autonomia indígena, não prejudicaria a solução de impasses como esse. Especificamente, se têm sido realizados estudos ou análises técnicas adequadas sobre a mineração nas áreas indígenas (Ibidem). De fato, países com alto percentual de populações indígenas, como Canadá, Estados Unidos e Austrália, também enfrentaram dilemas relativamente parecidos sobre a questão do repasse dos lucros dessas atividades de exploração às comunidades indígenas afetadas, mas possuem legislações sobre a questão muito diferentes, como no caso do Canadá (Soares, 2019).

Apesar da necessidade de se construir paralelos, a realidade brasileira é única, o que envolve um sistema judicial, uma legislação vigente e políticas de assimilação forçada próprios. No Canadá, por exemplo, o país é percebido como mais aberto ao capital estrangeiro e à iniciativa privada, impulsionando uma indústria mineral bastante robusta, mas fundamentalmente concede maior autonomia aos seus (Long, 2019; FNFMB, 2023; Soares, 2019, p. 55).

2.2 O Modelo canadense e a autonomia indígena

Em termos mais exatos, cada província canadense “possui poder exclusivo sobre a exploração, beneficiamento, conservação e gestão dos minérios localizados dentro de seus territórios, independentemente de quem é o proprietário da área ou dos minerais” (Federal Policy Guide, 1995). A centralização do poder federal sobre os estados, observada no Brasil, já é uma diferença importante a ser verificada.

Outro ponto relevante na realidade canadense é a existência de um sistema denominado “livre acesso” aos indivíduos interessados em realizar os referidos trabalhos de exploração da área. Eles podem requerê-la desde que observado o critério “*first come, first served*” e preenchidas todas as formalidades necessárias, conforme a legislação canadense. Nessa modelagem, “indivíduos interessados em realizar trabalhos de exploração mineral devem solicitar a autorização às autoridades competentes, as quais terão discricionariedade para aprovar ou rejeitar tal solicitação” (Act to Amend the Indian Act, 1985; The Constitution Act, 1982; Soares, 2019).

Ao contrário do Brasil, os canadenses contam com leis como “*The Constitution Act de 1982*” e “*The Act to Amend the Indian Act de 1985*”, que já reconheciam o direito à autonomia dos povos aborígenes (indígenas, esquimós e miscigenados). Essas leis chamam a atenção pelo fato de que, desde o início da década de 80, os indígenas já podiam negociar diretamente seus *royalties* decorrentes da atividade minerária sem a intermediação de nenhum órgão estatal específico (Ibidem).

A segunda lei (*The Act to Amend the Indian Act*) trata especificamente de três princípios relacionados à cultura indígena, considerados fundamentais:

- I. eliminar todas as discriminações existentes;
- II. devolver o status de índio a todas as pessoas que o tenham perdido; e;
- III. assegurar às tribos indígenas o direito de controlar seus próprios membros (Ibidem).

A única condição para a autonomia indígena no Canadá está prevista no “*Aboriginal Self-government*”, instrumentalizado pelo “*Federal Policy Guide*” de 1995. Segundo o referido documento, a autonomia indígena está condicionada à observância das outras jurisdições existentes (federal, provincial ou territorial) (Ibidem).

Em síntese, ao contrário do Brasil, as comunidades indígenas canadenses possuem plena autonomia para decidir se querem, de fato, a exploração e o aproveitamento dos recursos minerais em seus territórios. Em segundo lugar, os aborígenes canadenses detêm a titularidade de suas terras, o que não ocorre com os povos indígenas do Brasil (Soares, 2019).

Ao contrário do Brasil, as **comunidades indígenas canadenses** possuem **plena autonomia** para decidir se querem, de fato, a **exploração e o aproveitamento** dos recursos minerais em seus territórios.

2.3 Reflexões sobre a questão

A referida decisão é um contraponto de impasses entre:

- a) povos indígenas que defendem seus territórios como espaço de vida e cultura; e
- b) a bancada ruralista e as empresas de mineração que pressionam por abertura das Terras Indígenas, alegando potencial econômico (ouro, nióbio, cassiterita, diamantes etc.).

Esse choque de interesses cria um impasse político no Congresso.

Um segundo ponto é a pressão internacional envolvendo a questão, como o fato do Brasil ser signatário da Convenção 169 da Organização Internacional do Trabalho (OIT) e de outros tratados, como a Declaração da ONU sobre Direitos dos Povos Indígenas (UNDRIP, na sigla em inglês de *Declaration on the Rights of Indigenous Peoples*).

No Brasil, observa-se que os povos originários encontram obstáculos à participação efetiva nas instâncias deliberativas, o que por vezes culmina na ausência de suas perspectivas nos processos que impactam diretamente seus territórios e modos de vida. Ainda assim, alguns de seus representantes têm projetado ideias em defesa não apenas de seus povos, mas também do meio ambiente, em sentido mais amplo.

Entre esses pensadores, Ailton Krenak ressalta que práticas de exploração que incidem sobre territórios indígenas ou sobre espaços compartilhados por comunidades tradicionais não produzem apenas impactos ambientais mensuráveis, mas reconfiguram a dimensão existencial dessas populações. Na perspectiva do autor, o rompimento desse elo pode deixar um povo órfão de sua própria memória e de suas formas de pertencimento, ultrapassando a esfera material e alcançando a cultura e identidade dessas comunidades (Krenak, 2019).

Essa é uma das diversas perspectivas que podem ser aplicadas aos TIs com potencial econômico, a serem explorados no país, mas não a única. A dicotomia conecta-se diretamente ao impasse sobre a mineração em Terras Indígenas no Brasil, no qual a ausência de definições perpetua tanto a exploração ilegal quanto a vulnerabilidade desses povos.

CONCLUSÃO

A discussão sobre a exploração de minérios em Terras Indígenas no Brasil é complexa e reflete um impasse sociopolítico que se estende por décadas. A ausência de entendimento formal sobre o tema, apesar das previsões constitucionais desde 1988, resultou em um vácuo normativo que persiste até hoje, que coexiste com explorações clandestinas nas TIs. Diante disso, o Poder Judiciário, especialmente o Supremo Tribunal Federal, tem constitucionalmente buscando garantias que resguardecem os direitos dos povos indígenas e a proteção ambiental.

Essa intervenção judicial se manifesta em dois pontos de destaque: a suspensão de decretos que flexibilizavam as regras de mineração, como o de nº 10.965/2022, e a emissão de decisões inovadoras como a do Mandado de Injunção 7490. Esta última, ao garantir compensações financeiras diretas às comunidades indígenas na ausência de uma lei, demonstra que a Justiça busca, de forma proativa, proteger os direitos fundamentais. Considera-se que apesar do esforço institucional para resguardar o ordenamento jurídico brasileiro nesses temas, a realidade atesta que alguns desses direitos são violados por terceiros.

Considerando as variadas perspectivas sobre a temática, observa-se que a exploração mineral em Terras Indígenas vai além de uma questão jurídica ou econômica, que por vezes tende a não considerar os vínculos culturais e comunitários existentes entre essas populações e seus territórios. Tal perspectiva reforça que a regulamentação da mineração em tais espaços, preferencialmente, não se restrinja a aspectos técnicos ou normativos, mas reconheça a pluralidade de interesses envolvidos.

Em última análise, o impasse revela a complexidade do tema e sugere que sua superação não depende exclusivamente da atuação de um dos poderes do Estado, mas de processos de diálogo e articulação compatíveis com a institucionalidade democrática e dos princípios constitucionais. Ademais, foi observada ainda a dificuldade brasileira em alcançar um entendimento sobre a repartição dos lucros da mineração em Terras Indígenas, fundamentalmente, associada ao impasse. A capacidade civil relativa imposta aos indígenas está prevista no Estatuto Indígena de 1973, gerando um conflito sobre quem deve administrar esses recursos advindos dessa atividade (se a FUNAI ou as próprias comunidades), contrastando ao modelo canadense, anteriormente apresentado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROSO, L. R. Judicialização, ativismo judicial e legitimidade democrática. *Revista de Direito do Estado*, 13, 71–91, 2009.

BRASIL. [Constituição (1988)]. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília, DF: Presidência da República, [2025]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 8 set. 2023.

BRASIL. Câmara dos Deputados. *Projeto de Lei nº 1610, de 1996*. Dispõe sobre a exploração e o aproveitamento de recursos minerais em terras indígenas. Brasília: Câmara dos Deputados, 1996a. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=16969>. Acesso em: 21 ago. 2025.

BRASIL. Câmara dos Deputados. *Projeto de Lei nº 191, de 2020*. Regulamenta o § 1º do art. 176 e o § 3º do art. 231 da Constituição para estabelecer as condições específicas para a realização da pesquisa e da lavra de recursos minerais e hidrocarbonetos e para o aproveitamento de recursos hídricos para geração de energia elétrica em terras indígenas. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2236765>. Acesso em: 21 ago. 2025.

BRASIL. Câmara dos Deputados. *Projeto de Lei nº 2933, de 2022*. Aumenta as penas para crimes de mineração ilegal praticados em terras indígenas. Disponível em: <https://www.gov.br/funai/pt-br/assuntos/noticias/2025/comissao-da-camara-aprova-projeto-que-aumenta-penas-para-mineracao-ilegal-em-terras-indigenas-1>. Acesso em: 21 ago. 2025.

BRASIL. Fundação Nacional dos Povos Indígenas (FUNAI). *Governo Lula pede retirada de projeto de lei que prevê mineração em terras indígenas*. Gov.Br. Brasília: FUNAI, 14 mar. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/funai/pt-br/assuntos/noticias/2023/governo-lula-pede-retirada-de-projeto-de-lei-que-preve-mineracao-em-terras-indigenas>. Acesso em: 21 ago. 2025.

BRASIL. *Lei n. 6.001, de 19 de dezembro de 1973* (Estatuto do Índio), 1973.

BRASIL. Senado Federal. Comissão de Meio Ambiente, Defesa do Consumidor e Fiscalização e Controle. *Parecer ao Projeto de Lei nº 1610, de 1996*. Dispõe sobre a exploração e o aproveitamento de recursos minerais em terras indígenas. Brasília: Senado Federal, 1996b. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=16969>. Acesso em: 13 set. 2025.

BRASIL. Senado Federal. *Projeto de Lei nº 1331, de 2022*. Regulamenta a pesquisa e o garimpo em terras indígenas. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2025/08/20/cdh-aprova-regras-para-exploracao-mineral-em-terras-indigenas>. Acesso em: 21 ago. 2025.

CANADA, *Federal Policy Guide: Aboriginal Self-Government – The Government of Canada’s Approach to Implementation of the Inherent Right and the Negotiation of Aboriginal Self-Government*, 1995.

CANADA, *The Act to Amend the Indian Act (Bill C-31)*, 1985.

CANDADA, *The Constitution Act (Section 35)*, 1982.

CASTRO, Luís Felipe Perdigão de; CASQUEIRO ALVES, Fernando. Mineração em terra indígena e o estado de coisas inconstitucional: aspectos jurisprudenciais, conflitos e (in)segurança dos povos indígenas. *Revista de Direito Econômico e Socioambiental*, Curitiba, v. 15, n. 3, p. e279, 2024. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/direitoeconomico/article/view/30135>. Acesso em: 13 set. 2025.

CONSELHO INDIGENISTA MISSIONÁRIO (CIMI). *Exploração Mineral em Terras Indígenas - PL 1610-A*, de 1996, por Paulo Machado Guimarães. 20 jun. 2004. Disponível em: <https://cimi.org.br/2004/06/21640/>. Acesso em: 21 ago. 2025.

CURI, Melissa Volpato. Aspectos legais da mineração em terras indígenas. *Revista de Estudos e Pesquisas*, Brasília, v. 4, n. 2, p. 221-252, dez. 2007.

FREIRE, William (Org.). *Mineração em terras indígenas na América Latina: Desenvolvimento e Meio Ambiente*. Belo Horizonte: EKLA – Konrad-Adenauer-Stiftung, 2020. Disponível em: https://william-freire.com.br/wp-content/uploads/2021/02/EBOOK-LeonardoNemer_TiagoMatos_Minerao_MIOLO.pdf. Acesso em: 21 ago. 2025.

KAYSER, Hartmut-Emanuel. *Os direitos dos povos indígenas do Brasil: desenvolvimento histórico e estágio atual*. Porto Alegre: Sergio Antonio Fabris, 2010.

KOLK, A. *Forests in international environmental politics, international organizations, NGOs and the Brazilian Amazon*. Amsterdam: International Books, 1996.

KOPENAWA, Davi; ALBERT, Bruce. *A queda do céu: palavras de um xamã yanomami*. São Paulo: Companhia das Letras, 2015. (Prefácio de Ailton Krenak).

KRENAK, Ailton. *Ideias para adiar o fim do mundo*. São Paulo: Companhia das Letras, 2019.

ROCHA, Alan Pierre Chaves; DE SEABRA, Henrique Costa; DOS SANTOS, Rosineia Oliveira. OS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS CAUSADOS PELA MINERAÇÃO EM TERRAS INDÍGENAS NO BRASIL. *ARACÊ*, [S. l.], v. 7, n. 4, p. 20658-20671, 2025. Disponível em: <https://periodicos.newscience-publ.com/arace/article/view/4734>. Acesso em: 13 set. 2025.

SANTILLI, Márcio. *Os direitos indígenas e a Constituição*. Porto Alegre: Núcleo de Direitos Indígenas, 1993.

Soares, L. B. *(Un)changing Indigenous land claims policy: evidences from a cross-national comparison between Brazil and Canada* [Tese de Doutorado]. Universidade Federal de Minas Gerais, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/items/c3d167ad-0490-4002-bd21-f4470320dd80>

SOUZA, Roberta Kelly Silva. A LUTA DOS INDÍGENAS PELOS DIREITOS AO ACESSO À JUSTIÇA E AO MEIO AMBIENTE ECOLÓGICAMENTE EQUILIBRADO EM TEMPOS DE PANDEMIA COVID-19. *Nova Hileia | Revista Eletrônica de Direito Ambiental da Amazônia*. ISSN: 2525 – 4537, [S.l.], v. 17, n. 3, jan. 2025. ISSN 2525-4537. Disponível em: <<https://formularios.uea.edu.br/index.php/novahileia/article/view/3098>>. Acesso em: 13 set. 2025.

THEODORO, Suzi Huff; JUSTO, Ana Paula; SIQUEIRA, Caroline Gomide; BASÍLIO, Cisnea Meneses; SCLiar, Claudio; CARVALHO, Danyel; AZEVEDO, Iloé Listo de & TIBIRIÇÁ, Luciana. (Coord.). *Mineração em Terras Indígenas: um posicionamento necessário*. Brasília: FEBRAGEO, 2020.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE (WWF). *Projeto de lei que permite minerar em Terra Indígena volta à cena duas décadas depois*. WWF Brasil, 18 jun. 2015. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?46223/Projeto-de-lei-que-permite-minerar-em-Terra-Indigena-volta--cena-duas-dcadas-depois>. Acesso em: 21 ago. 2025.



Artigo 5

A MINERAÇÃO NO AMAZONAS

Autor: João Orestes Schneider Santos¹

1. Possui graduação em Geologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1969), doutorado em Geoquímica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2000) e pós-doutorado na Universidade de Western Australia (2004). É pesquisador adjunto dessa universidade (UWA, staff number 00061478) e pesquisador associado da Curtin University (staff number 226288K), ambas em Perth, Austrália. Criador de GeoAmazon Pty Ltd empresa que presta consultoria na geologia da América do Sul e em geologia isotópica.

Disclaimer: Este artigo expressa as opiniões dos autores, não apresentando necessariamente a opinião institucional da FGV.

A mineração na região amazônica se apresenta como um objeto de análise desafiador, na medida em que deve ser levado em consideração os dilemas entre desenvolvimento econômico, sustentabilidade e conservação ambiental, além dos impactos sociais e ordenamento territorial. Além disso, parte do debate público é pautado por percepções externas ao setor, frequentemente com embasamento técnico restrito, mas que podem ser amplificadas pela cobertura da mídia. Nesse contexto, a ausência de uma busca sistemática por informações junto à órgãos oficiais, como a Agência Nacional de Mineração (ANM), ou a especialistas das áreas, contribui para a difusão de narrativas e percepções simplificadas sobre a mineração

Com exceção do Brasil, todos os países de dimensões continentais - Canadá, Austrália, China, Estados Unidos, Rússia e África do Sul - são grandes produtores do mercado mineral, cuja participação no Produto Interno Bruto é expressivo. Ao considerar apenas o extrativismo mineral (sem incluir metalurgia, siderurgia e química mineral), a participação do PIB varia de 2,5%, a exemplo dos Estados Unidos, até 13,6%, como na Austrália. Por sua vez, a participação da mineração brasileira (indústria extrativa) no PIB é bastante modesta, com 1,2%, de acordo com o IBRAM, refletindo uma produção anual de US\$ 39 bilhões.

O volume, à primeira vista, pode parecer grande, mas fica irrisório quando comparado com as produções minerais anuais da Austrália (US\$ 455 bilhões), Rússia (US\$ 320 bilhões), China (US\$ 218 bilhões), Canadá (US\$ 161 bilhões) e Estados Unidos (US\$ 83 bilhões). A título de comparação, no Brasil, enquanto a participação do setor agropecuário no PIB é de 29%, a do setor mineral representa apenas 1,2%.

Se retirarmos desse cálculo a produção de ferro proveniente de Carajás e de Minas Gerais, a participação cai para apenas 0,4-0,5%, o que demonstra o baixo volume de investimentos destinados a outros insumos minerais, dentre eles os minerais estratégicos. Essa configuração, marcado por uma produção ainda limitada, indica que a mineração permanece como um dos setores com maior potencial de expansão no Brasil, podendo alcançar um patamar produtivo estimado em pelo menos US\$ 80 bilhões anuais.

Tabela 1 Participação do setor mineral no PIB de países selecionados

País	PIB (%)	Produção mineral (em U\$ bilhões/ano)	PIB total (em U\$ trilhões)	Fonte
EUA	2,50	83,17	27,72	FRED- Federal Reserve Database
Brasil	1,20	39,0	11,70	IBRAM
Austrália	13,60	455,0	1,73	International Trade Administration
Canadá	8,00	161,0	2,33	Natural Resources Canada
Rússia	11,23	320,0	2,24	USGS publications
China	3,50	218,0	17,79	National Bureau of Statistics of China
Índia	2,50	9,95	18,00	Wikipedia
África do Sul	7,30	30,51	0,418	Statista

Fonte: Elaboração própria com dados do IBRA; International Trade Administration; Natural Resources Canada; USGS National Bureau of Statistics of China; Wikipedia; e Statista.

O ferro é a principal *commodity* do Brasil, sendo que, entre as sete maiores empresas de mineração com atuação no país, ao menos cinco são produtoras de ferro (Vale SA, MBR-Mineração Brasileira Reunidas SA, Anglo American Minério de Ferro Brasil SA, CSN Mineração LTDA, Mineração USIMINAS SA). Além do ferro, se destacam como substâncias de maior relevância no país a alumina-bauxita, o nióbio e o ouro. Historicamente, o Brasil exerceu papel de destaque no cenário mineral global: foi o maior produtor mundial de diamantes entre 1725 e 1866, em Minas Gerais (IBRAM), liderou a produção de ouro entre 1700 e 1850, especialmente em Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso (Revista Ciência Hoje), e se consolidou, desde 1955, como o principal produtor mundial de nióbio, com destaque para a região de Araxá (MG). Ademais, na década de 1980, o país ocupou a liderança na produção global de estanho.”

Nesse contexto, o presente artigo irá se debruçar para analisar as principais razões dos desafios da mineração do Brasil, em especial, no estado do Amazonas. Em linhas gerais, as principais conclusões extraídas deste estudo elencam como desafios a serem superados:

- **Qualificação Profissional:** A formação de Geólogos e profissionais correlatos no Brasil teve início apenas a partir da década de 1960, ou seja, com um atraso de aproximadamente um século e meio a dois séculos em relação a países que já possuíam tradição consolidada na área mineral, como Estados Unidos, Rússia, Alemanha, Suécia, França, Itália, Inglaterra; etc.;
- **Educação básica:** Os currículos do ensino primário e médio, salvo raras exceções, dedicam pouca atenção a conteúdos relacionados à geologia, minerais e mineração;
- **Lacuna Industrial:** A Primeira Revolução Industrial (Inglaterra, 1760-1850), baseada em carvão mineral e máquinas a vapor, não passou por Portugal, que ainda é um país pouco industrializado e com pouca, muito pouca, mineração. Parte da Segunda Revolução Industrial (1850-1945), fundamentada em eletricidade, petróleo e siderurgia, só chegou ao Brasil em 1950, quando Vargas (1950-1954) criou as indústrias do petróleo e siderúrgica, exatamente com um século de atraso.

1. RECURSOS MINERAIS DO AMAZONAS

O Amazonas, sendo o maior Estado do Brasil (1.571K km²), é aquele que tem o maior potencial para mineração, incluindo petróleo e gás. Aqui fazemos uma importante distinção entre o que é potencial mineral e a realidade mineral. Potencial é a substância que pode ocorrer, em consonância com a geologia

O Amazonas, sendo o maior Estado do Brasil (1.571K km²), é aquele que tem **o maior potencial para mineração**, incluindo petróleo e gás.

do estado. Geralmente é algo para o futuro. Já a realidade mineral, é algo concreto, correspondendo a reservas minerais medidas (e aprovadas pela ANM) e/ou a substância que esteja em lavra, em produção. Então, os recursos minerais reais são mensurados e valorizados, a partir dos preços de suas reservas nos mercados nacional e internacional, antevendo-se qual a duração da mina (em geral 50 anos ou mais), calculando as tributações, etc. Tendo isso em vista, este artigo enfatiza a realidade mineral, citando apenas as potencialidades existentes e seus desafios.

Desse modo, antes de apresentar um breve descritivo dos principais projetos minerais no Estado, serão relacionados alguns dos entraves que dificultam a pesquisa e extração mineral no Amazonas. No entanto, é necessário estar atento ao usar a terminologia mineral, uma vez que alguns termos empregados no setor, como “ocorrência”; “jazida”; “depósito”; “reserva”; “potencial”; etc., têm significado e definições específicas. Um exemplo muito comum é o uso de “exploração” com sentido de extração. Exploração significa pesquisa, prospecção. A extração é EXPLOTAÇÃO ou lavra.

1.1 Nióbio

O nióbio, é o principal recurso mineral do Estado, onde existem dois depósitos de natureza diferente. A Mina Pitinga, em Presidente Figueiredo, chegou a ser a principal mina de estanho do mundo, na década de 1980, quando produzia 22.000 toneladas por ano. Desde 2024 sob controle da China Nonferrous Trade (CNT), a produção alcançou cerca de 7 mil toneladas de estanho e 2 mil toneladas de nióbio e tântalo por ano, resultando em valor combinado de aproximadamente US\$ 305 milhões anuais (ANM, 2023). Os metais estão associados a um corpo granítico alcalino, onde os minerais econômicos são: cassiterita (Sn) e columbita-tantalita (Nb e Ta). As reservas desse mineral se aproveitadas, podem permitir a lavra por mais de quatro décadas (USGS, 2023).

O segundo e mais expressivo depósito de nióbio no estado, está localizado em Seis Lagos, em São Gabriel da Cachoeira. Embora o depósito tenha sido descoberto em 1975, foi apenas em 1983, que a região teve suas reservas determinadas pela CPRM (Justo, 1983), contribuindo para configurá-lo como o maior depósito de nióbio do planeta, com cerca de 81 milhões de toneladas em reser-

vas, segundo dados do *Institute of Rare Earths and Metals*². Com o preço atual de U\$ 52/kg (ou R\$ 275.000/tonelada), essas reservas) estão valoradas em U\$ 4,2 trilhões, sendo considerado o principal depósito mineral existente no Brasil e um dos maiores em nióbio do mundo. O nióbio foi cubado até a profundidade de 255 metros, sendo encontrado na forma de óxidos e hidróxidos de ferro, interpretando-se que a fonte primária e magmática seja o mineral pirocloro ou alguma variedade niobana de rutilo.

A rocha hospedeira é um carbonatito associado a rochas ultramáficas alcalinas, que são apenas interpretadas geoquimicamente, pois não afloram, tampouco foram alcançadas pelas sondagens. Comparando com o nióbio de Araxá (CBMM, Grupo Moreira Salles), que é o segundo maior depósito desse elemento no mundo e atualmente é o maior produtor e exportador desse metal, Seis Lagos tem reservas nove vezes maiores e o teor do minério é mais elevado (2,81%).

Teste metalúrgico feito na ABRACEL em São Paulo, demonstrou um processo metalúrgico simples que produz liga ferro-nióbio diretamente do minério (óxido ferro-nióbio), bem mais simples e menos oneroso que o processo usado em Araxá, que extrai o metal de um mineral chamado pirocloro, o qual possui apenas 2,5% de óxido de nióbio.

Tabela 2 Comparação das reservas de nióbio no Amazonas

Status	Município	Categoria das Reservas	Minério (t)	Nb ₂ O ₆ (%)	Nb ₂ O ₆ contido (t)
Jazida	São Gabriel da Cachoeira	Medida	38.376.000	2,85	1.093.716
		Indicada	200.640.000	2,40	4.815.360
		Inferida	2.658.892.800	2,84	75.512.555
		Total	2.897.908.800	2,81	81.431.237*
Mina	Presidente Figueiredo	Total	-	-	777.486
Ocorrência	Barcelos	Inferida	330		

Fonte: Justo (1983).

2. Nióbio. Institute of Rare Earths and Metals. Disponível em: < <https://en.institut-seltene-erden.de/rare-earths-and-metals/strategic-metals-2/niobium/> >.

1.2 Potássio

O potássio ocupa a segunda posição entre os ativos minerais de destaque no Amazonas, com a descoberta de três reservas de classe mundial desse fertilizante. Em Autazes, as reservas medidas em 2019 totalizaram aproximadamente 767 milhões de toneladas de cloreto de potássio, avaliado em US\$ 278 bilhões. Quando somadas às jazidas de Fazendinha, em Nova Olinda, e de Arari, em Itacoatiara — ambas dimensionadas em 1980 — o valor estimado das três principais reservas chega a cerca de US\$ 700 bilhões. Essa descoberta representa uma contribuição significativa para o setor de fertilizantes no Brasil, especialmente considerando o potencial da bacia de abrigar novas jazidas, o que poderia reduzir a dependência nacional de importações de fertilizantes e suprir a demanda agrícola de estados vizinhos, como Mato Grosso, Rondônia e Roraima (ANM, 2023). Nessas jazidas, foram identificadas ocorrências do mineral silvinita ($KCl.NaCl$), que pode conter até 29% de potássio, embora na prática o teor efetivo seja de aproximadamente 25%. Em contrapartida, a única mina brasileira atualmente em produção, localizada em Sergipe, extrai carnalita, um mineral que possui cerca de 9% de potássio, atendendo apenas a 4% do consumo nacional.

Atualmente, o Brasil importa aproximadamente 96% do potássio consumido, o que reforça a importância estratégica do projeto de Autazes para a soberania alimentar do país. O empreendimento encontra-se licenciado pelo Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM), tendo obtido 21 licenças ambientais, e está na fase de montagem da mina, com um investimento estimado de US\$ 2 bilhões, previsto para ser concluído em quatro anos. Vale destacar que entraves legais com setores do Ministério Público foram superados, ao ser atestado que o projeto está situado fora da área indígena, de modo que não interferia sobre a área indígena Mura. Atualmente, a Potássio do Brasil captou US\$ 200 milhões e está construindo a linha de transmissão de energia, conectando o linhão de Tucuruí ao projeto, o que reforça o avanço na infraestrutura necessária para o empreendimento.

Tabela 3 Comparação das reservas de potássio na região

Jazidas	Fazendinha*	Arari*	Autazes**
Recurso Mineral (in situ)	487M ton	675M Ton	767M Ton
KCl teor	27,13%	33,50%	30,70%
Profundidade mínima	1,004m	980m	685m
Profundidade máxima	1.113m	1.290m	860m
Espessura (min)	0,94m	1,41m	1,05m
Espessura (max)	4,58m	3,88m	4,03m

Fonte: Justo (1983).

1.3 Bauxita

No que tange as reservas de bauxita no estado do Amazonas, o município de Nhamundá detém destaque, com um volume superior a 132 milhões de toneladas, com conteúdo equivalente a 35 milhões de toneladas de alumínio, avaliadas em US\$ 76 bilhões (ANM, 2023). Considerando que o alumínio possui valor de mercado até 35 vezes superior ao da bauxita bruta, o segmento apresenta potencial de verticalização industrial, considerando a metalurgia do alumínio no Polo Industrial de Manaus (PIM) usando energia de termelétrica a gás.

A jazida de Nhamundá foi estabelecida em 1968 pela ALCOA e possui portaria de lavra desde 1975. No entanto, sua lavra nunca principiou, por que a Mineração Rio do Norte não tem interesse.

1.4 Fosfato

O fosfato é um dos principais fertilizantes utilizados na agricultura brasileira, sendo considerado um insumo mineral estratégico para o Brasil. O fosfato é essencial para o crescimento de plantas, atuando no metabolismo energético, síntese de DNA/RNA, fotossíntese e desenvolvimento de raízes, contribuindo para aumentar a produção de sementes e a qualidade das frutas, vegetais e grãos. Na região, o fosfato também se configura como um importante insumo.

No município de Apuí, existe uma jazida de fosfato sedimentar de alta qualidade, – sendo a melhor em qualidade no Brasil, conforme a LANAGRO-EMBRAPA – cujas reservas estão em fase de ampliação. Aliado a isso, possíveis projetos na região, podem contribuir para a economia local, como a exploração conduzida pela Fertilizantes da Amazônia (FASA), empresa manauara que atua na extração de minerais para fabricação de fertilizantes. Dentre alguns dos projetos desenvolvidos pela empresa, há a perspectiva de produção anual de 300 mil a 350 mil toneladas de fosfato.

O projeto, segundo representantes da empresa, poderá beneficiar estados próximos geograficamente e que representam elevado consumo do fosfato, como os estados de Rondônia (RO) e Mato Grosso (MT). Os projetos de fosfato se beneficiarão, portanto, de excepcional solubilidade, depósitos rasos (da superfície até 40-50 metros) e camadas horizontais, com pesquisa e lavra bastante simples (FASA, 2022). Essas características diferem de outros projetos, uma vez que nem todo fosfato produzido no Brasil é altamente solúvel, pois são depósitos de apatita magmática (80% da produção), como em Catalão-GO, ou são fosfatos sedimentares, ricos em argila e alumínio, que reduzem a solubilidade, como na região de Patos de Minas.

A presença de glauconita, mineral pouco solúvel em solos tropicais, associada ao fosfato, constitui subproduto estratégico para a agricultura amazônica, já que o cloreto de potássio, ideal para clima temperado, apresenta uma solubilidade excessiva no clima amazônico, o que leva a perdas por solubilização na agricultura do norte de MT. O contexto internacional reforça a importância desse recurso, haja vista a guerra russo-ucraniana (2022-presente), que evidenciou a vulnerabilidade global do mercado de fertilizantes, do qual o Brasil importa cerca de 70% de sua demanda (MME, 2022).

1.5 Ouro

Nos municípios de Humaitá, Manicoré, Novo Aripuanã, Maués e São Paulo de Olivença, destaca-se o extrativismo mineral familiar, com forte presença da garimpagem de ouro de aluvião. Estima-se que cerca de 50% das famílias ribeirinhas estejam envolvidas, direta ou indiretamente, nessa atividade, que se desenvolve há mais de cinquenta anos, sobretudo no Rio Madeira (ANM, 2023).

Embora constitua importante fonte de renda e forte fator de fixação de famílias no interior, a informalidade predominante, a ausência do governo e de fiscalização ambiental gera evasão fiscal e expõe famílias a diferentes tipos de riscos, especialmente atrelados à impactos ambientais, como a eventual contaminação por mercúrio.

A perspectiva de novas configurações em instituições do Governo, como a entrada de novos profissionais e técnicos, contribuirá para fomentar a fiscalização dessas e outras atividades na região. Especificamente no caso da ANM, o recente concurso (Edital 1/2024), publicado em 21/9/2025 no D.O.U., proverá a agência cerca de 220 novos especialistas, que terão por desafios gerir e supervisionar a condução de projetos minerais de forma sustentável e em conformidade com as leis. Com isso, decorre a expectativa de novas fiscalização sobre atividades garimpeiras no Amazonas.

Nesse contexto, a regulamentação da atividade e a consequente continuidade nas emissões de Permissões de Lavra Garimpeira (PLG) revelam-se críticas para promover inclusão produtiva, segurança jurídica e sustentabilidade (FIOCRUZ, 2020). Há ainda a redação de um Projeto de Lei (PL 1737, de 8/4/2020) que agrega a PLI – Permissão de Lavra Indígena à PLG – Permissão de Lavra Garimpeira. O PLI, se faz necessário para legaliza as produções minerais indígenas e permitir a comercialização de seus produtos minerais. No entanto, ainda decorre uma lacuna nessa última etapa, pela ausência de documentação, emitidas pelo Ministério de Minas e Energia, que ateste a origem da produção. Essa situação representa, portanto, um potencial risco no que tange à sonegação da produção e à evasão mineral, principalmente ouro e gemas para a Colômbia e Venezuela.

2. ESTRATÉGIAS PARA INDUSTRIALIZAÇÃO

Considerando o potencial de alguns minerais levantados em seção anterior, depreende-se que o aproveitamento desses insumos do Amazonas poderia ser estimulado a partir da criação de polos industriais capazes de agregar valor localmente. Dentre propostas estratégicas levantadas nesse estudo, destacam-se:

- Estabelecimento de um Polo de fertilizantes, agregando potássio, fosfato e amônia-uréia;
- Estabelecimento de um Polo metalúrgico, que reúna a produção de estanho, alumínio, nióbio e tântalo;
- Estabelecimento de um Polo metal-químico; e
- Industrialização do caulim de Manaus (Kalamazon), com aplicações em cerâmica, pisos, azulejos e louças sanitárias, o que poderia reduzir a dependência de outros estados.

A implementação desses polos, portanto, pode gerar empregos na região, elevar a participação mineral no Valor Adicionado Fiscal (VAF) dos municípios e diversificar a arrecadação estadual, atualmente fortemente dependente da Zona Franca de Manaus.

2.1 Principais entraves ao desenvolvimento mineral

Apesar do notável potencial mineral do Amazonas, o setor enfrenta alguns obstáculos importantes:

1. Falta de infraestrutura;
2. Amplo ou parcial desconhecimento do mapeamento geológico da região;
3. Necessidade de promoção de debates que discutam as potencialidades e desafios do setor mineral, que envolva a população, imprensa, órgãos vinculados ao governo, além do setor privado.
4. Morosidade na avaliação socioambiental de projetos, com prazos que podem ultrapassar 5 anos, impactando sobretudo pequenos e médios produtores;
5. Insegurança jurídica e conflitos sobre o uso da terra, dificultando o desenvolvimento da mineração legalizada. A respeito disso, há mais de 30 anos decorre a tramitação da regulamentação da atividade mineral nas áreas indígenas e falta de clareza para as partes interessadas e contrapartes desse processo, sendo essa uma atividade regular em alguns países com produção mineral, como Canadá, EUA, e Austrália, África do Sul; e
6. Garimpo ilegal, viabilizada pela falta de fiscalização adequada e regular na região.

CONSIDERAÇÃO FINAIS

Em suma, o estado do Amazonas possui um vasto potencial mineral ainda pouco conhecido, com destaque para a presença de minerais estratégicos, como o nióbio, que podem desempenhar um papel crucial no desenvolvimento econômico regional, além de constituírem recursos cruciais para a segurança e soberania nacional. No entanto, para que esse potencial se concretize de forma efetiva, sustentável e responsável, é imprescindível superar uma série de obstáculos atuais, conforme visto anteriormente. Somente com uma abordagem integrada e planejada será possível inserir o Amazonas no centro do debate sobre mineração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Mineração (ANM), 2022. Anuário Mineral Brasileiro. Brasília: ANM, edições diversas. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br>.

Agência Nacional de Petróleo, gás e biocombustíveis (ANP), 2023. Boletins de Produção e Concessões. Rio de Janeiro: ANP, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anp>.

Ciência Hoje, 1999. Por trás dos desastres e conflitos da mineração, artigo # 355.

ENEVA, 2025. Segurança Energética e Desenvolvimento. Primeiro Congresso do Ministério de Minas e Energia, Brasília, Setembro de 2025.

Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), 2022. Panorama da Mineração Brasileira. Brasília: IBRAM, 2022.

Justo, L.J.E.C., 1983. Projeto Uaupés: relatório final de pesquisa. [Alvarás n. 2702,2844/81]. Manaus: CPRM, 1983 2 v. United States Geological Survey (USGS), 2023. Mineral Commodity Summaries: Niobium, Tantalum and Tin. Virginia, USGS, 2023.

Ministério de Minas e Energia, 2011. Plano Nacional de Mineração 2011-2050. Brasília: MME, 2011.

United States Geological Survey (USGS), 2023. Mineral Commodity Summaries: Niobium, Tantalum and Tin. Virginia: USGS, 2023.

Artigo 6

MINERAÇÃO E TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Estudo de Caso de Minas Gerais

Autora: Mila Batista Leite Corrêa da Costa¹; Daniel Guimarães Medrado de Castro²; Pedro Oliveira de Sena Batista³; Maria Eugênia Monteiro de Castro e Silva⁴; Cristina Campolina de Medeiros; Lorena Sarmiento Ferreira; Vivian Marjorie Braga Bandeira⁵

O estado de Minas Gerais concentra uma das maiores reservas minerais do país, com grande diversidade geológica e um setor mineral competitivo, devido sua tradição na atividade de mineração. A região detém um amplo potencial de produção mineral, sendo o minério de ferro o mais expressivo, representando pouco mais de 80% da oferta total do Estado, com contribuições significativas nas exportações brasileiras. Mais recentemente, o estado tem ganhado novo destaque no que tange ao seu potencial em minerais críticos e estratégicos, com capacidade para se consolidar como um importante polo da cadeia produtiva desses insumos no país.

Nesse preâmbulo, o presente artigo objetiva apresentar as perspectivas quanto ao mercado de minerais críticos e estratégicos, tendo em vista a importância da mineração na estrutura produtiva do estado e, especialmente, no sentido de estimular o desenvolvimento de cadeias produtivas dos minerais indispensáveis à transição energética, para os quais Minas Gerais apresenta notável potencial geoeconômico. Tais iniciativas contemplam diretrizes institucionais, econômicas, sociais e ambientais, amparados nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas, aplicáveis ao setor mineral, promovendo o desenvolvimento econômico, com esforços na atração de investimentos, negócios e empregos para o estado.

-
1. Secretária de Estado de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (SEDE).
 2. Subsecretário de Atração de Investimentos e Cadeias Produtivas de Minas Gerais.
 3. Superintendente de Política Minerária, Energética e Logística na (SEDE).
 4. Diretora de Mineração na (SEDE).
 5. Assessores da Diretoria de Mineração na (SEDE).

Disclaimer: Este artigo expressa as opiniões dos autores, não apresentando necessariamente a opinião institucional da FGV.

Minas Gerais consolida sua posição de destaque na nova geopolítica mineral com o **“Projeto Vale do Lítio”**, considerado estratégico para o **fortalecimento da cadeia produtiva do lítio** e para o **desenvolvimento socioeconômico**.

1. AVANÇO DO ESTADO NO MERCADO DE MINERAIS CRÍTICOS E ESTRATÉGICOS

As perspectivas do Governo de Minas Gerais em relação aos minerais críticos e estratégicos são otimistas, visto as grandes reservas desses minerais no Estado.

O Brasil detém a maior reserva mundial de **Nióbio** e a segunda maior reserva de **Elementos Terras Raras - ETR** (USGS, 2025). A produção atual de nióbio está concentrada em Araxá (MG), sendo considerada a segunda maior região produtora do país. Embora não exista um polo minero industrial consolidado para ETRs em Minas Gerais, projetos em andamento indicam que o Brasil tem potencial para se tornar um importante produtor global desses elementos. No que se refere ao **Lítio e Grafita**, Minas Gerais já é líder na produção mineral de ambas as substâncias.

Minas Gerais consolida sua posição de destaque na nova geopolítica mineral com o **“Projeto Vale do Lítio”**, considerado estratégico para o fortalecimento da cadeia produtiva do lítio e para o desenvolvimento socioeconômico da região do Vale do Jequitinhonha/Mucuri. O local é rico em reservas de lítio, grafita e terras raras, o que representa uma nova fronteira capaz de estimular o desenvolvimento sustentável local e estadual. Entre 2019 e 2023, a produ-

ção beneficiada de **lítio** em Minas Gerais cresceu quase 6 vezes, saltando de 47 mil toneladas para 263 mil toneladas por ano. O expressivo crescimento da produção, contribuiu para aumentar o valor da produção mineral de lítio de R\$ 68 milhões para R\$ 2,4 bilhões, enquanto a exportação alcançou US\$ 497 milhões, em 2023, o que representou 99,3% do total nacional para o lítio (Minas Gerais, 2025).

Esse crescimento tem gerado impacto econômico positivo: entre 2019 e 2024, foram gerados 3.499 empregos diretos apenas em Itinga e Araçuaí, e a arrecadação da Contribuição Financeira sobre a Exploração Mineral (CFEM) subiu de R\$ 1,4 milhão, em 2019, para R\$ 55 milhões em 2023 (Minas Gerais, 2025).



Em relação à **Grafita**, o estado de Minas Gerais é o principal detentor nacional das reservas lavráveis desse mineral, concentradas nos municípios de Salto da Divisa e Pedra Azul (localizado na área do Projeto Vale do Lítio). De acordo com dados da ANM, em 2023 o Valor da Produção Mineral da grafita em Minas Gerais foi de R\$ 407,75 milhões, cuja produção está concentrada na empresa Nacional de Grafite Ltda., que possui três unidades, localizadas nos municípios de Pedra Azul, Salto da Divisa e Itapeçerica.

Além do **Lítio**, o Governo do estado de Minas Gerais vem atuando também no incentivo à mineração de **Elementos Terras Raras**, visando a implantação de novos empreendimentos minerários no Estado. Nos últimos dois anos, o Governo assinou protocolos de intenção com empresas, além de fornecer suporte a mineradoras que desejam investir em projetos voltados a esses elementos no Estado.

Em março de 2025, por meio da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (SEDE) e da Invest Minas, foi assinado um Protocolo de Intenções com a companhia mineradora australiana **Axel Ree**, cujo investimento previsto é de R\$ 400 milhões. O instrumento prevê a criação de 150 empregos diretos, a partir do início da extração de terras raras nos municípios de Padre Paraíso e Caldas.

No fim do ano de 2024, o Governo do estado assegurou mais um investimento privado estratégico, que trata do projeto liderado pela empresa **Tiros Minerais Estratégicos**, subsidiária da canadense Resouro Strategic Metals, que prevê o aporte de até R\$ 500 milhões na extração de terras raras e titânio em Tiros, município situado entre o Triângulo Mineiro e o Alto Paranaíba, com a previsão de gerar até 200 empregos diretos na região do projeto.

Ainda em 2024, foi realizado a assinatura de protocolo de investimentos entre o Governo de Minas e a empresa australiana **Viridis Mineração e Minerais**. A empresa australiana investirá R\$ 1,35 bilhão em Poços de Caldas que, segundo resultados iniciais, têm indicado grandes volumes de recursos e teores de elementos de terras raras (ETRs). O protocolo estabelece a instalação do Projeto Colossus, que pretende desenvolver a mineração de terras raras na região, essenciais para a fabricação de peças e equipamen-

tos de alta tecnologia utilizados nas indústrias eletroeletrônica, aeroespacial e de geração de energia renovável. O investimento prevê a construção de uma planta de beneficiamento e tratamento de minérios e deve gerar cerca de 120 empregos permanentes. Além de agregar valor ao produto, a iniciativa pode potencializar a atração de empresas que utilizam esses elementos como matéria-prima, fortalecendo a cadeia produtiva local e ampliando as oportunidades de empregos na região.

A mineradora australiana **St George** e o Governo de Minas Gerais assinaram um Memorando de Entendimento (MoU) em outubro de 2024, que prevê R\$ 2 bilhões em investimentos na cidade de Araxá, no Triângulo Mineiro. Por meio do Projeto Araxá, atualmente em fase de pesquisa mineral, a empresa tem como objetivo a extração de nióbio e elementos de terras raras (ETRs) na região.

Além dessas empresas, a australiana **Perpetual Resources**⁶ firmou, no mesmo período, um MoU com o Governo de Minas Gerais para cooperação no setor mineral. Além disso, a companhia anunciou também um plano para investir R\$ 400 milhões em Pesquisa, Desenvolvimento e operação dos projetos Raptor, Isabella e Itinga, com foco na extração de lítio e terras raras. A iniciativa deve gerar 300 empregos diretos nos municípios de Araçuaí, Salinas, Itaobim, Governador Valadares e Poços de Caldas.

Em 2023, foi celebrado um protocolo de intenções entre o Governo de Minas Gerais e a empresa **Meteoric Resources NL**, voltado para a extração de terras raras em Poços de Caldas. A empresa planeja investir mais de R\$ 1 bilhão em um projeto de extração de argila iônica, com expectativa de geração de 700 empregos.

Em suma, a atividade minerária envolvendo os minerais críticos e terras raras no estado de Minas Gerais tende a se desenvolver, considerando o aumento do interesse nessas substâncias principalmente no âmbito da transição energética. Como uma referência, observa-se o elevado crescimento do número de processos, principalmente na fase de pesquisa mineral, de lítio e terras raras junto à Agência Nacional de Mineração (ANM), que podem se concretizar em novos empreendimentos no futuro próximo.

6. A Perpetual Resources é uma empresa listada na Bolsa Australiana (ASX), com foco na extração de lítio e elementos de terras raras (Brasil Mineral, out/24).

2. PROCESSOS DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE EMPREENDIMENTOS (TERRAS RARAS E LÍTIO)

No quadro, em Anexo, apresentam-se as informações gerais sobre as empresas mineradoras de lítio e elementos terras raras em Minas Gerais, em fase de operação, pesquisa, exploração e implantação, bem como a situação relativa ao licenciamento ambiental, considerando-se os dados públicos disponíveis.

3. PRODUÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO EM BASES SUSTENTÁVEIS

A mineração de minério de ferro em bases sustentáveis está diretamente relacionada aos princípios ESG (Environmental, Social and Governance), que buscam alinhar as expectativas de mercado às políticas ambientais, sociais e de governança. No Brasil, a agenda ESG no setor mineral reflete o compromisso das empresas em conduzir suas atividades no setor de forma responsável e, promovendo uma mineração cada vez mais sustentável. Em Minas Gerais, principal polo de produção de minério de ferro do Brasil, o setor de mineração tem avançado significativamente na adoção de práticas sustentáveis, impulsionado por exigências regulatórias, demandas do mercado global e pelo compromisso com as comunidades locais.

Entre as iniciativas implementadas estão investimentos em inovação, como a instalação de usinas de empilhamento a seco, que permitem altos índices de recirculação de água e reduzem a necessidade de barragens. Também se destacam o desenvolvimento de produtos que contribuem para a redução das emissões na siderurgia e o uso de ferrovias e locomotivas híbridas para minimizar a pegada de carbono no transporte.

A busca por eficiência energética, reflorestamento e o reaproveitamento hídrico em larga escala também estão entre as prioridades. Em algumas operações, o transporte do minério é feito por minerodutos com centenas

de quilômetros de extensão, reduzindo significativamente as emissões em comparação ao transporte rodoviário.

Aliado a isso, o uso de energia renovável tem se tornado predominante, com contratos firmados para garantir fontes limpas e sistemas de recirculação hídrica em circuito fechado, além de programas voltados ao desenvolvimento socioeconômico das comunidades do entorno.

Há ainda investimentos em tecnologias voltadas a otimização do uso da água, bem como na oferta de minérios de maior teor, que aumentam a eficiência na cadeia siderúrgica. Complementarmente, são conduzidos projetos de restauração florestal em áreas estratégicas do Quadrilátero Ferrífero, reforçando a integração entre a atividade mineral e a preservação ambiental.

4. CONEXÃO ENTRE MINERAÇÃO E TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Os minerais críticos, segundo o Ministério de Minas e Energia (MME), são recursos essenciais para setores estratégicos, - tecnologia, defesa e transição energética- cuja oferta está sujeita a riscos de escassez ou dependência de poucos fornecedores. Esses minerais incluem elementos como lítio, nióbio, cobalto, níquel, manganês e terras raras, fundamentais para baterias de veículos elétricos, turbinas eólicas, painéis solares e semicondutores. Sua importância reside na viabilização de inovações tecnológicas e no avanço de energias renováveis, sendo essenciais para a redução da pegada de carbono, e para a segurança econômica e geopolítica frente à crescente demanda global por sustentabilidade e digitalização (Brasil, 2025).

Os minerais críticos e estratégicos (MCE) têm ganhado destaque nas discussões sobre economia, segurança e tecnologia, especialmente em um cenário global de transição energética e avanços tecnológicos acelerados, uma vez que tais insumos são recursos essenciais para o funcionamento de setores-chave da indústria moderna e cuja cadeia de suprimento está sujeita a riscos de abastecimento.

O sucesso da transição energética para uma **economia sustentável e digital** tem nos **minerais críticos e estratégicos** um de seus pilares.

Especificamente os minerais estratégicos são definidos por seu papel fundamental na segurança nacional. Nem todos os minerais estratégicos são escassos, mas sua aplicação em setores vitais os torna prioritários para políticas públicas e planejamento de longo prazo. A importância desses minerais se reflete especialmente na transição energética, com o lítio, nióbio, cobalto, grafita e manganês, sendo indispensáveis para a fabricação de baterias de veículos elétricos e sistemas de armazenamento de energia renovável (EPE, 2025). Nas indústrias de alta tecnologia, elementos de terras raras são fundamentais para a produção de smartphones, turbinas eólicas, painéis solares e equipamentos militares avançados (Loureiro e Santos, 2013).

Na mobilidade elétrica e no armazenamento energético, as baterias de íons-lítio tornam-se estratégicas no fortalecimento da cadeia produtiva do lítio, com domínio tecnológico e capacidade industrial, essencial para atender à crescente demanda nacional e global. Além do setor de baterias, os compostos refinados de lítio têm aplicações em setores de alto valor agregado, como farmacêutica, cerâmica, vidro, lubrificantes e alumínio, ampliando sua relevância estratégica, impulsionando inovação, geração de empregos qualificados e a autonomia tecnológica e industrial do Brasil (SEDE, 2025).

Portanto, o sucesso da transição energética para uma economia sustentável e digital tem nos minerais críticos e estratégicos um de seus pilares. Em um cenário de transição energética, transformação industrial e redefinição de cadeias globais de suprimento, Minas Gerais é líder nacional na produção e no desenvolvimento de cadeias de valor de nióbio, lítio e grafita, tendo também grande potencial em relação às terras raras (Henrique, 2024).

5. CONEXÃO ENTRE MINERAÇÃO E FONTES RENOVÁVEIS

A utilização de fontes de energia renováveis no setor mineral se apresenta como uma prática estratégica, voltada à redução de impactos ambientais, o fortalecimento da competitividade e ao alinhamento às metas globais de descarbonização e sustentabilidade.

A **energia solar fotovoltaica** é considerada uma alternativa de baixo custo operacional, e já é amplamente utilizada na geração de energia em empreendimentos minerários. Zharan e Bongaerts (2017), ressaltam que o foco no uso de fontes de energia renováveis por empresas de mineração pode ser visto como uma forma alternativa de aquisição de energia visando tanto um menor custo energético quanto uma fonte de energia limpa, possibilitando práticas e progresso para uma mineração sustentável.

A integração de **Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs)** ao setor de mineração no Brasil representa uma estratégia eficaz para atender à crescente demanda energética. As PCHs, com capacidade instalada entre 5 e 30 MW, têm se mostrado uma solução eficiente para suprir a demanda energética das operações mineradoras. Sua implementação permite que as empresas gerem energia local, reduzindo custos com transmissão e aumentando a segurança energética. Souza Junior (2021) cita a presença de pelo menos 65 PCHs em Minas Gerais, sendo parte delas instaladas em grandes empreendimentos minerários.

O **hidrogênio verde** surge com uma alternativa para a substituição de combustíveis fósseis em equipamentos de grande porte, no transporte de minérios. De acordo com Benbellil et al., (2022), essa fonte de energia é considerada a melhor candidata a aditivo, a ser misturado ao diesel para satisfazer às características exigidas pelo motor. A adição de hidrogênio aos combustíveis convencionais derivados do petróleo tem sido recomendada como um método para melhorar o desempenho, bem como reduzir as emissões.

Nesse panorama, a adoção de fontes renováveis de energia na cadeia produtiva da mineração traz benefícios relacionados, principalmente, a redução da

pegada de carbono e atendimento a compromissos ESG. Sua adoção também pode gerar autossuficiência e segurança energética, o que otimiza custos e previsibilidade frente à volatilidade do mercado de energia, além da convergência com a transição energética, uma vez que a mineração fornece insumos essenciais para tecnologias limpas e, simultaneamente, incorpora essas fontes em suas operações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AXEL REE LIMITED. Home – Axel REE Limited. Axel REE Limited, [S. l.], 2025. Disponível em: <https://axelreelimited.com.au/>. Acesso em: 19 set 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). Minerais Críticos. 2025.

BENBELLIL, M. A.; LOUNICI, M. S.; LOUBAR, K.; TAZEROUT, M. Investigation of natural gas enrichment with high hydrogen participation in dual fuel diesel engine. *Energy*, v. 243, p. 122746, 2022.

BRASIL MINERAL – Nexa evita mais de 500 mil toneladas de CO2 com uso de biomassa - Emissões. Disponível em: <https://www.brasilmineral.com.br/noticias/nexa-evita-mais-de-500-mil-toneladas-de-co2-com-uso-de-biomassa>. Acesso em 25 set 2025.

BRASIL MINERAL – As Maiores Empresas do Setor Mineral 2025 – AMG. Disponível em: <https://www.brasilmineral.com.br/maiores/amg>. Acesso em 19 set 2025.

ENOVA MINING LIMITED. Projects – Minas Gerais. Enova Mining Limited, [S. l.], 2024. Disponível em: <https://enovamining.com/project-minas-gerais/>. Acesso em: 19 set 2025.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Caderno: Minerais críticos e estratégicos para a transição energética. Rio de Janeiro, 2025.

GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável; Subsecretaria de Regularização Ambiental; Superintendência Regional de Meio Ambiente do Triângulo Mineiro. Parecer PU LP – Araxá Metals S.A. (63331671) SEI 1370.01.0014080/2023-53. Uberlândia, MG, 29 mar. 2023. Disponível em: https://sistemas.meioambiente.mg.gov.br/licenciamento/uploads/WFpoOPqpagSBlx_htPCJI8roha_znCcT.pdf. Acesso em: 19 set 2025.

HENRIQUE, T. Minas Gerais tem potencial para liderar a oferta de minerais críticos. *Diário do Comércio*. Belo Horizonte/MG, 4 de junho de 2024. Disponível em: <https://diariodocomercio.com.br/economia/minas-gerais-potencial-liderar-minerais-criticos/>. Acesso em: 18 set 2025.

LOUREIRO, F. E. L.; SANTOS, R. L. C. O Brasil e a reglobalização da indústria das terras raras. Rev. Prof. Iran Ferreira Machado. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 216p. 2013.

MINAS GERAIS. Atração bilionária de investimentos pelo Vale do Lítio impulsiona arrecadação revertida em melhorias para a população. Agência Minas, Belo Horizonte, 11 abr 2024. Disponível em: <https://agenciaminas.mg.gov.br/noticia/atracao-bilionaria-de-investimentos-pelo-vale-do-litio-impulsiona-arrecadacao-revertida-em-melhorias-para-a-populacao>. Acesso em: 16 maio 2025.

PERPETUAL Recursos. Perpetual drilling extends Raptor high-grade REE discovery across two tenements. The Australian, [S. l.], data não informada. Disponível em: <https://www.theaustralian.com.au/business/stockhead/content/perpetual-drilling-extends-raptor-highgrade-ree-discovery-across-two-tenements/news-story/8cb45a17bca2e88e9bb385729a9c081c>. Acesso em: 19 set 2025.

RESOURO STRATEGIC METALS. Tiros Project. Resouro, [S. l.], 2025. Disponível em: <https://resouro.com/tiros-project/>. Acesso em: 19 set 2025.

SEDE – Secretaria de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais. Vale do Lítio - Projeto Estratégico - Relatório de Resultados. Maio 2025. Disponível em: <<https://desenvolvimento.mg.gov.br/inicio/projetos/projeto/1170>>. Acesso em 17 set 2025.

SOUZA JUNIOR, Ednilson Gomes de. Mineração e pequenas centrais hidrelétricas: reflexões sobre o complexo minero-energético no estado de Minas Gerais, Brasil. Revista Sapiência: Sociedade, Saberes e Práticas Educacionais, v. 10, n. 3, p. 1-16, out. 2021.

ST GEORGE MINING LIMITED. Maiden high-grade niobium and rare earth resource estimate for the Araxá Project, Brazil. St George Mining Limited, [S. l.], 1 abr. 2025. Disponível em: <https://www.stgm.com.au/pdf/e0325702-a4b1-46ff-a608-3b55fbf303f6/HIGHGRADE-NIOBIUM-AND-REE-JORC-RESOURCE-FOR-ARAXA.pdf>. Acesso em: 19 set 2025.

VIRIDIS MINING & MINERALS LIMITED. Viridis unveils maiden ore reserve at Colossus project in Brazil. Mining Weekly, 20 ago 2025. Disponível em: <https://www.miningweekly.com/article/viridis-unveils-200mt-maiden-ore-reserve-at-colossus-rare-earths-project-in-brazil-2025-08-20>. Acesso em: 19 set 2025.

ZHARAN, K., & BONGAERTS, J. C. Decision-making on the integration of renewable energy in the mining industry: A case studies analysis, a cost analysis and a SWOT analysis. Journal of Sustainable Mining. (2017). <https://doi.org/10.1016/j.jsm.2017.11.004>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As discussões apresentadas neste Caderno demonstram os desafios e oportunidades associados à expansão desse mercado no Brasil. A obra oferece um panorama abrangente de indicadores de ordem econômica, política, ambiental e operacional, permitindo compreender a complexidade e a dimensão dos obstáculos enfrentados pelo setor mineral brasileiro, bem como apontam as perspectivas futuras caso o país saiba aproveitar essa janela de oportunidade.

Embora o Brasil apresente vantagens competitivas relevantes — notadamente sua expressiva dotação de recursos minerais e experiência na exploração de determinados insumos estratégicos —, torna-se premente a adoção de políticas públicas e instrumentos capazes de impulsionar novos investimentos em infraestrutura, mapeamento geológico, pesquisa mineral e inovação tecnológica. Paralelamente, destaca-se a necessidade de fortalecimento das cadeias locais de processamento, de modo que o país possa agregar valor à produção, reduzir vulnerabilidades externas e consolidar sua segurança de suprimento no contexto da transição energética global.

Discutir sobre os **Minerais Estratégicos**, portanto, implica reconhecer a necessidade de transformações estruturais na forma como o Estado Brasileiro se relaciona com a energia e com os recursos naturais. A temática revela a centralidade dos minerais na configuração contemporânea das relações entre os países, marcadas pela disputa pelo domínio tecnológico, concentração de recursos e pela busca por diversificação das cadeias de fornecimento – fatores que definem os novos contornos da Geopolítica dos recursos naturais.

Em suma, este Caderno oferece não apenas uma coletânea de artigos voltados para o desenvolvimento dos minerais estratégicos, mas se estabelece como um guia para apoiar o enfrentamento de obstáculos atuais, inerentes ao setor. Por fim, procura, por meio dos Estudos de Caso da Mineração, mostrar os avanços e as potencialidades em desenvolvimento nas esferas municipais e estaduais, que possam ser integradas, de maneira mais ampla, ao Planejamento Nacional de longo prazo, além dos próprios compromissos brasileiros com o desenvolvimento sustentável e uma transição baseada na justiça e segurança energética.

GLOSSÁRIO

ANM – Agência Nacional de Mineração

ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustíveis

CNPE – Conselho Nacional de Política Energética

DPU – Defensoria Pública da União

E&P – Exploração & Produção

ETRs – Elementos de Terras Raras

EIA – U.S. Energy Information Agency

ESG – Environmental, Social and Governance

EUA – Estados Unidos

GEE – Gases do Efeito Estufa

IEA – International Energy Agency

IED – Investimentos Externos Diretos

IRENA – International Renewable Energy Agency

MEL – Minerais para Energia Limpa

MME – Ministério de Minas e Energia

NDC – Nationally Determined Contribution

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

ONU – Organização das Nações Unidas

OTAN – Organização do Tratado dos países do Atlântico Norte

PD&I – Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

PIB – Produto Interno Bruto

PL – Projeto de Lei

PLANGEO – Plano Decenal de Mapeamento Geológico Básico e Levantamento de Recursos Minerais

PNE – Plano Nacional Energético

SGB – Serviço Geológico Brasileiro

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

STF – Supremo Tribunal Federal

TIs – Terras Indígenas

UE – União Europeia

ANEXO

Quadro 1 informações gerais sobre as empresas mineradoras e projetos de lítio e elementos terras raras em Minas Gerais.

Item	Empresa	Nome do Projeto	Localização do Projeto	Fase do Projeto	Substâncias minerais envolvidas	Licenciamento Ambiental
1	Resouro Strategic Metals	Projeto Tiros	Tiros, São Gotardo e Campos Altos (MG)	Pesquisa geológica (sondagens) e testes metalúrgicos	Elementos terras raras (Neodímio, Praseodímio, Disprósio e Têrbio) e titânio	(*)
2	Axell REE	Projeto Caladão	Padre Paraíso/ MG	Pesquisa geológica e testes metalúrgicos	Elementos terras raras	(*)
		Projeto Caldas	Caldas/MG	Fase de sondagem	Elementos terras raras	(*)
3	Meteoric Resources	Projeto Caldeira em três áreas: Capão do Mel, Soberbo e Figueira)	Poços de Caldas/MG	Pesquisa e estudo de pre-viabilidade	Elementos terras raras	(*)
4	Viridis Mineração e Minerais	Colossus	Poços de Caldas/MG	Exploração	Elementos terras raras	Em fase de licenciamento ambiental
5	MTR - Mineração Terras Raras S.A.	Morro do Ferro	Poços de Caldas/MG	Exploração/ Manifesto de mina	Elementos Terras Raras, com Dy e Tb	(*)
6	Araxá Metals	-	Araxá/MG	Requerimento de Lavra	Óxido de Escândio e Concentrado de Óxidos de Terras Raras	Obtida Licença Prévia em 2023
7	Enova Mining	Coda	Patos de Minas/MG	(*)	(*)	(*)
		Poços	Poços de Caldas/MG	(*)	(*)	(*)
8	St George Mining	Projeto Araxá	Araxá/MG	- Requerimento de Lavra - Autorização de Pesquisa	Nióbio, Elementos Terras Raras e Fosfato	(*)
9	Sigma Lithium	Projeto Grotá do Cirilo	Araçuaí e Itinga/MG	Em operação (produção 270 mil t/ano de concentrado de lítio)	Lítio	Licenciada e em operação desde 2023

Item	Empresa	Nome do Projeto	Localização do Projeto	Fase do Projeto	Substâncias minerais envolvidas	Licenciamento Ambiental
10	<u>Companhia Brasileira de Lítio (CBL)</u>	Mina da Cachoeira	Araçuaí e Itinga/MG	Em operação (produção 45 mil t/ano de concentrado de lítio)	Lítio	Licenciada e em operação desde 1991
		Planta Química	Divisa Alegre/MG	Em operação (produção de carbonato de lítio e hidróxido de lítio)	Lítio	Licenciada e em operação
11	AMG Mineração	Mina de Volta Grande	Nazareno/MG	Em operação (produção de concentrado de lítio - 90 mil t/ano, além de concentrado de tântalo e feldspato)	Lítio, Tântalo e Feldspato	Licenciada e em operação
		Planta Química	São João D'el Rei	Em operação (produção de óxidos de Tântalo e Nióbio e sais de Flúor)	Tântalo e Nióbio	Licenciada e em operação
12	Atlas Lítio Brasil	Projeto Anitta	Araçuaí/MG	Requerimento de Lavra	Lítio	Obteve licença ambiental (LP+LI+LO) em outubro/24 para produção de concentrado de lítio.
	Lithium Ionic	Projeto Bandeira	Araçuaí e Itinga/MG	Requerimento de Lavra	Lítio	Em fase de licenciamento para produção de concentrado de lítio.
13	Pilbara Minerals	Projeto Colina	Salinas/MG	Requerimento de Lavra	Lítio	Obtida Licença Prévia e de Instalação em 2025, para produção de concentrado de lítio.

(*) Sem informações disponíveis.



Prazer, somos

BRAVA

energia

Nascemos como a principal companhia independente de óleo e gás do Brasil, fruto da combinação da 3R Petroleum com a Enauta. A partir da junção de duas forças, somos da **terra e do mar**.
Com a bravura que é a nossa marca.

Para maximizar resultados e gerar valor.

www.bravaenergia.com

B3: Brava, ticker: BRAV3

O que importa para nós é que a inovação chegue até você.

Por isso, investimos tanto em Pesquisar. Desenvolver. Experimentar. Aplicar. Atuamos, há mais de quatro décadas, com isenção, prontidão e competência, fatores que sustentam nossa credibilidade em níveis nacional e internacional.

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – Cepel

Pesquisadores e técnicos altamente qualificados

Moderno complexo laboratorial para pesquisa experimental, ensaios e serviços tecnológicos

Papel estratégico no desenvolvimento da indústria nacional

Soluções tecnológicas amplamente utilizadas pelo setor elétrico brasileiro

Apoio técnico em P&D+ I para o governo, entidades setoriais, empresas, fabricantes e concessionárias

Ampla agenda de treinamentos e eventos técnicos
Parcerias com instituições de pesquisa do Brasil e do exterior

Seja um Associado do Cepel
Informações pelo e-mail dg@cepel.br

Saiba mais sobre o Cepel em: www.cepel.br



Eletrobras
Cepel

A pesquisa que constrói o futuro

Foram necessários mais de 40 anos de estudo para instalação da maior hidrelétrica brasileira na Amazônia.

O único aproveitamento hidrelétrico autorizado para a bacia do rio Xingu utiliza aproximadamente 174 km dos 1.979 km de extensão do rio e não alagou terras indígenas para a formação dos seus reservatórios à fio d'água.

Recursos destinados para proteção de mais de 8,6 milhões de hectares em Unidades de Conservação.

Com capacidade instalada de 11.233,1 MW e quantidade média de geração de energia de 4.571 MW fornece energia para 60 milhões de brasileiros.

O compromisso de Belo Monte com as atuais e futuras gerações, se materializa na transformação social promovida na região onde está instalada, com estruturas de educação, equipamentos de saúde, novas moradias, saneamento e qualidade de vida com ações de cidadania.

*Energia da
Amazônia,
essencial
para o Brasil.*



117 Projetos Ambientais



4.130 indígenas beneficiados em 27 programas



33 Hospitais e Unidades de Saúde



513 Km de rede (água e esgoto)



06 novos bairros com infraestrutura completa



3.850 casas construídas



436 salas de aula

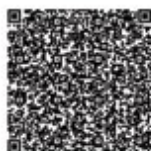




ENERGIA QUE VEM DA GENTE

UMA SÉRIE DE HISTÓRIAS
INSPIRADORAS FEITAS
DA ENERGIA QUE SÓ
A GENTE TEM.

**SHELL, IMPULSIONANDO
O PROGRESSO NO BRASIL
HÁ 108 ANOS.**



ESCANEIE
O QR CODE E ASSISTA
ÀS HISTÓRIAS
SHELL.COM.BR



MANTENEDORES



