



CONTRIBUIÇÃO DA INDÚSTRIA DA MINERAÇÃO PARA O G20

**CONSTRUINDO UM MUNDO JUSTO
E UM PLANETA SUSTENTÁVEL**





IBRAM
MINERAÇÃO DO BRASIL

CONTRIBUIÇÃO DA INDÚSTRIA DA MINERAÇÃO PARA O G20

**CONSTRUINDO UM MUNDO JUSTO
E UM PLANETA SUSTENTÁVEL**



Brasília | Outubro | 2024



© 2024 Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM)

SHIS QL 12 cj 0 (zero) casa 04, Lago Sul.

CEP:71.630-205 – Brasília/DF

Telefone: (61) 3364-7272

Endereço eletrônico:

<http://www.ibram.org.br>

© Todos os direitos reservados.

É permitida a reprodução de dados e de informações contidos nesta publicação, desde que citada a fonte.

IBRAM - INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO

- Aline Nunes
- Cinthia de Paiva Rodrigues
- Cláudia Franco de Salles Dias
- Julio Cesar Nery Ferreira
- Renata Motta

DESIGN E PRODUÇÃO GRÁFICA

Pablo Fiori

CONTEÚDO TÉCNICO, IMAGENS E GRÁFICOS:

CETEM

GOVERNANÇA



DIRETORIA EXECUTIVA

Raul Jungmann

Diretor-Presidente do IBRAM

Fernando Azevedo e Silva

Vice-Presidente do IBRAM

Alexandre Valadares Mello

Diretor de Assuntos Associativos e
Mudança do Clima

Julio Cesar Nery Ferreira

Diretor de Sustentabilidade

Paulo Henrique Leal Soares

Diretor de Comunicação

Rinaldo César Mancin

Diretor de Relações Institucionais

Osny Vasconcellos

Diretor Administrativo e Financeiro

CONSELHO DIRETOR

BIÊNIO 2024-2025

Presidente do Conselho:

- **Anglo American Brasil**
Ana Sanches
Titular

Vice-Presidente do Conselho:

- **Lundin Mining**
Ediney Maia Drummond
Titular

CONSELHEIROS:

- **Alcoa**
Daniel Santos - Titular
Juliana Noronha - Suplente
- **Anglo American Brasil**
Ivan de Araujo Simões Filho - Suplente
- **AngloGold Ashanti**
Marcelo Pereira - Titular
Othon de Villefort Maia - Suplente
- **ArcelorMittal**
Wagner de Brito Barbosa - Titular
Flávio Martins Pinto - Suplente
- **BAMIN**
Eduardo Jorge Ledsham - Titular
Alexandre Victor Aigner - Suplente
- **Companhia Brasileira de Alumínio-
CBA**
Luciano Alves - Titular
Renato Maia Lopes - Suplente

GOVERNANÇA

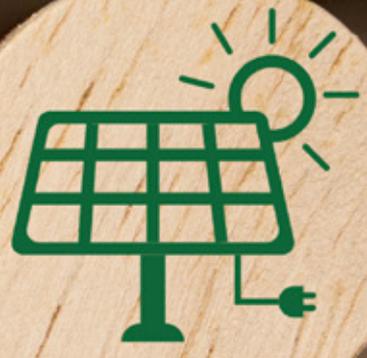


- **Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração - CBMM**
Eduardo Augusto Ayroza Galvão Ribeiro - Titular
Ricardo Fonseca de Mendonça Lima - Suplente
- **Copelmi Mineração Ltda**
Cesar Weinschenck de Faria - Titular
Roberto da Rocha Miranda de Faria - Suplente
- **Embu S.A. Engenharia e Comércio**
Daniel Debiazzi Neto - Titular
Luiz Eulálio Moraes Terra - Suplente
- **Kinross Brasil Mineração S.A.**
Gilberto Carlos Nascimento Azevedo - Titular
Ana Cunha - Suplente
- **Lundin Mining**
Luciano Antonio de Oliveira Santos - Suplente
- **Mineração Caraíba S.A.**
Eduardo de Come - Titular
Antonio Batista de Carvalho Neto - Suplente
- **Mineração Paragominas S.A. (HYDRO)**
Anderson Baranov - Titular
Paula Amelia Zanini Marlieri - Suplente
- **Mineração Rio Do Norte S.A. – MRN**
Guido Roberto Campos Germani - Titular
Vladimir Senra Moreira - Suplente
- **Mineração Taboca S.A**
Newton A. Viguetti Filho - Titular
Ronaldo Lasmar - Suplente
- **Mineração Usiminas S.A.**
Carlos Hector Rezzonico - Titular
Marina Pereira Costa Magalhães - Suplente
- **Minerações Brasileiras Reunidas - MBR**
Octavio Bulcão - Titular
Marcelo Sampaio - Suplente
- **Mosaic Fertilizantes**
Rodrigo Magalhães - Titular
Antônio Meirelles - Suplente
- **Nexa Resources**
Jones Belther - Titular
Guilherme Simões Ferreira - Suplente
- **Samarco Mineração S.A.**
Rodrigo Alvarenga Vilela - Titular
Felipe Starling - Suplente
- **Vale**
Alexandre Silva D´Ambrosio - Titular
Lauro Angelo Dias de Amorim - Suplente
Vinícius Resende Domingues - Suplente
Rafael Resende Bittar - Titular
Helga Paula Patrícia Franco - Suplente

SUMÁRIO



Apresentação	7
1. Histórico G20	11
2. O setor de mineração e seu papel como aliado da agenda do G20	12
2.1 O Setor mineral na Agenda do G20	16
3. Contexto Mundial sobre Minerais Críticos e Estratégicos (MCE)	17
3.1 Riscos no Fornecimento de Minerais	17
3.2 A Importância dos Minerais na Transição Energética	18
4. Competitividade dos Minerais Críticos e Estratégicos	20
5. A agenda de transição energética e os MCE	21
5.1 Importância dos MCE na Transição Energética	21
5.2 Desafios da Cadeia de Suprimento dos MCE	21
5.3 O Papel do Brasil na Transição Energética	22
6. Minerais críticos e estratégicos para a transição energética	23
6.1 Lítio	23
6.2 Terras Raras	26
6.3 Níquel	29
6.4 Cobalto	32
6.5 Grafita	35
6.6 Manganês	38
7. Metais Básicos para a Transição Energética	41
7.1 Alumínio	41
7.2 Cobre	45
8. Segurança alimentar e os MCE	48
8.1 Potássio	48
8.2 Fosfato	51
9. Análise geopolítica e prospectiva do Brasil no contexto dos MCE	54



APRESENTAÇÃO



A indústria da mineração e sua produção é um aliado estratégico para sustentar o cumprimento das agendas do G20, em especial, em relação ao desenvolvimento socioeconômico sustentável, à transição energética, e à segurança mineral, ou seja, a garantia da oferta abundante de recursos minerais. Promover esta indústria significará pavimentar o caminho para alcançar as metas estabelecidas pelo G20, com destaque para a necessária e urgente transição para uma economia verde e a formação das cadeias de suprimento.

Na presente publicação estão abordados temas cruciais para o desenvolvimento sustentável e a inovação tecnológica e o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM) apresenta uma análise detalhada sobre a importância dos minerais críticos e estratégicos (MCE) para a economia global e a transição energética. São apresentados ao leitor os desafios enfrentados pelo setor mineral, bem como o IBRAM propõe uma série de iniciativas para fortalecer a indústria de mineração, incluindo investimentos em tecnologia, sustentabilidade e capacitação profissional.

É crescente a necessidade demonstrada por diversos países de se garantir um fornecimento estável e acessível desses minerais, em relação a setores como energias renováveis e tecnologias digitais. Os MCE são essenciais para diversos fins, como a fabricação de baterias e painéis solares, componentes fundamentais para a transição energética e a sustentabilidade ambiental.

Para atingir o sucesso desta transição, esta publicação pontua três grandes riscos: de fornecimento, já que há, por exemplo, concentração da produção em poucos países; de desafios em acordos de compra; e riscos macroeconômicos, como flutuações nos preços das commodities.

Se o mundo tem pressa para efetivar a descarbonização e a transição energética, um outro ponto crítico destacado nesta publicação é o longo prazo necessário para o desenvolvimento de projetos de mineração. Em média, são necessários 10 anos para que um projeto passe da fase de exploração para a produção. Esse extenso período de desenvolvimento limita a capacidade do mercado de reagir rapidamente ao aumento da demanda, criando gargalos no fornecimento. A publicação sugere que políticas públicas e investimentos em pesquisa e desenvolvimento são essenciais para reduzir esses prazos e aumentar a eficiência do setor.

Em suma, a publicação do IBRAM oferece uma visão abrangente sobre os desafios e oportunidades da indústria de mineração no Brasil, com um foco especial nos minerais críticos e estratégicos. A contribuição da mineração para o G20 Brasil 2024 é destacada como uma oportunidade para promover um desenvolvimento mais justo e sustentável, alinhado com as metas globais de transição energética e inovação tecnológica.

| **Raul Jungmann**, diretor-presidente do Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM)



IBRAM
MINERAÇÃO DO BRASIL







01 | Histórico G20

O G20 foi criado em 1999 como um fórum de ministros das finanças e presidentes de bancos centrais das principais economias desenvolvidas e emergentes. Em 2008, após a crise financeira global, o G20 foi elevado ao nível de cúpula de líderes, incluindo presidentes e primeiros-ministros.

É composto por 19 países - África do Sul, Alemanha, Arábia Saudita, Argentina, Austrália, Brasil, Canadá, China, Coreia do Sul, Estados Unidos, França, Índia, Indonésia, Itália, Japão, México, Reino Unido, Rússia e Turquia - e dois órgãos regionais, a União Africana e a União Europeia. Os integrantes do grupo representam cerca de 85% da economia mundial, mais de 75% do comércio global e cerca de dois terços da população mundial.

As Reuniões de Cúpula são realizadas anualmente, que reúnem os líderes dos países membros para discutir questões globais e coordenar políticas. Cada reunião é organizada pelo país que detém a presidência do G20 naquele ano.

Em 2024, o Brasil assume um papel central na condução das discussões globais. A reunião, que reunirá líderes das maiores economias do mundo, permitirá ao Brasil liderar debates sobre temas cruciais como o combate à fome, pobreza e desigualdade, além de abordar questões fundamentais como a transição energética, o financiamento para o desenvolvimento sustentável e a reforma da governança global.

A Mobilização Global contra a Mudança do Clima e a criação da Aliança Global contra a Fome e a Pobreza também serão focos importantes, refletindo o compromisso do Brasil com uma agenda global mais inclusiva e sustentável. Como presidente do G20 em 2024, o Brasil tem o direito de chamar outros países e entidades. Entre os convidados estão Angola, Bolívia, Egito, Emirados Árabes Unidos, Espanha, Nigéria, Noruega, Paraguai, Portugal, Singapura e Uruguai. Em 2025, o G20 será presidido pela África do Sul.

O ponto máximo da presidência brasileira será a reunião de chefes de Estado e de governos, nos dias 18 e 19 de novembro, no Rio de Janeiro.

02

O setor de mineração e seu papel como aliado da agenda do G20

O setor de mineração desempenha um papel crucial na economia global e é um aliado estratégico para as agendas do G20, no que se refere ao crescimento econômico sustentável, à transição energética, e à segurança de recursos. Nesse contexto, o setor de mineração se torna essencial para o alcance das metas estabelecidas pelo G20, especialmente no que diz respeito à transição para uma economia verde e à garantia de cadeias de suprimento resilientes.

O setor de mineração é um dos mais antigos e fundamentais da economia global. Ele é responsável pela extração de matérias-primas essenciais para a produção de energia, a fabricação de produtos tecnológicos e a construção de infraestrutura. A mineração não só abastece indústrias chave, eletrônica e automotiva, mas também desempenha um papel vital na produção de insumos para a agricultura e para a transição energética, como minerais críticos e estratégicos (MCE) usados em baterias e tecnologias renováveis.

Figura 1: Mineração no Brasil - Potencial

Exportador Player Global	Exportador	Autossuficiente	Importador/ Produtor	Dependência Externa
Nióbio (1°)	Estanho	Calcário	Cobre	Carvão
Min. de Ferro (2°)	Níquel	Diamante Industrial	Enxofre	Metalúrgico
Vermiculita (3°)	Magnesita		Titânio	Potássio
Grafita (4°)	Manganês			
Vanádio (4°)	Cromo	Tungstênio	Fosfato	Terras Raras
Bauxita (4°)	Ouro	Talco	Diatomito	
Caulim (8°)	Rochas Ornamentais		Zinco	
Lítio (5°)				

**MINERAIS ESTRATÉGICOS PARA
A BALANÇA COMERCIAL DO BRASIL
E TRANSIÇÃO ENERGÉTICA**

A produção mineral global é dominada por países como China, Austrália, Brasil, Rússia e Estados Unidos. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de minério de ferro, bauxita (alumínio), nióbio, e outros minerais estratégicos. Em 2023, o setor mineral brasileiro gerou um faturamento de aproximadamente US\$ 49,7 bilhões (R\$ 248 bilhões), com o minério de ferro representando cerca de 59,6% desse total.

Figura 2: Faturamento anual- Mineração brasileira (Bilhões R\$)

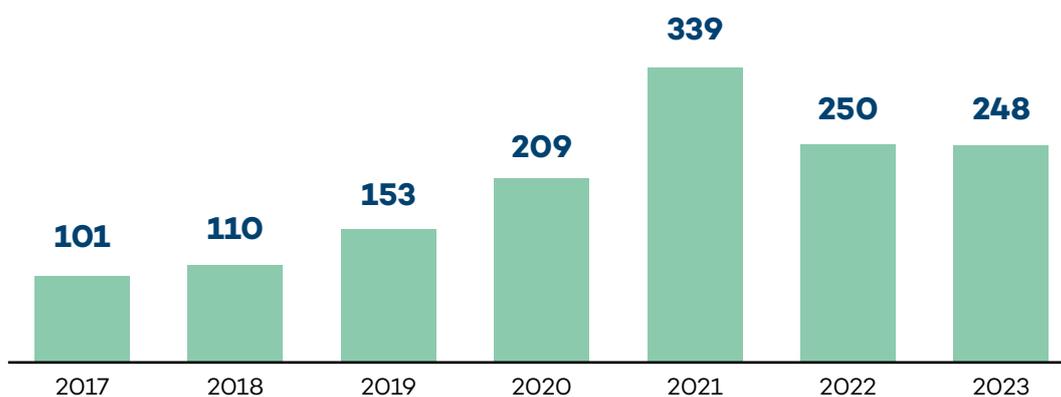
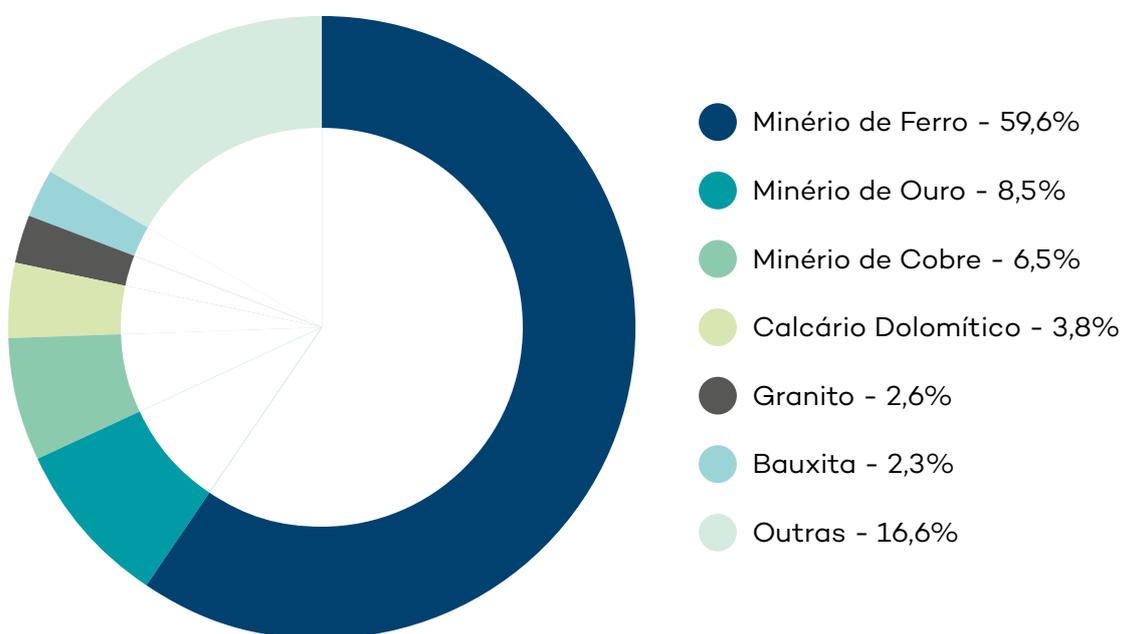


Figura 3: Participação das substâncias no faturamento - 2023



Fonte: ANM, apuração IBRAM, 2024.

A indústria extrativa ocupa atualmente aproximadamente 0,052% do território nacional, e nesta área a indústria extrativa produz o equivalente a 4% do PIB brasileiro (IPEA), movimentando 1,24 bilhões de toneladas de minérios no mercado interno e externo. O faturamento do setor em 2023 foi de R\$248,2 bilhões, mantendo uma escala de produção semelhante a de 2022, onde faturou R\$250 bilhões de reais.



Fontes: ANM, CAGED, Comex Stat, IPEA, IBRAM.

A balança comercial brasileira alcançou exportações de US\$ 339,67 bilhões, 1,6% superior ao do ano anterior. Já as exportações minerais alcançaram US\$ 42,98 bilhões, valor superior em 3% ao ano de 2022, e em quantidade este aumento foi de 9,5% totalizando 392 milhões de t. As importações brasileiras caíram 11,7% em relação a 2022, atingindo US\$ 240,8 bilhões. Já as importações de minerais caíram de forma mais significativa, em 34%, ficando em US\$ 11 bilhões. O saldo da balança comercial brasileira foi de US\$ 98,8 bilhões, e do setor mineral foi de US\$ 31,9 bilhões, equivalente a 28% do saldo Brasil.

Tabela 1: Balança comercial brasileira - Bilhões US\$

	2022	2023	2022 x 2023
Exportações Brasileiras	\$ 334,46	\$ 339,67	1,6%
Exportações Minerais	\$ 41,67	\$ 42,98	3,1%
Importações Brasileiras	\$ 272,70	\$ 240,83	-11,7%
Importações Minerais	\$ 16,75	\$ 11,02	-34,2%
Saldo Brasil	\$ 61,76	\$ 98,84	60,0%
Saldo Mineral*	\$ 24,91	\$ 31,95	28,3%

* Saldo mineral equivale a 32% do saldo Brasil em 2023

Fonte: Comex Stat, apuração IBRAM

EXPORTAÇÕES TOTAIS SETOR MINERAL

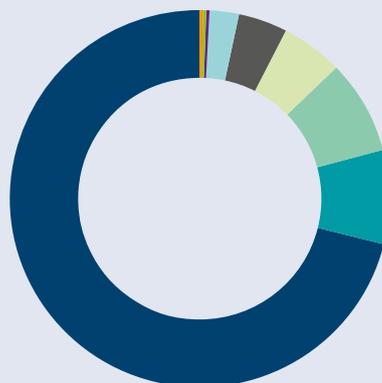


● Bilhões de US\$ ● Milhões de toneladas

Varição 2022 x 2023

Bilhões de US\$	3,1%
Milhões de toneladas	9,5%

EXPORTAÇÕES PARTICIPAÇÃO POR SUBSTÂNCIA



- Ferro - 71%
- Ouro - 8,1%
- Cobre - 8,1%
- Nióbio - 5,2%
- Outros - 4,2%
- Pedras e Revestimentos - 2,6%
- Caulim - 0,2%
- Manganês - 0,3%
- Bauxita - 0,4%

IMPORTAÇÕES TOTAIS SETOR MINERAL

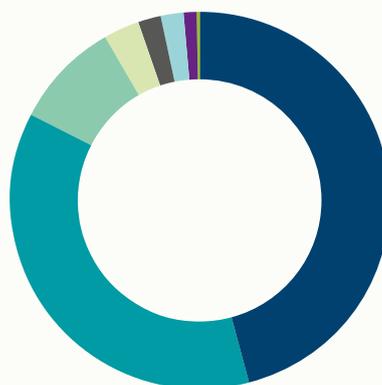


● Bilhões de US\$ ● Milhões de toneladas

Varição 2022 x 2023

Bilhões de US\$	-34,2%
Milhões de toneladas	4,7%

IMPORTAÇÕES PARTICIPAÇÃO POR SUBSTÂNCIA



- Potássio - 46%
- Cavão - 37%
- Outros - 9%
- Enxofre - 3%
- Zinco - 2%
- Rocha fosfática - 2%
- Cobre - 1%
- Pedras e Revestimentos - 0,27%

Fonte: Comex Stat, apuração IBRAM

O setor de mineração é responsável por uma parcela significativa do Produto Interno Bruto (PIB) em países como Austrália (13,6% do PIB)¹, Canadá (7,9%)² Brasil, e África do Sul (6,3%)³. Além disso, gera mais de 210 mil empregos diretos e 2,2 milhões de empregos diretos, indiretos e induzidos, constituindo-se em uma fonte vital de renda para muitas comunidades.

O impacto social da mineração, no entanto, é duplo: por um lado, promove o desenvolvimento econômico e, por outro, apresenta desafios ambientais e sociais que precisam ser geridos de forma sustentável.

2.1 O Setor mineral na Agenda do G20

Dentro da agenda do G20, o setor de mineração desempenha um papel importante para **transição para uma economia de baixo carbono**. A extração e o processamento de minerais críticos, necessários para tecnologias como baterias de íons de lítio, painéis solares e turbinas eólicas, são importantes para alcançar as metas climáticas. Além disso, o setor contribui para a segurança energética e alimentar global, sendo essencial para a produção de fertilizantes e o desenvolvimento de infraestrutura energética.

A proposta de uma Aliança Global contra a Fome e a Pobreza, tema da agenda do G20, encontra na atividade da mineração forma para a redução da pobreza e a fome, visto que os chamados agrominerais, como Potássio, Fosfato e componentes nitrogenados, são relevantes para otimizar as áreas de plantio,

O apoio e a coordenação entre os países membros do G20 são fundamentais para garantir que o setor de mineração contribua de forma eficaz para um futuro mais sustentável e próspero.

¹ Disponível em <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/australia-mining>

² Canada GDP - <https://mining.ca/flippingbooks/mac-report-2023/1>

³ RSA - <https://www.mineralscouncil.org.za/reports/2023>

03

Contexto Mundial sobre Minerais Críticos e Estratégicos (MCE)

Os minerais críticos e estratégicos (MCE) desempenham um papel fundamental no cenário econômico e geopolítico global, especialmente em um contexto de transição energética e aumento da demanda por tecnologias verdes. Nos últimos anos, a necessidade de garantir um fornecimento estável e acessível desses minerais tornou-se uma prioridade para muitas nações, abrangendo setores como energias renováveis e tecnologias digitais.

O cenário global dos MCE é moldado por fatores geopolíticos, econômicos e tecnológicos. Esses minerais são essenciais para várias indústrias e tecnologias modernas, particularmente no processo de transição para uma economia com menor impacto ambiental. A crescente demanda por esses recursos, impulsionada pelo avanço tecnológico e pela busca por energia limpa, tem gerado preocupações sobre a segurança no fornecimento e a necessidade de políticas eficazes para gerenciar esses recursos.

3.1 Riscos no Fornecimento de Minerais

Os desafios relacionados ao fornecimento de minerais críticos para a transição energética, como confiabilidade, acessibilidade e sustentabilidade, são claros, mas podem ser gerenciados. A resposta dos formuladores de políticas públicas e da indústria será decisiva para determinar se esses minerais irão facilitar ou dificultar a transição energética. As principais dificuldades no fornecimento e a volatilidade dos preços desses minerais podem ser explicadas pelos seguintes fatores:

- 1. Concentração Geográfica:** A maior parte dos minerais críticos é extraída em poucos países, o que aumenta o risco de interrupções no fornecimento. Por exemplo, China e República Democrática do Congo dominam a produção de cobalto e terras-raras, essenciais para baterias e painéis solares.
- 2. Longo Prazo de Desenvolvimento:** Em média, são necessários 16,5 anos para que um projeto de mineração passe da fase de exploração para a produção. Esse longo período limita a capacidade do mercado de reagir rapidamente ao aumento da demanda, criando gargalos no fornecimento.

- 3. Qualidade Decrescente e Custo Elevado:** A qualidade de minerais como o cobre está diminuindo, exigindo mais energia para extração. Isso resulta em aumento de custos e maiores emissões de carbono, impactando tanto a economia quanto o meio ambiente.
- 4. Questões Ambientais e Sociais:** A crescente pressão por práticas sustentáveis pode interromper a mineração mal gerida devido a impactos ambientais ou sociais, afetando o fornecimento e as comunidades locais.
- 5. Riscos Climáticos:** As regiões de mineração estão cada vez mais vulneráveis a eventos climáticos extremos, como escassez de água e desastres naturais, o que ameaça a capacidade de extração de minerais de forma confiável e sustentável.

3.2 A Importância dos Minerais na Transição Energética

Com o avanço da transição energética, a segurança no fornecimento de minerais torna-se tão essencial quanto foi a segurança no fornecimento de petróleo no passado. No entanto, ao contrário do petróleo, a escassez de minerais pode impactar diretamente a produção de veículos elétricos e tecnologias renováveis, como usinas solares e eólicas. Para evitar esses gargalos, é crucial alinhar a demanda com inovações tecnológicas e garantir a resiliência das cadeias de suprimento. Políticas públicas claras e incentivos à abertura de novas minas são fundamentais, além de buscar alternativas para o uso mais eficiente desses recursos.

3.2.1 Soluções e Recomendações

- **Incentivar a Reciclagem:** A reciclagem pode reduzir a demanda por novos minerais, especialmente a partir de 2030, com o aumento do descarte de baterias de veículos elétricos e tecnologias renováveis. Isso pode diminuir a necessidade de extração em cerca de 10% até 2040.
- **Avaliações Regulares do Mercado:** Medidas como testes de estresse e estoques estratégicos podem fortalecer a resiliência das cadeias de suprimento, garantindo uma gestão mais eficiente em tempos de crise.
- **Regulamentação Ambiental e Social:** É vital estabelecer regras claras e eficazes para a mineração sustentável, de modo a mitigar riscos como a má gestão de resíduos e a violação dos direitos humanos, garantindo práticas ambientalmente responsáveis ao longo do ciclo de vida dos projetos.

3.2.2 Oportunidades e Desafios

Governos e empresas enfrentam tanto oportunidades quanto desafios na transição para uma economia de baixo carbono. Os benefícios incluem a criação de novas cadeias de fornecimento, geração de empregos e aumento das receitas. No entanto, os desafios incluem a gestão dos impactos ambientais, a segurança no fornecimento e a adaptação das estruturas de governança. Para garantir o sucesso desta transição, é necessário enfrentar três grandes riscos:

- 1. Riscos de Fornecimento:** A concentração da produção em poucos países, o esgotamento de recursos e a substituição de materiais por novas tecnologias representam riscos consideráveis.
- 2. Desafios em Acordos de Compra:** Problemas como volatilidade de preços e instabilidade geopolítica podem complicar os acordos de compra.
- 3. Riscos Macroeconômicos:** Crises cambiais, flutuações nos preços das commodities e o fenômeno da “doença holandesa” podem prejudicar a economia.

Uma abordagem diversificada é essencial para garantir a segurança no fornecimento de minerais críticos. Isso inclui o incentivo ao investimento, inovação tecnológica, reciclagem e cooperação internacional. Tais medidas ajudarão a construir cadeias de suprimento mais robustas, minimizando impactos negativos e maximizando os benefícios econômicos e ambientais.

O cenário global atual destaca a crescente importância dos minerais críticos e estratégicos para o desenvolvimento econômico e tecnológico das nações. Esses minerais são fundamentais para a transição energética, que busca substituir fontes de energia baseadas em combustíveis fósseis por alternativas renováveis e de baixo carbono. Com o aumento da demanda por recursos como lítio, cobalto, níquel e terras raras, os países estão revisando suas políticas de segurança e sustentabilidade no fornecimento desses minerais.

04

Competitividade dos Minerais Críticos e Estratégicos

A competitividade do setor mineral é determinada principalmente pela qualidade dos recursos naturais, como a relação entre a quantidade e o teor de suas reservas. Países com melhores reservas têm maior potencial para dominar a produção mundial de determinados minerais. No entanto, fatores como o volume de minério e a profundidade das reservas são inalteráveis por políticas públicas, e, a longo prazo, a qualidade do minério pode variar, apesar dos esforços em pesquisa geológica.

As minas subterrâneas geralmente possuem custos de produção mais elevados em comparação com as minas a céu aberto. Entretanto, mesmo nas minas a céu aberto, o aumento da profundidade pode elevar os custos absolutos. Além da competitividade natural, há também a competitividade planejada, que envolve renda econômica e custos de implantação, ambos impactados por riscos políticos. Esses riscos influenciam diretamente as decisões das empresas de mineração, destacando a importância das políticas públicas para o setor.

Fatores geopolíticos e geoeconômicos estão cada vez mais presentes no processo decisório da pesquisa, extração e transformação mineral, redesenhando o cenário global da mineração. A previsão da demanda por materiais críticos e estratégicos, no entanto, permanece uma meta complexa, especialmente devido à relação entre geração de energia e consumo de recursos minerais, o que aumenta a pegada ecológica.

Embora as estruturas de custos e técnicas de extração sejam semelhantes globalmente, a competitividade da mineração é influenciada por condições e políticas locais, como inflação, câmbio, mercado de trabalho e ambiente regulatório. A produção tende a se deslocar para regiões com menores custos e maior segurança jurídica. Segundo Peck et al. (1992), a competitividade natural da mineração supera as tentativas de intervenção pública, devido a consequências inesperadas e políticas contraditórias.

Minerais de alto volume, como ferro, carvão e alumínio, dependem de baixos custos de produção para serem competitivos, enquanto os minerais de alto valor, como ouro e lítio, possuem maior valor unitário, mas são mais suscetíveis à gestão e fragmentação de mercado. A competitividade, portanto, depende tanto da escala de produção, logística disponível e do valor agregado, exigindo estratégias adequadas para cada tipo de mineral.

05

A agenda de transição energética e os MCE

A transição energética global, essencial para combater as mudanças climáticas e reduzir as emissões de gases de efeito estufa, depende fortemente do acesso a minerais críticos e estratégicos (MCE). Estes minerais são fundamentais para a produção de tecnologias de energia limpa, como baterias para veículos elétricos, turbinas eólicas e painéis solares. A agenda de transição energética e os MCE estão conectadas, sendo improvável alcançar uma economia descarbonizada sem assegurar o fornecimento adequado desses recursos.

5.1 Importância dos MCE na Transição Energética

Os MCE, como lítio, cobalto, níquel, terras raras, entre outros, são insumos essenciais para a produção de tecnologias que impulsionam a transição energética. Por exemplo, o lítio e o cobalto são componentes chave das baterias de íons de lítio, que alimentam veículos elétricos e sistemas de armazenamento de energia. As terras raras, por sua vez, são indispensáveis na fabricação de ímãs permanentes, utilizados em motores elétricos de alto desempenho e turbinas eólicas.

Com a crescente demanda por tecnologias de energia limpa, a procura por esses minerais também tem aumentado exponencialmente. Segundo a Agência Internacional de Energia (AIE), a demanda global por esses minerais pode crescer até seis vezes até 2040, dependendo do ritmo da transição energética. Este cenário coloca os MCE no centro das estratégias energéticas e industriais dos países, tornando sua exploração e processamento uma prioridade econômica e geopolítica.

5.2 Desafios da Cadeia de Suprimento dos MCE

A distribuição geográfica dos MCE é desigual, concentrada em poucos países. A China, por exemplo, domina a produção e o processamento de várias terras raras, enquanto o Chile e a Austrália são líderes na produção de lítio. Essa concentração cria vulnerabilidades na cadeia de suprimentos global, que podem ser exacerbadas por fatores geopolíticos, como tensões comerciais ou conflitos.

Para mitigar esses riscos, muitos países estão buscando diversificar suas fontes de MCE e investir em tecnologias de reciclagem e substituição de materiais. Além disso, iniciativas internacionais estão sendo lançadas para aumentar a transparência e a sustentabilidade das cadeias de suprimento, assegurando que a exploração desses recursos não cause danos ambientais ou sociais.

5.3 O Papel do Brasil na Transição Energética

O Brasil, com sua matriz energética predominantemente renovável e suas vastas reservas de MCE, possui uma posição estratégica na transição energética global. O país é um dos maiores produtores de nióbio, além de possuir reservas significativas de grafita e terras raras. O desenvolvimento de uma Política Nacional de Minerais Críticos e Estratégicos (PNMCE) é crucial para que o Brasil aproveite seu potencial e contribua de maneira significativa para a transição energética mundial.

A PNMCE deve integrar políticas setoriais e promover o desenvolvimento sustentável dos recursos minerais, alinhando-se às metas de descarbonização e inovação tecnológica. O Brasil também tem a oportunidade de se posicionar como líder na produção e exportação de tecnologias verdes, agregando valor aos seus recursos naturais e promovendo a reindustrialização do país em setores estratégicos.

A agenda de transição energética coloca os minerais críticos e estratégicos no centro das políticas energéticas globais. Garantir o acesso seguro e sustentável a esses minerais é essencial para a descarbonização da economia mundial. O Brasil, com suas reservas abundantes e capacidade industrial, tem um papel fundamental a desempenhar nesse processo. A formulação de uma PNMCE robusta e integrada é um passo crucial para que o país se afirme como líder na nova economia verde, contribuindo tanto para a segurança energética global quanto para o desenvolvimento sustentável.

06

Minerais críticos e estratégicos para a transição energética

6.1 Lítio

6.1.1 Dados, Recursos e Reservas

O lítio é um dos minerais críticos essenciais para a transição energética, principalmente na produção de baterias para veículos elétricos e dispositivos eletrônicos. Os principais recursos mundiais de lítio são encontrados em salmouras, com destaque para a América do Sul. O Brasil, no entanto, possui reservas menores de lítio contido em espodumênio, um minério de rocha dura. Em 2023, o Brasil detinha 1,4% das reservas globais de lítio, com 390 kt de lítio contido.

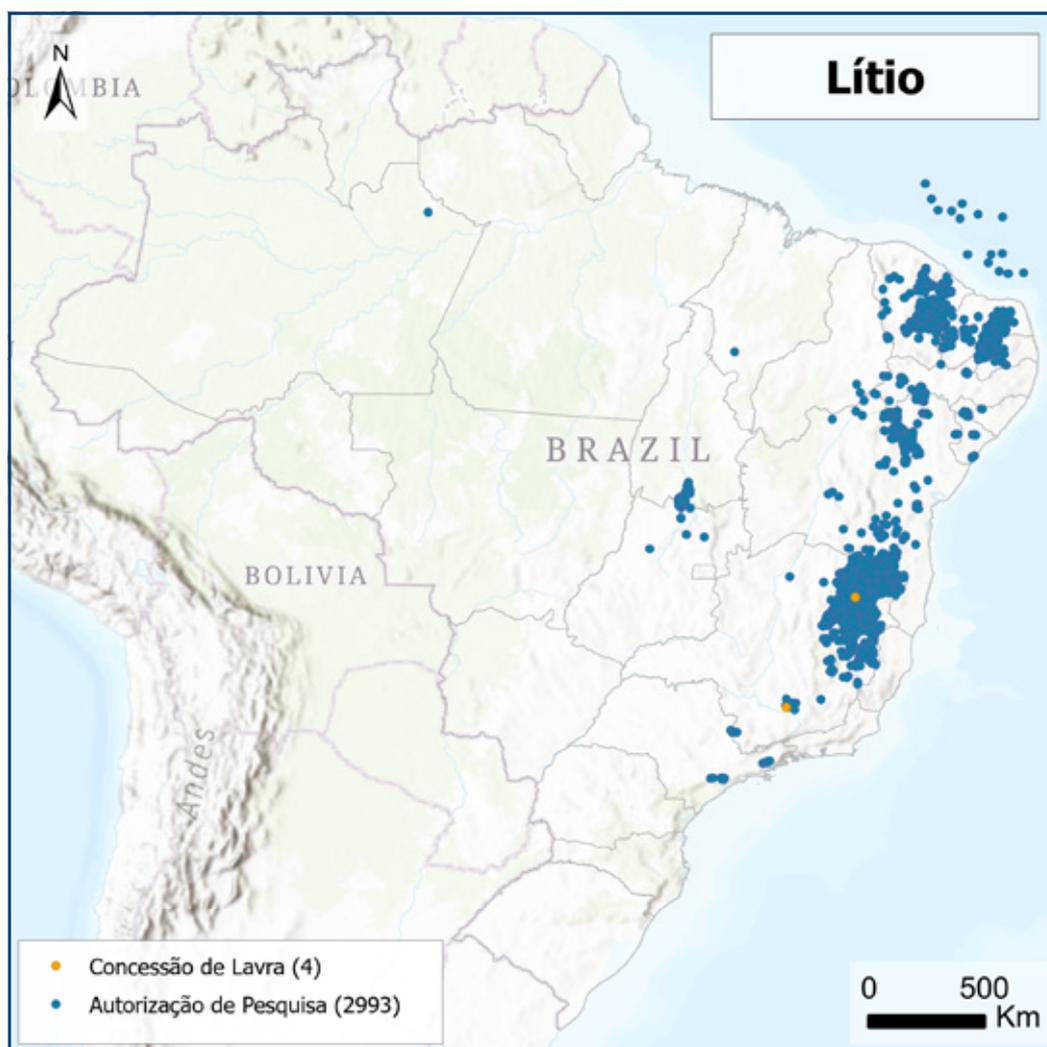
Reservas e Produção de Li em 2023 (USGS)

Reservas*	³ Li Lítio	Produção	Conversão**
28 Mt (Li)		180 Kt (Li)	180 Kt (LCE)
(1) Chile = 33%		(1) Austrália = 48%	(1) China = 78%
(2) Austrália = 22%		(2) Chile = 24%	(2) Austrália = 5,1%
(3) Argentina = 13%		(3) China = 18%	(3) Chile = 13%
(4) China = 11%		(4) Argentina = 5,6%	(4) Argentina = 3,0%
(5) EUA = 3,9%		(5) Brasil = 2,7%	(5) Portugal = 0,5%
(6) Brasil = 1,4%		(6) Canadá = 1,9%	(6) Brasil = 0,16%
Outros = 16%		Outros = 22%	Outros = 0,24%

*Recursos = 105 Mt. ** Estimativa do Eng. Renato Costa da Ionic Lithium

No Brasil, as reservas ainda são modestas, mas o país ocupa o quinto lugar no ranking mundial de produção, com 2,7% da produção global de lítio, representando 4,9 kt de lítio em 2023.

Figura: Mapa para Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra de Lítio no Brasil (2024)



Elaboração: Jazida.com, base de dados ANM maio de 2024

6.1.2 Cadeia de Valor

A cadeia de valor do lítio envolve várias etapas, desde a extração até a produção de baterias. No Brasil, a mineração de lítio está concentrada em Minas Gerais, que se destaca pela produção de concentrado de espodumênio. Três minas principais estão em operação:

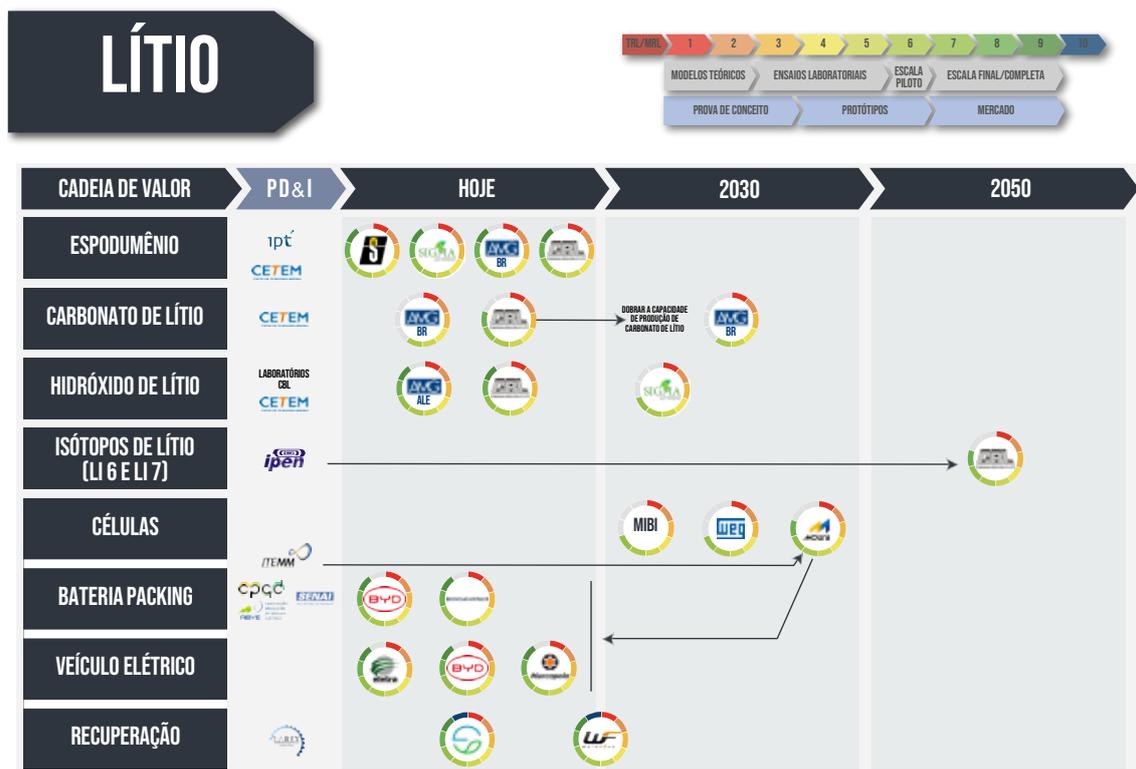
- **Mina da Cachoeira:** Operada pela CBL, pioneira na produção de carbonato de lítio para o mercado interno.
- **Mina da AMG Brazil:** Exporta concentrado de espodumênio, com o lítio sendo um subproduto.
- **Mina Grota do Cirilo:** Operada pela Sigma Lithium, iniciou operações em 2023 e foca na exportação de concentrado.

6.1.3 Rotas Tecnológicas

O futuro da produção de lítio no Brasil passa pela verticalização da cadeia produtiva e avanços na reciclagem. Estima-se que, até 2050, cerca de 60% da demanda de lítio possa ser atendida pela reciclagem. Empresas como WF Baterias e Baterias Moura já estão focadas na recuperação de materiais secundários e no desenvolvimento de baterias menores e mais eficientes.

O **Vale do Jequitinhonha**, em Minas Gerais, está se destacando como um polo de inovação na produção de lítio, conhecido como *Lithium Valley*, atraindo investimentos na conversão química de concentrados de lítio para carbonato e hidróxido de lítio de grau bateria. Essa iniciativa tem potencial para agregar mais valor internamente, além de atrair montadoras de veículos elétricos.

Roadmap Tecnológico do Lítio que mapeia a cadeia de valor e as etapas de produção, reciclagem e recuperação de lítio até 2050.



Fontes:
<https://minerais.cetem.gov.br/handle/cetem/2018>
<https://www.cetem.gov.br/artigo/ii-seminario-litio-brasil>
<https://www.gov.br/cetem/pt-br/assuntos/noticias/pesquisador-do-cetem-participa-de-serie-de-reportagens-sobre-o-litio-e-o-futuro-dos-carros-eletricos-no-brasil>
<https://invest.mct.gov.br/blog/projeto-de-cti/projeto-nicoli/>

6.2 Terras Raras

O Brasil possui um potencial significativo no campo das terras raras, com reservas estimadas em 21 milhões de toneladas de óxidos de terras raras (OTR), ocupando o terceiro lugar no ranking mundial. No entanto, a produção atual do país ainda é mínima, representando apenas 0,02% da produção global, que é amplamente dominada pela China (69%). Esse contraste entre reservas e produção revela uma oportunidade estratégica para o Brasil explorar e desenvolver mais seu setor de terras raras.

6.2.1 Dados de Recursos e Reservas

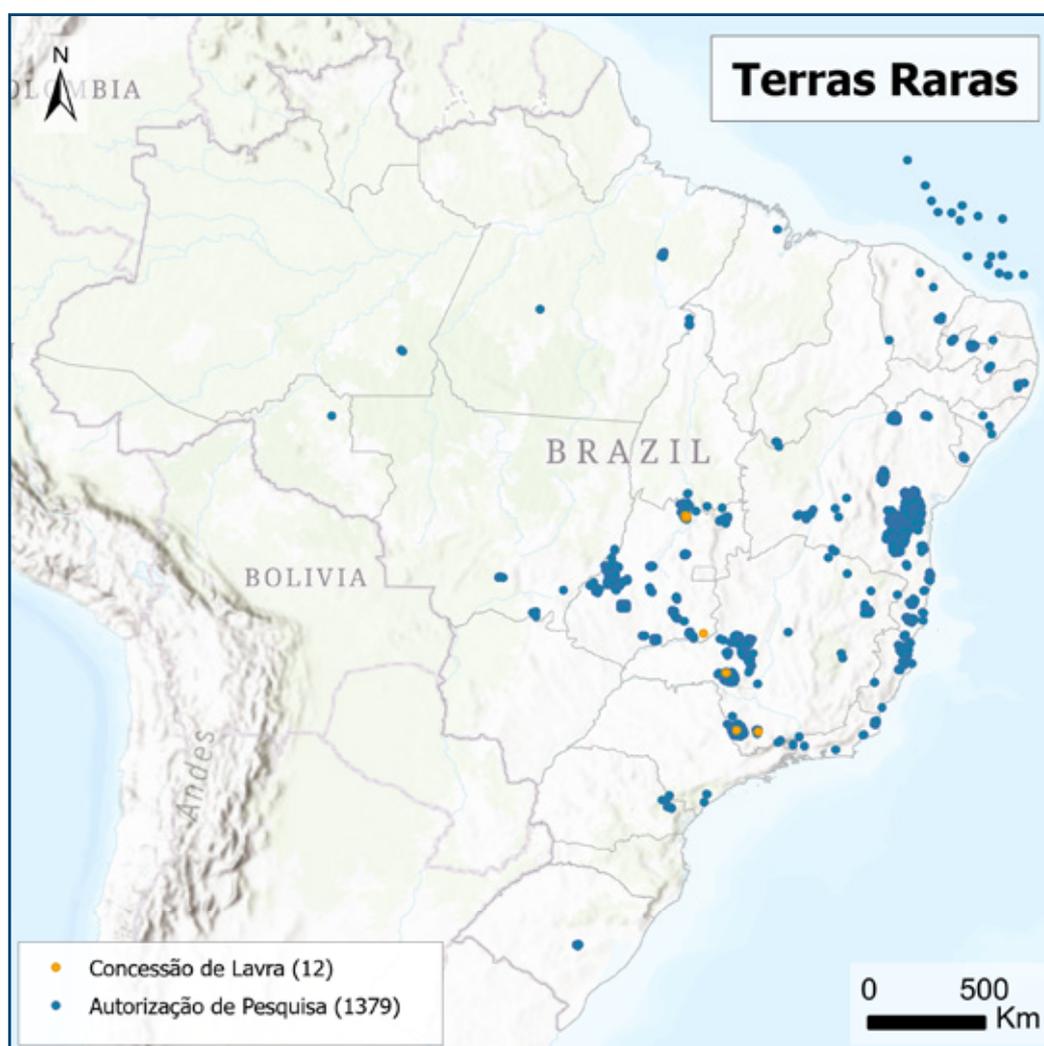
A imagem que mostra as “Reservas e Produção de Terras Raras em 2023 (USGS)” destaca a distribuição global de reservas e produção de óxidos de terras raras. Enquanto a China lidera com 40% das reservas e 69% da produção mundial, o Brasil, com 19% das reservas globais, tem um papel quase insignificante na produção, o que evidencia a necessidade de investir em infraestrutura e tecnologia para aumentar sua participação no mercado global. Importante mencionar o início de produção da Mineração Serra Verde (Minaçu - Goiás), em 2023, primeira empresa a lavar as argilas iônicas, que abriu um grande potencial no Brasil, com pesquisas importantes na região de Poços de Caldas - MG

Reservas e Produção de Terras Raras em 2023 (USGS)

Reservas*	ETR elementos de terras raras	Produção
110 Mt (OTR)		350 Kt (OTR)
(1) China = 40%	21 Sc Escândio	(1) China = 69%
(2) Vietnam = 20%		(2) EUA = 12%
(3) Brasil = 19%	39 Y Ítrio	(3) Burma = 11%
(4) Rússia = 9,1%		(4) Austrália = 5,1%
(5) Índia = 6,3%	57 La Lantânio	(5) Tailândia = 2,0%
(6) Austrália = 5,2%		(?) Brasil = 0,02%
Outros = 0,40%		Outros = 5,9%

*Recursos = N.D; OTR = óxidos de terras raras

Figura: Mapa para Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra de Terras Raras no Brasil (2024)



Elaboração: Jazida.com, base de dados ANM maio de 2024

6.2.2 Cadeia de Valor

A cadeia de valor de terras raras inclui várias etapas importantes, desde a mineração e concentração do minério até a separação dos óxidos e a produção de metais e ligas, culminando na fabricação de produtos de alto valor agregado, como ímãs permanentes e catalisadores. No Brasil, a cadeia de valor ainda está concentrada nas primeiras etapas de extração, com exportação de matérias-primas brutas para processamento no exterior. Para avançar, o país precisa desenvolver sua capacidade de realizar as etapas mais lucrativas, como a separação de óxidos e a produção de componentes finais.

6.2.3 Rotas Tecnológicas

As rotas tecnológicas para o desenvolvimento do setor de terras raras no Brasil envolvem:

- **Mineração e Concentração:** A etapa inicial de extração e concentração de terras raras, já em operação no Brasil, utiliza principalmente argilas de adsorção iônica, como na Mineração Serra Verde em Goiás. Esta operação é um marco na produção de ETR (elementos de terras raras) a partir de argilas iônicas.
- **Separação de Óxidos:** A separação de óxidos é uma etapa tecnológica avançada e essencial para o processamento de terras raras, sendo uma das principais barreiras para o Brasil. Este processo utiliza técnicas químicas, como extração por solventes, para isolar os diferentes elementos de terras raras, possibilitando a produção de óxidos puros.
- **Produção de Metais e Ligas:** Uma vez que os óxidos são separados, a produção de metais e ligas é crucial para a fabricação de ímãs e outros componentes tecnológicos. Esta etapa ainda não está consolidada no Brasil, o que limita o desenvolvimento do setor.
- **Fabricação de Produtos Finais:** A última fase da cadeia de valor é a produção de componentes de alta tecnologia, como ímãs de neodímio, que são utilizados em motores elétricos e turbinas eólicas. O Brasil ainda precisa de infraestrutura para competir nessa fase da cadeia produtiva.[]

6.3 Níquel

6.3.1 Dados, Recursos e Reservas

O níquel é um elemento metálico essencial para a produção de aço inoxidável e baterias, com uma demanda crescente devido à expansão de veículos elétricos. Em 2023, o Brasil ocupa a **3ª posição** em reservas mundiais, com **16 milhões de toneladas** de níquel contido, o que representa **12% das reservas globais**, ficando atrás da Indonésia (42%) e da Austrália (24%). As principais áreas detentoras de reservas no Brasil incluem Goiás, Piauí, Minas Gerais, Pará e Bahia.

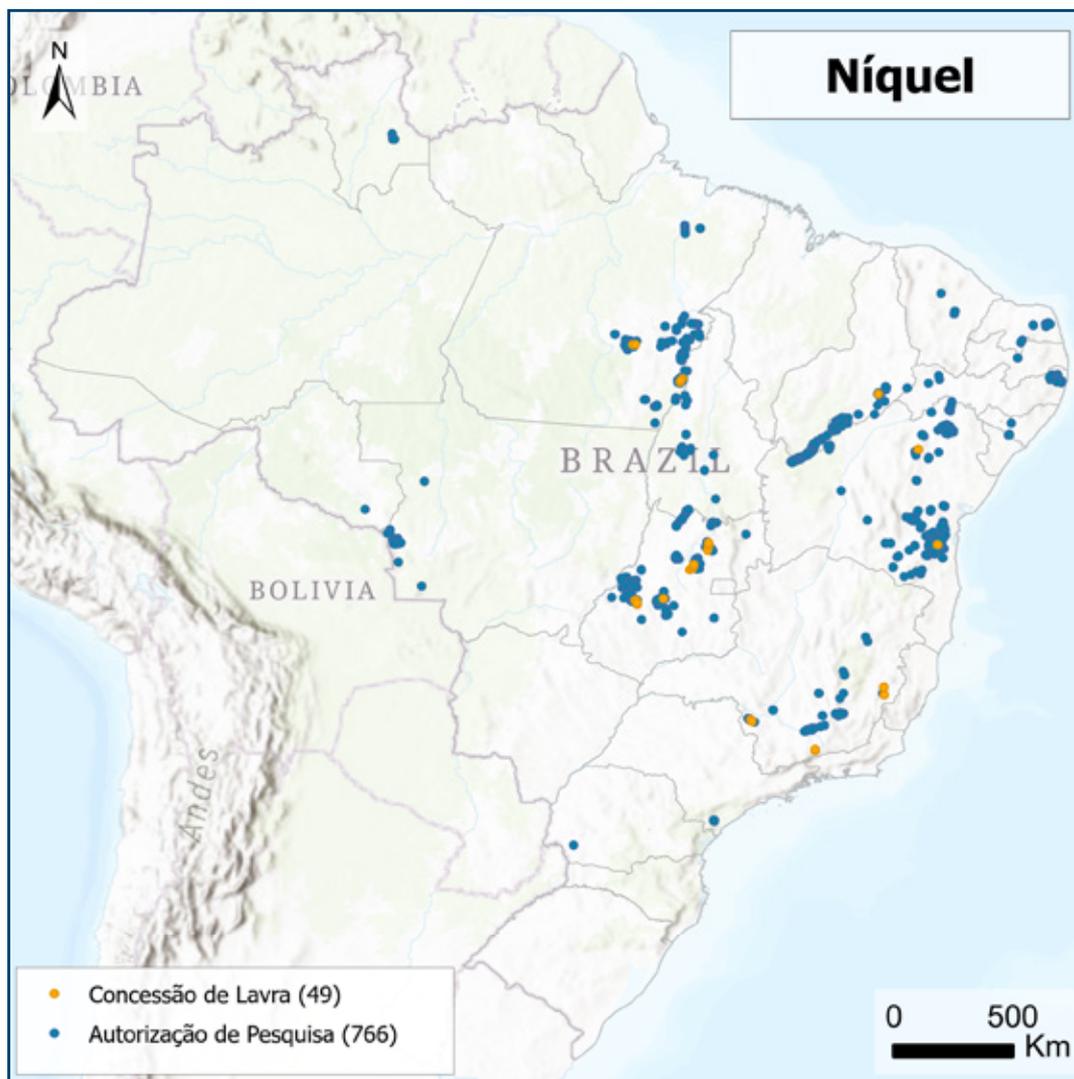
Reservas e Produção de Níquel em 2023 (USGS)

Reservas*	28 Ni Níquel	Produção
130 Mt (Ni)		3.600 Kt (Ni)
(1) Indonésia = 42%		(1) Indonésia = 50%
(2) Austrália = 24%		(2) Filipinas = 11%
(3) Brasil = 12%		(3) N. Caledônia = 6,4%
(4) Rússia = 6,4%		(4) Rússia = 5,6%
(5) N. Caledônia = 5,5%		(5) Canadá = 5,0%
(6) Filipinas = 3,7%		(8) Brasil = 2,5%
Outros = 6,4%		Outros = 20%

*Recursos = 350 Mt (54% em laterita e 35% em sulfetos)

Apesar das vastas reservas, a produção do Brasil é relativamente baixa, posicionando-o em **8º lugar**, com apenas **2,5% da produção global**. A produção mundial de níquel é dominada pela Indonésia (50%), seguida pelas Filipinas (11%).

Figura: Mapa para Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra de Níquel no Brasil (2024)



Elaboração: Jazida.com, base de dados ANM maio de 2024

6.3.2 Cadeia de Valor

A cadeia de valor do níquel no Brasil concentra-se, em grande parte, na **extração de minérios de sulfeto e laterita**. O Brasil exporta principalmente **níquel Classe II**, que é um concentrado sulfetado utilizado para produção de ferro-níquel e outras ligas metálicas. Este produto é enviado para o exterior, onde é processado em **níquel Classe I**, usado para a fabricação de baterias de íon-lítio.

A maioria da produção brasileira está concentrada em **cinco grandes operações**:

1. Barro Alto;
2. Codemin;

3. Santa Rita;

4. Onça Puma; e

5. Americano do Brasil.

Contudo, o país ainda tem uma dependência significativa da exportação de matérias-primas brutas, limitando a criação de valor agregado no setor doméstico.

6.3.3 Rotas Tecnológicas

Para alavancar o potencial de suas vastas reservas, o Brasil precisa investir em rotas tecnológicas que vão além da simples extração de níquel. As rotas tecnológicas incluem:

- **Mineração e Processamento de Minérios de Laterita e Sulfeto:** O Brasil já possui operações maduras de mineração de lateritas e sulfetos, mas grande parte do minério extraído é exportado para processamento em níquel Classe I no exterior.
- **Produção de Níquel Classe I:** A produção de níquel Classe I, necessário para baterias de íon-lítio, é uma área em que o Brasil precisa expandir sua infraestrutura. Isso exigiria tecnologias avançadas de hidrometalurgia e pirometalurgia para tratar minérios de laterita e sulfetos localmente.
- **Fabricação de Produtos Finais:** O desenvolvimento da capacidade de produzir produtos de alto valor agregado, como baterias de íon-lítio, é crucial para o Brasil capturar maior parte da cadeia de valor. Isso envolve um esforço coordenado de investimentos em tecnologia e infraestrutura industrial.

6.4 Cobalto

6.4.1 Dados, Recursos e Reservas

O cobalto é um elemento crítico associado a outros minérios, como chumbo, cobre, níquel e platina, utilizado em superligas, baterias de íon-lítio e ferramentas de alta resistência. Em 2023, as reservas globais de cobalto foram estimadas em **11 milhões de toneladas**, sendo que a **República Democrática do Congo (RDC) detém 55% das reservas mundiais**, seguida pela Austrália (15%). **O Brasil ocupava a 9ª posição** no ranking mundial em 2017, com 70 mil toneladas de reservas, mas não há informações atualizadas sobre a sua posição desde então.

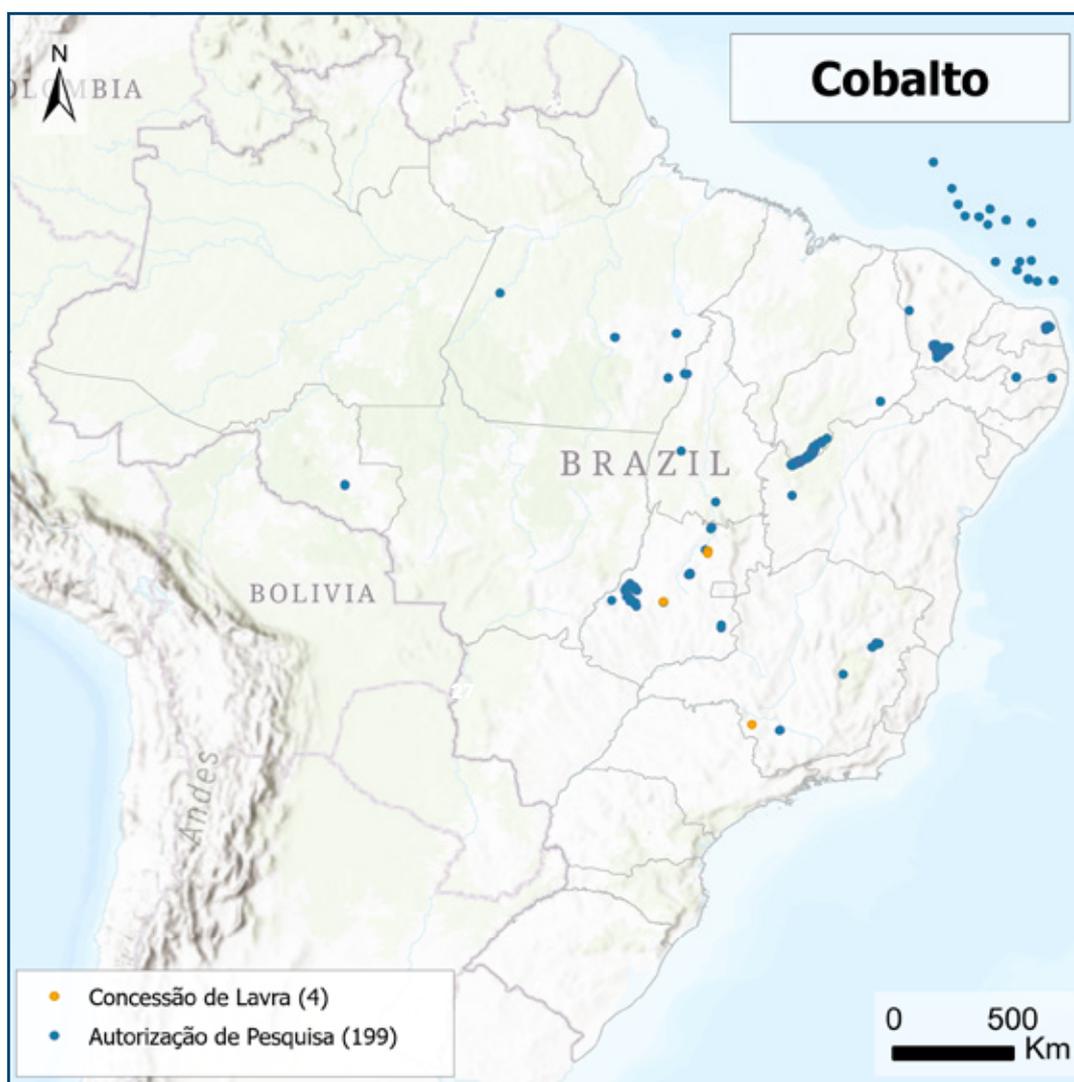
Reservas e Produção de Cobalto em 2023 (USGS)

Reservas*	27 Co Cobalto	Produção
11 Mt (Co)		230 Kt (Co)
(1) RD Congo = 55%		(1) RD Congo = 74%
(2) Austrália = 15%		(2) Indonésia = 7,4%
(3) Cuba = 4,5%		(3) Rússia = 3,8%
(4) Indonésia = 4,5%		(4) Austrália = 2,0%
(5) Filipinas = 2,4%		(5) Madagascar = 1,7%
Outros = 19%		Outros = 11%

*Recursos = 25 Mt

Em termos de produção, a RDC também lidera, com **74% da produção mundial de cobalto**, seguida pela Indonésia (7,4%) e Rússia (3,8%). O Brasil não tem uma participação significativa na produção global, principalmente devido à paralisação de minas importantes.

Figura: Mapa para Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra de Cobalto no Brasil (2024)



Elaboração: Jazida.com, base de dados ANM maio de 2024

6.4.2 Cadeia de Valor

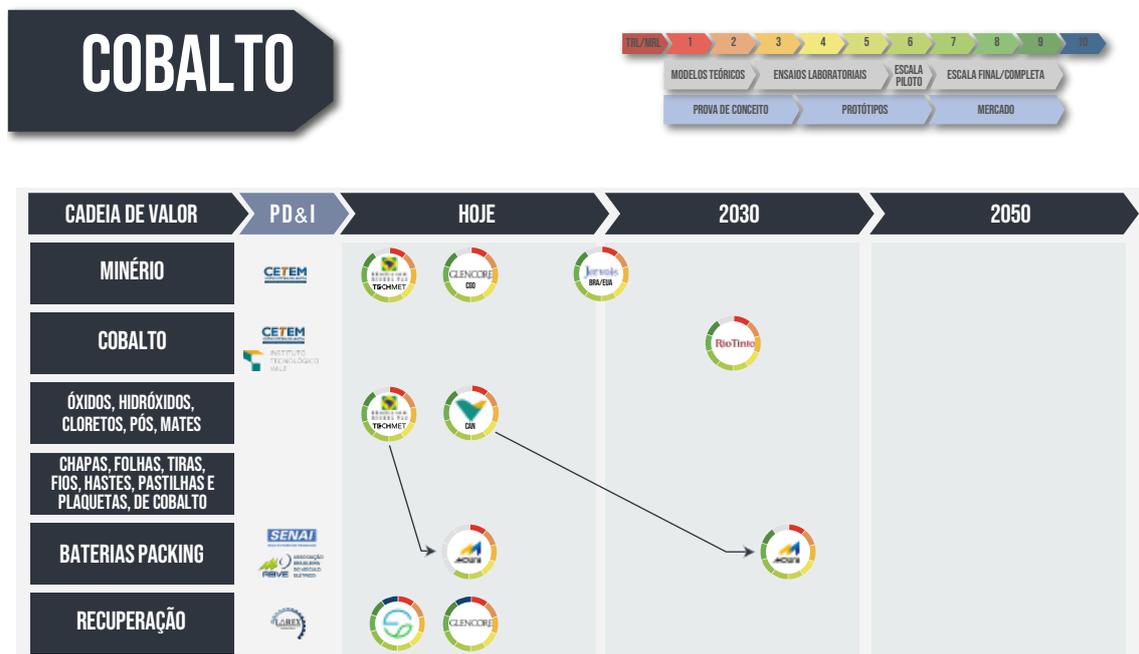
A cadeia de valor do cobalto é dominada por grandes produtores, como a RDC, que exporta a maior parte do cobalto para ser processado na China. A China é o principal centro global de refino e transformação de cobalto, responsável por **70% do processamento global** e fornecendo cobalto refinado para baterias recarregáveis e eletrônicos. O Brasil, por sua vez, possui jazidas de cobalto associadas à mineração de níquel, mas **três grandes minas brasileiras** (Fortaleza de Minas-MG, Americano do Brasil-GO e Niquelândia-GO) foram paralisadas em 2017 devido à falta de viabilidade econômica.

Atualmente, o Brasil depende da reativação dessas operações e do avanço em novas jazidas de cobalto associadas ao níquel, como a de **Jacaré**, em Parauapebas-PA, e projetos de exploração em **São Félix do Xingu-PA**.

6.4.3 Rotas Tecnológicas

Para o Brasil se consolidar como um produtor relevante de cobalto, é necessário investir nas seguintes rotas tecnológicas:

- **Extração e Beneficiamento de Cobalto Associado ao Níquel:** A principal fonte de cobalto no Brasil está associada à mineração de níquel. A reabertura das minas paralisadas e o investimento em novas jazidas de cobalto associado são fundamentais para aumentar a produção nacional.
- **Tecnologias de Refino e Purificação:** Atualmente, o Brasil não tem capacidade significativa para o refino de cobalto. Investimentos em **hidrometalurgia** e **pirometalurgia** são necessários para purificar o cobalto extraído, transformando-o em cobalto de alta qualidade, utilizado em baterias de íon-lítio.
- **Produção de Materiais para Baterias:** O cobalto é essencial na fabricação de **cátodos** para baterias recarregáveis, especialmente as de íon-lítio, que são amplamente utilizadas em veículos elétricos. Para capturar mais valor na cadeia de cobalto, o Brasil deve investir em infraestrutura para produzir diretamente esses componentes de alta tecnologia.



Fontes:
<https://www.carboncreditmarkets.com/single-post/cobalto-reservas-minerais-baterias-e-tecnologia>
<http://larex.poli.usp.br/recuperacao-de-cobalto-de-catalisadores-exauridos-da-industria-petroquimica-atraves-de-reducao-termoquimica/>
<https://www.techmet.com/brazilian-nickel/>
<https://valorinternational.globo.com/economy/news/2022/11/15/us-unveils-investment-in-nickel-cobalt-in-brazil.ghtml>



6.5 Grafita

6.5.1 Dados, Recursos e Reservas

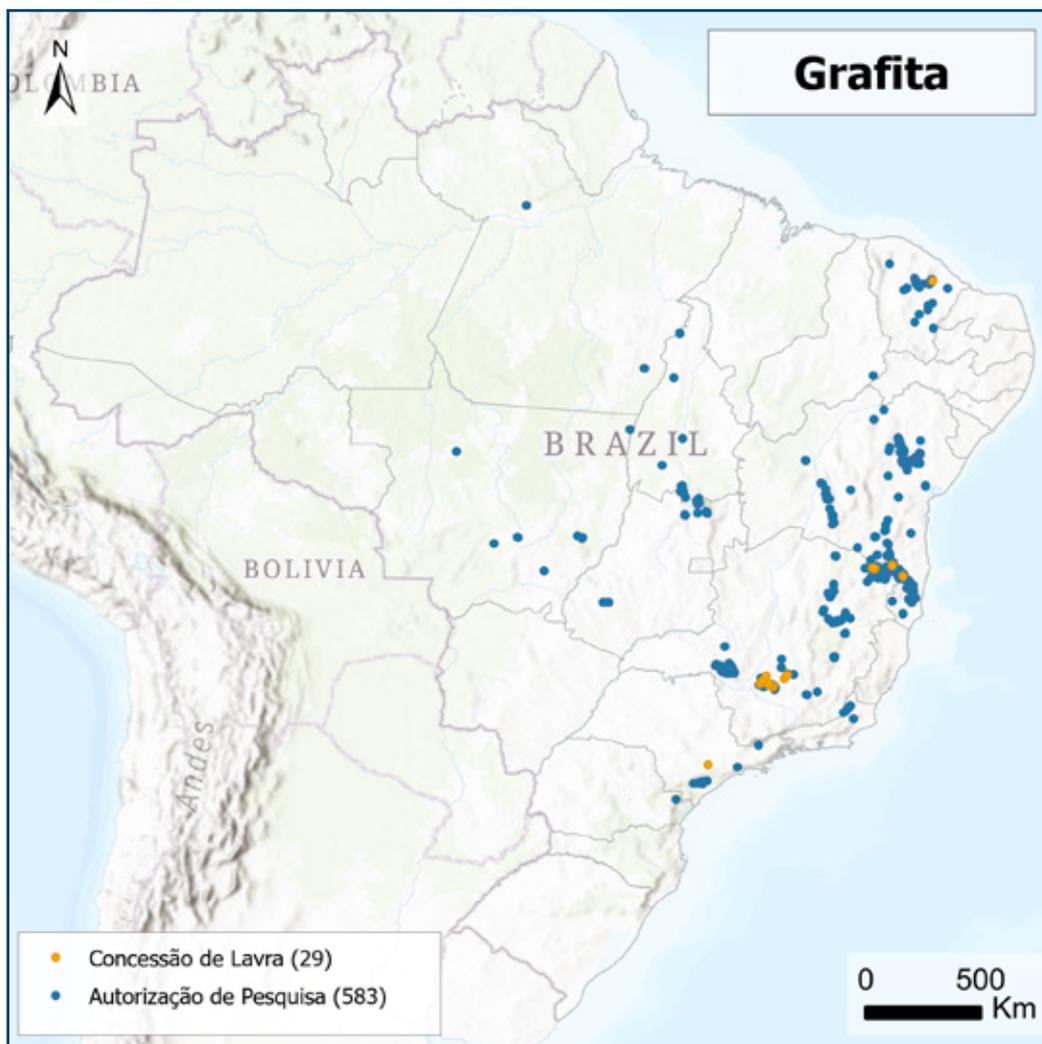
Em 2023, as reservas de grafita do Brasil eram da ordem de **74 milhões de toneladas**, o que coloca o país como o **2º maior detentor de reservas globais**, atrás apenas da China (28%) e representando **26% das reservas mundiais**. Apesar de possuir uma posição destacada em termos de reservas, o Brasil ainda tem uma participação modesta na produção global, com **4,6% da produção mundial**, enquanto a China domina com **77% da produção**. As reservas brasileiras de grafita estão distribuídas principalmente nas regiões Sudeste e Nordeste, conforme o **mapa de autorizações de pesquisa e concessões de lavra** (Imagem 2), que mostra **29 concessões de lavra e 583 autorizações de pesquisa**.

Reservas e Produção de Grafita em 2023 (USGS)

Reservas*	C Carbono	Produção
280 Mt (X)		1.600 Kt (X)
(1) China = 28%		(1) China = 77%
(2) Brasil = 26%		(2) Madagascar = 6,3%
(3) Moçambique = 8,9%		(3) Moçambique = 6,0%
(4) Madagascar = 8,5%		(4) Brasil = 4,6%
(5) Tanzânia = 6,4%		(5) R. Coreia = 1,7%
Outros = 55%		Outros = %

*Recursos = 800 Mt

Figura: Mapa para Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra de Grafita no Brasil (2024)



Elaboração: Jazida.com, base de dados ANM maio de 2024

6.5.2 Cadeia de Valor

A cadeia de valor da grafita no Brasil ainda está em desenvolvimento, com grande parte da produção destinada à exportação como matéria-prima bruta. A grafita é um material essencial para a fabricação de produtos de alta tecnologia, como baterias de íon-lítio, componentes para veículos elétricos e outros dispositivos eletrônicos. No entanto, o Brasil enfrenta desafios para agregar valor à sua produção, com a maior parte do processamento e da fabricação de produtos finais ocorrendo em outros países. Para maximizar o valor econômico da grafita, o país precisa investir em tecnologias de processamento local, focando na produção de materiais avançados, como o grafeno e produtos à base de grafita para baterias e eletrônicos.

6.5.3 Rotas Tecnológicas

Para explorar o pleno potencial de suas reservas de grafita, o Brasil precisa avançar em várias frentes tecnológicas, incluindo:

- **Mineração e Beneficiamento de Grafita:** O Brasil já possui operações significativas de extração de grafita, mas precisa expandir suas capacidades de beneficiamento para produzir materiais de alta pureza, necessários para baterias e outros produtos eletrônicos. Isso envolve investimentos em tecnologias de processamento para melhorar a qualidade da grafita extraída.
- **Produção de Grafita Purificada para Baterias:** A demanda por grafita purificada para a produção de ânodos de baterias de íon-lítio está crescendo rapidamente, impulsionada pela transição energética e pela popularização dos veículos elétricos. O Brasil tem uma oportunidade de aumentar sua participação nesse mercado se investir em tecnologias de purificação e refino da grafita extraída.
- **Desenvolvimento de Tecnologias para o Grafeno:** O grafeno, derivado da grafita, é um material com propriedades excepcionais, que pode ser utilizado em diversas aplicações de alta tecnologia, desde eletrônicos até a medicina. O Brasil poderia aproveitar suas vastas reservas de grafita para se tornar um dos principais produtores mundiais de grafeno, investindo em pesquisa e desenvolvimento para explorar esse nicho de mercado.

6.6 Manganês

6.6.1 Dados, Recursos e Reservas

O manganês é um metal essencial para a indústria global, com destaque para sua aplicação na siderurgia e em baterias. Em 2023, as reservas globais de manganês eram estimadas em **1.900 milhões de toneladas**, com o **Brasil ocupando a 4ª posição mundial**, detendo **14% das reservas globais**. As maiores reservas estão concentradas na África do Sul (32%), Austrália (26%) e China (15%).

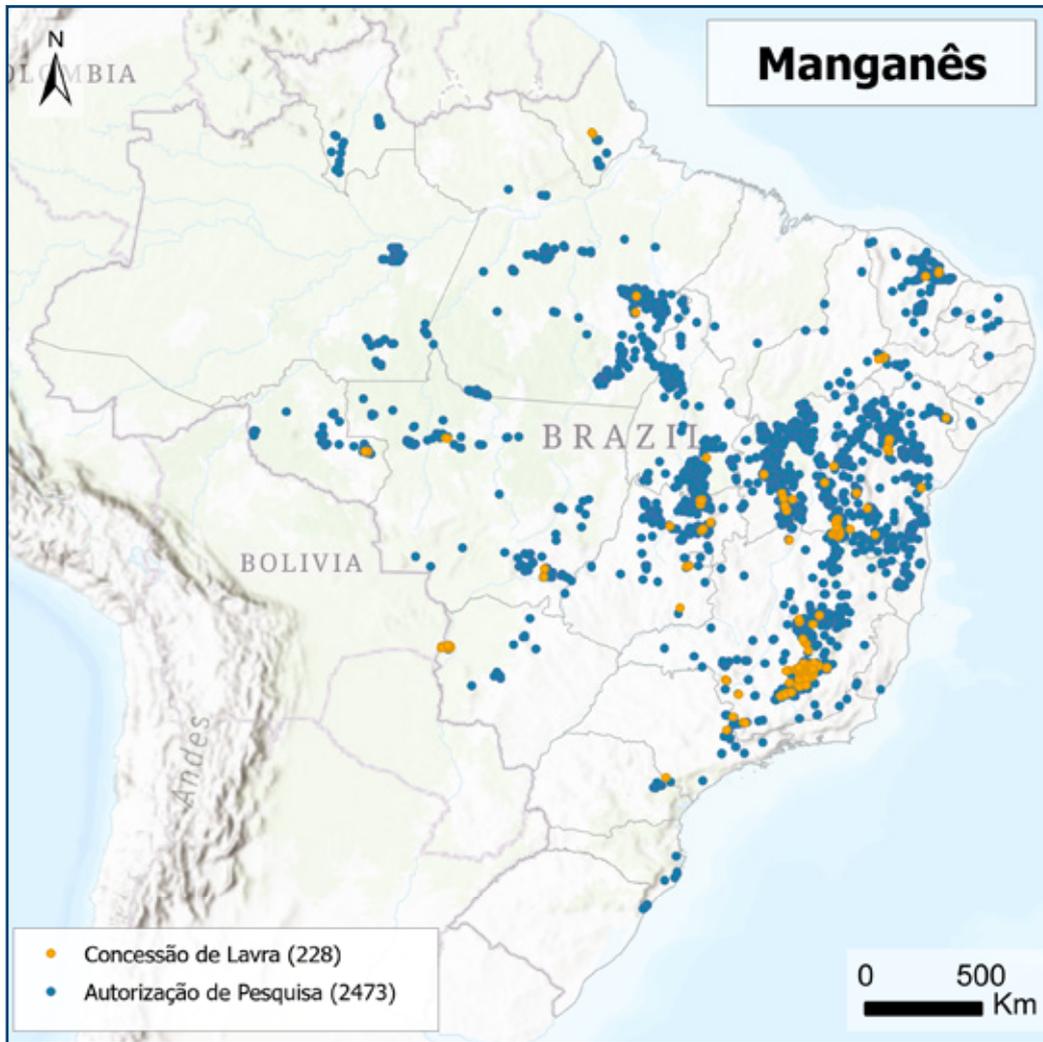
Reservas e Produção de Mn em 2023 (USGS)

Reservas*	²⁵ Mn Manganês	Produção
1.900 Mt (Mn)		20 Mt (Mn)
(1) África do Sul = 32%		(1) África do Sul = 36%
(2) Austrália = 26%		(2) Gabão = 23%
(3) China = 15%		(3) Brasil = 15%
(4) Brasil = 14%		(4) Gana = 4,2%
(5) Ucrânia = 7,4%		(5) China = 3,7%
(2) Gabão = 3,2%		(6) Índia = 3,6%
Outros = 2,4%		Outros = 19%

*Recursos = N.D.

Em termos de produção, o **Brasil** se posiciona em **3º lugar**, com **15% da produção mundial**, atrás da África do Sul (36%) e Gabão (23%). As principais jazidas de manganês no Brasil estão localizadas em **Minas Gerais** e **Pará**, onde são extraídos minérios de alta qualidade, que são utilizados tanto no mercado doméstico quanto no internacional.

Figura: Mapa para Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra de Manganês no Brasil (2024)



Elaboração: Jazida.com, base de dados ANM maio de 2024

6.6.2 Cadeia de Valor

A cadeia de valor do manganês no Brasil é amplamente focada na produção de ferroligas de manganês, usadas principalmente na indústria siderúrgica para melhorar a qualidade do aço. O país também é um dos principais produtores globais de ferromanganês, ocupando a 8ª posição no ranking global. Além da siderurgia, o manganês é utilizado em baterias, especialmente em baterias de veículos elétricos, e também é empregado como micronutriente na agricultura.

A produção brasileira é concentrada em Minas Gerais e Pará, estados que possuem infraestrutura e logística adequadas para o transporte e processamento do minério. Várias empresas estão envolvidas na extração e beneficiamento de manganês, contribuindo para a presença do Brasil no mercado global.

6.6.3 Rotas Tecnológicas

Para manter sua competitividade e aumentar sua participação no mercado de manganês, o Brasil precisa investir em algumas rotas tecnológicas essenciais:

- **Extração e Beneficiamento de Manganês de Alta Qualidade:** O Brasil já possui operações eficientes de extração, mas deve continuar investindo em tecnologias para aprimorar o beneficiamento do minério, garantindo que o manganês brasileiro se mantenha competitivo em qualidade.
- **Expansão na Produção de Manganês para Baterias:** O uso de manganês em baterias de veículos elétricos está em crescimento, e o Brasil tem potencial para expandir sua presença nesse mercado emergente. Isso exigirá o desenvolvimento de novas tecnologias para o processamento de manganês voltadas especificamente para aplicações em baterias.
- **Tecnologias para Ferroligas Avançadas:** O Brasil já é um dos principais produtores de ferroligas de manganês, mas pode aumentar seu valor agregado investindo em tecnologias que permitam a produção de ferroligas avançadas de alta resistência, utilizadas em indústrias de ponta, como a automotiva e a aeroespacial.

07

Metais Básicos para a Transição Energética

7.1 Alumínio

7.1.1 Dados, Recursos e Reservas

O alumínio, um metal amplamente utilizado na indústria moderna, é extraído da bauxita. O **Brasil** possui a **4ª maior reserva mundial de bauxita**, com **30 gigatoneladas (Gt)**, o que representa **9% das reservas globais**. A maior parte dessas reservas está concentrada na região Norte, especialmente em **Oriximiná-PA**, onde a **MRN (Mineração Rio do Norte)** é responsável por cerca de **40% da produção nacional**. Globalmente, o Brasil ocupa a **6ª posição** na produção de alumínio metálico, contribuindo com **1,6% da produção mundial**.

Reservas e Produção de Alumínio em 2023 (USGS)

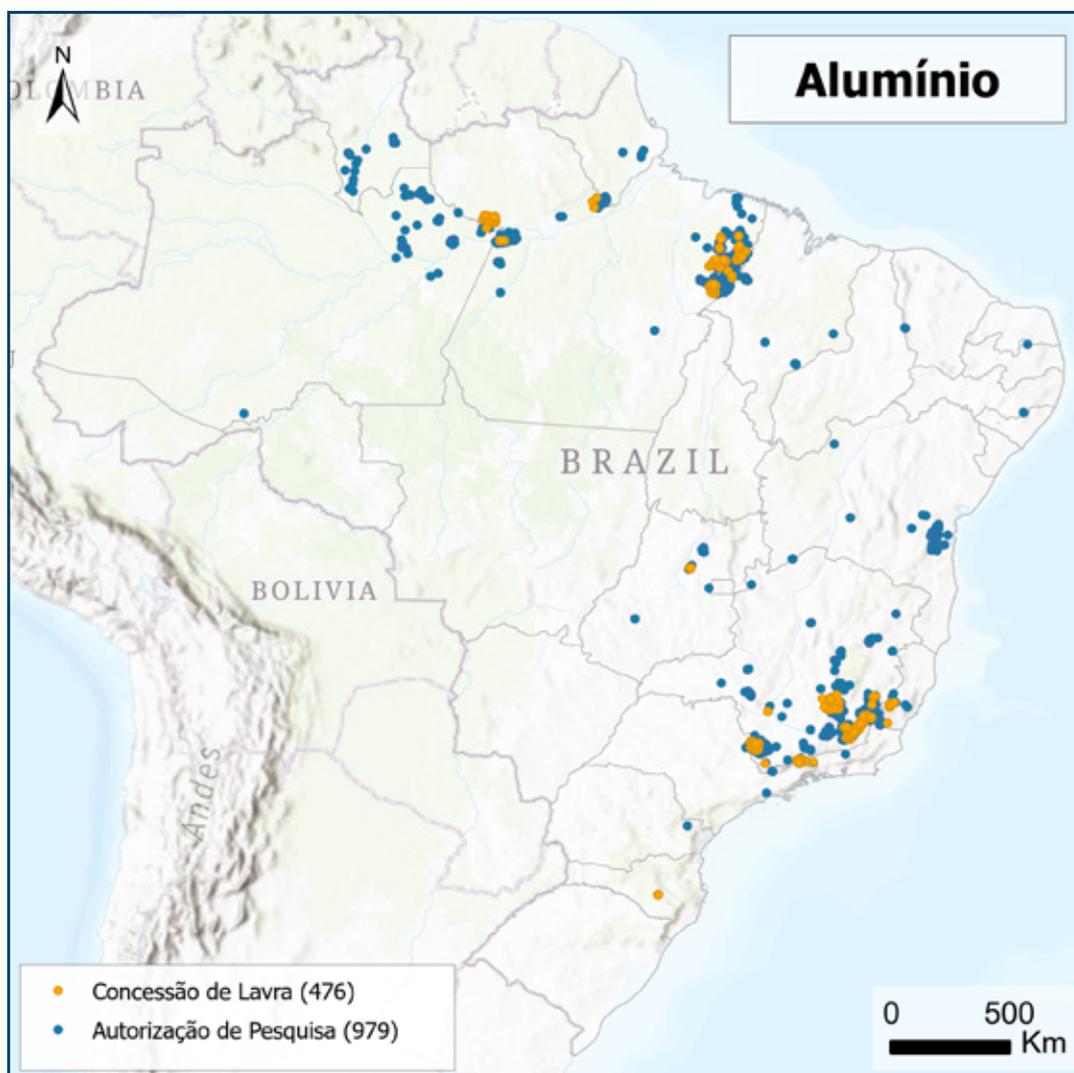
Reservas*	Produção	Al	Alumina	Alumínio
30 Gt (bauxita)	400 Mt (bauxita)	Alumínio	140 Mt (Al ₂ O ₃)	70 Mt (Al)
(1) Guiné = 25%	(1) Austrália = 25%		(1) China = 59%	(1) China = 59%
(2) Vietnam = 19%	(2) Guiné = 24%		(2) Chile = 14%	(2) Índia = 5,9%
(3) Austrália = 12%	(3) China = 23%		(3) Brasil = 7,1%	(3) Rússia = 5,4%
(4) Brasil = 9,0%	(4) Brasil = 7,8%		(4) Índia = 5,2%	(4) Canadá = 4,3%
(5) Jamaica = 6,7%	(5) Indonésia = 5,0%		(5) Rússia = 1,7%	(5) Emirados Árabes = 3,9%
(6) Indonésia = 3,3%	(6) Jamaica = 1,5%		(6) Emirados Árabes = 1,6%	(6) Brasil = 1,6%
Outros = 25%	Outros = 14%		Outros = 211%	Outros = 20%

*Recursos = 55 a 75 Gt

O **mapa de autorizações de pesquisa e concessões de lavra de bauxita** no Brasil (Imagem 3) mostra a vasta distribuição de áreas de exploração, com **476 concessões de lavra** e **979 autorizações de pesquisa**. Isso demonstra que o Brasil ainda tem um grande potencial para expandir sua produção de bauxita e alumínio, principalmente nas regiões Norte e Sudeste, onde estão concentradas as principais jazidas.

Com uma base sólida de recursos e reservas, uma cadeia produtiva estruturada e oportunidades de crescimento sustentável, o Brasil está bem posicionado para aumentar sua participação no mercado global de alumínio, especialmente em um contexto de crescente demanda por alumínio verde e tecnologias mais sustentáveis.

Figura: Mapa para Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra de Bauxita (Alumínio) no Brasil (2024)



Elaboração: Jazida.com, base de dados ANM maio de 2024

7.1.2 Cadeia de Valor

A cadeia de valor do alumínio inicia com a mineração da bauxita, que é transformada em **óxido de alumínio (alumina – Al₂O₃)** e, posteriormente, em alumínio metálico por meio de processos de redução. O Brasil ocupa a **3ª posição mundial** na produção de alumina, com destaque para a **Hydro Alunorte**, localizada no Pará, que produz 5,5 milhões de toneladas de alumina, representando **54% da produção nacional**.

A produção de alumínio metálico no Brasil já foi maior, alcançando 1,5 milhão de toneladas em 2014/2015. Contudo, devido a questões econômicas e à queda nos preços do alumínio no mercado internacional, a produção caiu, e o Brasil caiu para a **15ª posição** em 2023. No entanto, houve uma recuperação recente, com o país produzindo **1,1 milhão de toneladas de alumínio** e subindo para o **8º lugar** no *ranking* mundial.

Atualmente, a produção brasileira de alumínio é concentrada em duas grandes produtoras: **Companhia Brasileira de Alumínio (CBA)** e **Albras**, sendo esta última de capital norueguês e japonesa. Há ainda a **Alumar**, localizada no estado do Maranhão, também importante produtora de alumínio primário, formada pelo consórcio das empresas **Alcoa, Rio Tinto e South32**.

É importante ressaltar que a reciclagem do alumínio já responde por mais de 50% do consumo brasileiro, resultando em uma grande redução no consumo de energia e nas emissões de CO₂. Isso destaca a importância da reciclagem na redução do impacto ambiental da indústria do alumínio. Com o avanço para fontes de energia mais limpas e renováveis, e com a reciclagem desempenhando um papel cada vez mais importante, a indústria do alumínio no Brasil está se movendo em direção a um futuro mais sustentável, com a produção de alumínio mais verde, que coloca o Brasil em vantagem competitiva, mas que não foi ainda transformada em maior valor.

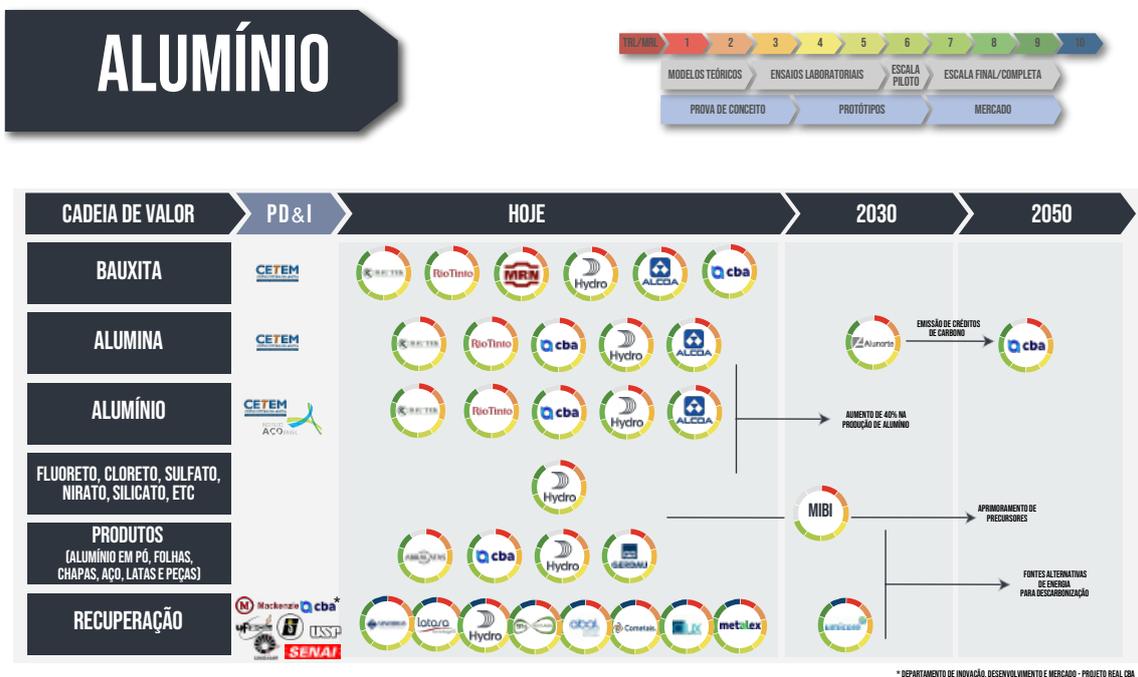
7.1.3 Rotas Tecnológicas

Para consolidar sua posição no mercado global de alumínio e aumentar seu valor agregado, o Brasil precisa investir em diferentes rotas tecnológicas:

- **Aprimoramento da Mineração e Processamento da Bauxita:** A mineração de bauxita no Brasil já é eficiente, mas a otimização de tecnologias de extração e processamento pode aumentar a competitividade da produção brasileira. Isso inclui métodos mais sustentáveis de extração e a redução de impactos ambientais.
- **Expansão da Produção de Alumina:** O Brasil já é um dos maiores produtores de alumina do mundo. A implementação de tecnologias de refino avançado pode aumentar ainda mais a eficiência da produção e reduzir custos, posicionando o país como um fornecedor chave de alumina de alta qualidade para mercados globais.
- **Desenvolvimento de Alumínio Verde:** A demanda por alumínio de baixa emissão de carbono está crescendo, especialmente em mercados que buscam minimizar

suas pegadas de carbono. O Brasil já possui vantagens competitivas em alumínio “verde”, com mais de 50% da produção nacional vinda de fontes de energia renováveis, como a hidroeletricidade. Investir em tecnologias de reciclagem e no uso de energias limpas pode fortalecer ainda mais essa posição. Importante ressaltar que o custo da energia é fator restritivo para novas instalações para produção do alumínio primário no Brasil.

- Reciclagem de Alumínio:** O Brasil é um dos líderes mundiais em reciclagem de alumínio, com mais de 50% da sua produção vinda de material reciclado. Essa prática não só reduz as emissões de CO₂, mas também oferece uma vantagem econômica significativa. O país pode ampliar ainda mais essa rota com investimentos em infraestrutura e tecnologia de reciclagem.



Fontes:
https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariamecnica/maprotec/catalogo_acos_gerdau.pdf
<https://www.hydro.com/pt-BR/aluminium/sobre-aluminio/aluminium-recycling/>
<https://abal.org.br/sustentabilidade/reciclagem/reciclagem-no-brasil/>
<https://www.cometais.com.br/reciclagem-de-residuos-de-aluminio/>
<https://www.brasilmneral.com.br/noticias/demanda-pelo-metal-deve-crescer-40-ate-2030>



7.2 Cobre

7.2.1 Dados, Recursos e Reservas

O cobre é um metal com propriedades notáveis, incluindo excelente condutividade elétrica e térmica, resistência à corrosão e capacidade de liga com outros metais. Ele desempenha um papel crucial na **transição** energética, especialmente em tecnologias de **geração de energia renovável** e na **produção de baterias para veículos elétricos**.

Reservas e Produção de Cobre em 2023 (USGS)

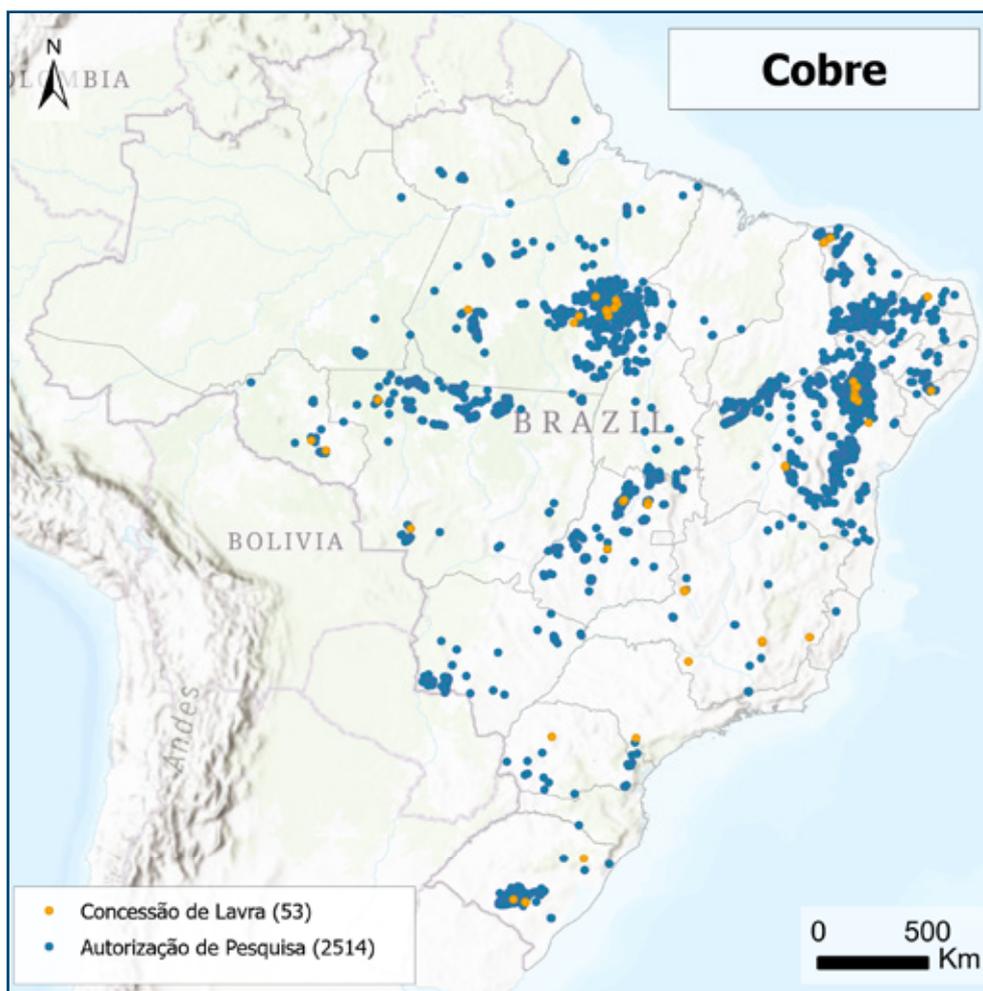
Reservas*	²⁹ Cu Cobre	Produção	Refinado
1,0 Mt (Cu)		22 Mt (Cu)	27 Mt (Cu)
(1) Chile = 19%		(1) Chile = 23%	(1) China = 44%
(2) Peru = 12%		(2) Peru = 12%	(2) Chile = 7,4%
(3) Austrália = 10%		(3) RD Congo = 11%	(3) RD Congo = 7,0%
(4) RD Congo = 8%		(4) China = 7,7%	(4) Japão = 6,8%
(5) México = 5,3%		(5) EUA = 5,0%	(5) Rússia = 3,7%
(17) Brasil = 1,1%		(13) Brasil = 1,6%	(17) Brasil = 1,0%
Outros = 55%		Outros = 51%	Outros = 30%

*Recursos = 2,1 Gt

As reservas brasileiras de minério de cobre são da ordem de **11 milhões de toneladas** de cobre contido, com **90% concentrados no estado do Pará**, que detém as principais minas do país. Isso representa cerca de **1% das reservas globais**, colocando o Brasil na **17ª posição mundial** em reservas de cobre. Globalmente, o Chile lidera com **19% das reservas mundiais**, seguido por Peru e Austrália.

Em 2023, a produção de cobre no Brasil alcançou **350 mil toneladas**, com as minas de **Salobo (145 kt)** e **Sossego (82 kt)**, ambas no Pará, representando **65% da produção nacional**. O Brasil ocupa a **13ª posição** em termos de produção de cobre, contribuindo com **1,6% da produção global**.

Figura: Mapa para Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra de Cobre no Brasil (2024)



Elaboração: Jazida.com, base de dados ANM maio de 2024

7.2.2 Cadeia de Valor

A cadeia de valor do cobre no Brasil é focada principalmente na **produção de concentrado de cobre**, que é exportado para ser refinado em outros países. O **concentrado de cobre** é a forma inicial do minério após o processo de extração e beneficiamento, e necessita de etapas posteriores de refino para se transformar em cobre refinado, utilizado em produtos finais como fios e cabos elétricos.

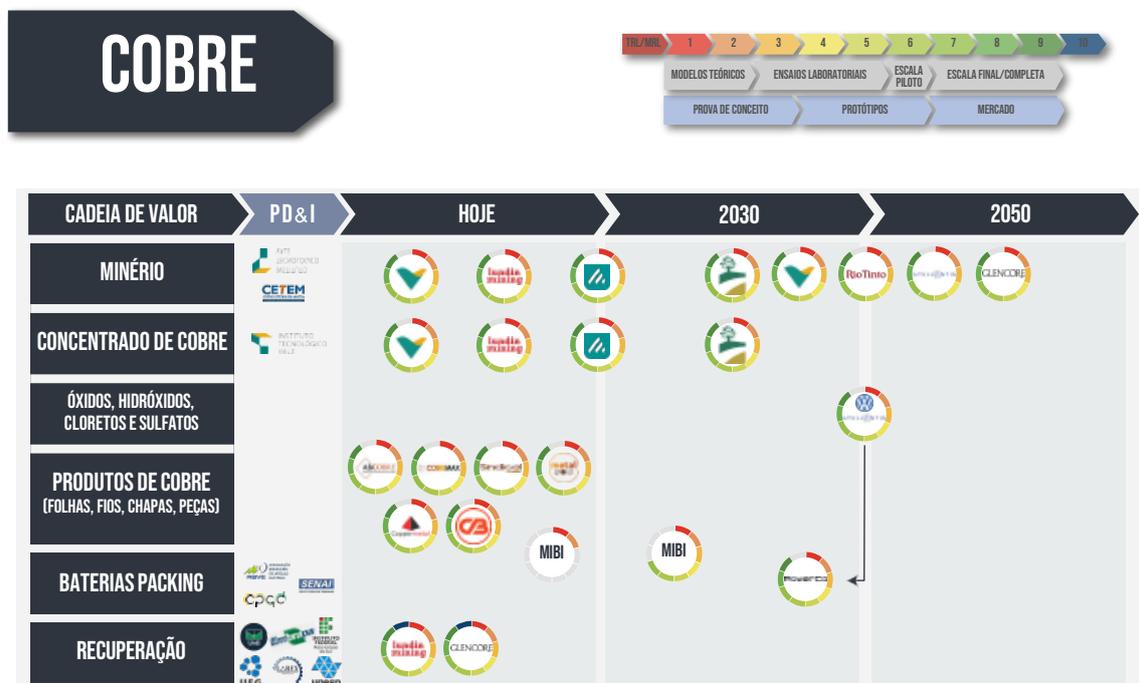
Atualmente, o Brasil possui uma capacidade limitada de **refino de cobre**, sendo responsável por apenas **1% do cobre refinado** globalmente, o que coloca o país na **17ª posição mundial**. A maior parte do cobre refinado vem de China (44%) e Chile (15%), que detêm as principais plantas de refino.

A **mineração no Pará** domina a produção brasileira, mas existem importantes operações também em Goiás e Bahia. A principal parte do cobre (concentrado) produzido no Brasil é destinada ao mercado externo, limitando a agregação de valor no país.

7.2.3 Rotas Tecnológicas

Para fortalecer sua posição no mercado global e aumentar o valor agregado da produção, o Brasil precisa investir em várias rotas tecnológicas:

- **Expansão do Refino Nacional:** Atualmente, o Brasil exporta a maior parte do concentrado de cobre sem agregar valor no país. O desenvolvimento de capacidades de refino doméstico é crucial para aumentar a produção de cobre refinado, atendendo à crescente demanda global por cobre de alta pureza, especialmente no setor de tecnologia e energia. Oferta e custo da energia limitam a expansão da produção de cobre metálico no país.
- **Otimização da Cadeia Produtiva:** Melhorar a eficiência das operações de mineração e processamento de cobre pode aumentar a competitividade brasileira. Investir em tecnologias de automação e controle digital nas minas e nas plantas de beneficiamento ajudará a reduzir custos e aumentar a produtividade.
- **Uso Sustentável da Energia:** O Brasil possui uma matriz energética renovável, que pode ser usada como vantagem competitiva, reduzindo as emissões de carbono associadas à produção de cobre. Investir em projetos que utilizam fontes renováveis de energia, como solar e eólica, nas operações de mineração e refino, ajudará o país a atender às exigências globais por materiais sustentáveis.



Fonte:
<https://www.autoindustria.com.br/2023/06/12/volkswagen-e-stellantis-investirao-em-minas-de-niquel-e-cobre-no-brasil/>
<https://www.cpad.com.br/>
<https://www.vale.com/pt/mineracao>

CETEM
CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

IBRAM
MINERAÇÃO DO BRASIL

08

Segurança alimentar e os MCE

8.1 Potássio

8.1.1 Dados, Recursos e Reservas

O potássio é um elemento fundamental para a agricultura mundial, utilizado principalmente na produção de fertilizantes potássicos (KCl) que são essenciais para a nutrição das plantas. Em 2023, as reservas globais de potássio foram estimadas em **3,6 gigatoneladas (Gt) de K₂O** equivalente, sendo que o Brasil ocupa a **12ª posição** com **0,1% das reservas globais**. Os países com as maiores reservas são o Canadá (31%), Bielorrússia (21%) e Rússia (18%).

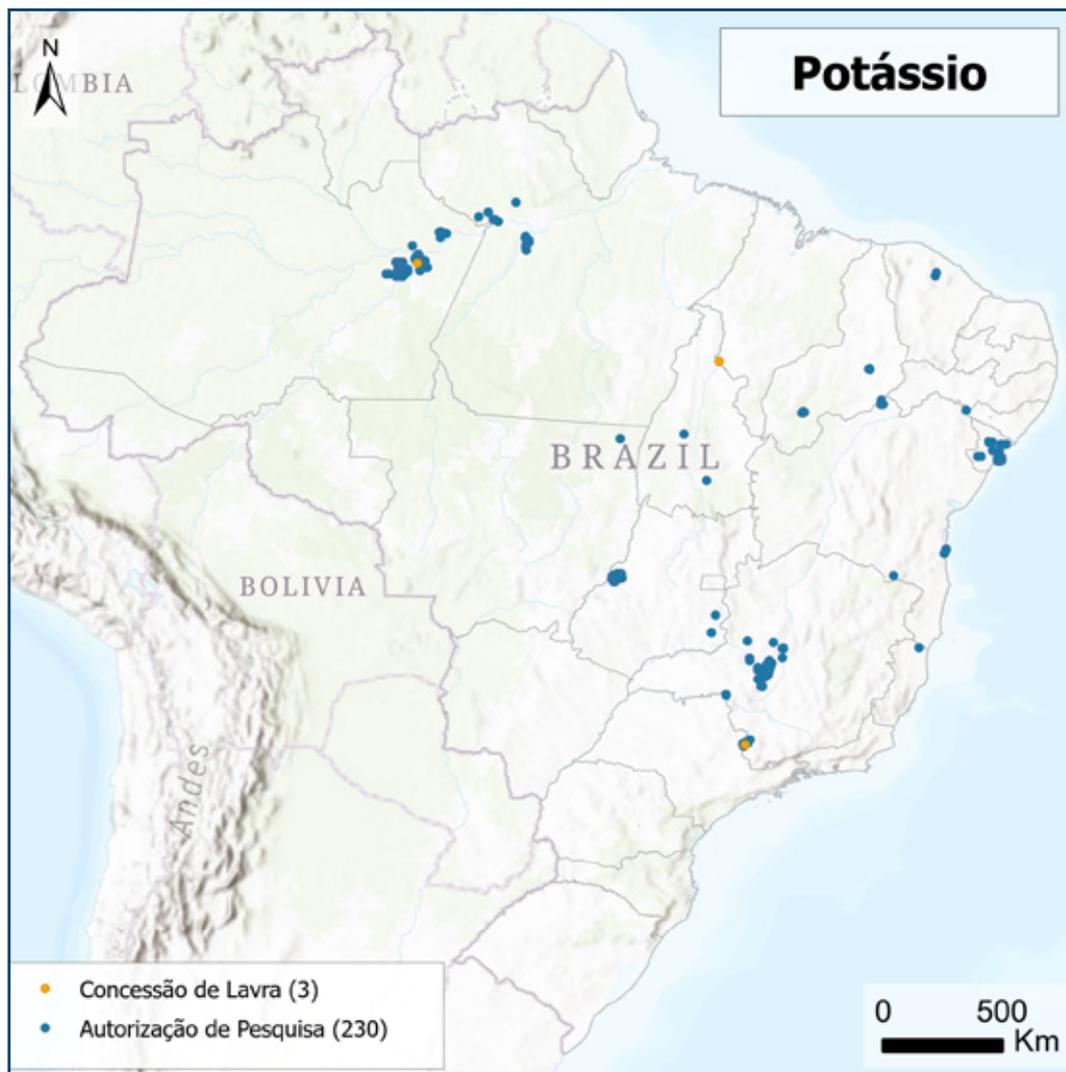
Reservas e Produção de Potássio em 2023 (USGS)

Reservas*	¹⁹ K Potássio	Produção
3,6 Gt (K₂O eq)		396 Mt (K₂O eq)
(1) Canadá = 31%		(1) Canadá = 33%
(2) Bielorrússia = 21%		(2) Rússia = 17%
(3) Rússia = 18%		(3) China = 15%
(4) EUA = 6,1%		(4) Bielorrússia = 9,7%
(5) China = 5,0%		(5) Alemanha = 6,7%
(12) Brasil = 0,1%		(12) Brasil = 0,5%
Outros = 19%		Outros = 18%

*Recursos = 250 Gt. Reservas lavráveis (ROM) = 11 Gt

Em termos de produção, o Brasil contribui com apenas **0,5% da produção global**, sendo altamente dependente de importações para atender à sua demanda interna. A produção mundial de potássio é liderada pelo Canadá (33%), Rússia (17%) e Bielorrússia (17%), que juntos representam cerca de 70% da produção global.

Figura: Mapa para Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra de Potássio no Brasil (2024)



Elaboração: Jazida.com, base de dados ANM maio de 2024

8.1.2 Cadeia de Valor

A cadeia de valor do potássio no Brasil é dominada pela dependência de importações. O Brasil é o **2º maior consumidor mundial de potássio**, consumindo cerca de **10,7 milhões de toneladas de K₂O equivalente** anualmente, dos quais **96% são importados**. Essa dependência crescente pressiona o setor agrícola, já que o potássio é um dos

principais insumos na produção de fertilizantes, impactando diretamente a competitividade da agricultura brasileira.

As maiores fontes de importação de potássio do Brasil são o Canadá, Rússia e Bielorrússia. No Brasil, há uma produção nacional modesta, concentrada no **estado de Sergipe**, com a mina **Taquari-Vassouras**, que atualmente é operada pela **Mosaic Fertilizantes**. A produção anual dessa mina foi de **193 mil toneladas de K₂O** em 2023, representando uma fração mínima da demanda nacional.

8.1.3 Rotas Tecnológicas

Para que o Brasil reduza sua dependência de importações e fortaleça sua produção nacional de potássio, é necessário investir em diversas rotas tecnológicas:

- **Desenvolvimento de Novas Jazidas:** O Brasil possui reservas identificadas em Sergipe (silvinita e carnalita) e no Amazonas (silvinita), que podem ser exploradas para aumentar a produção doméstica. Um dos projetos em destaque é o da Potássio do Brasil, que visa iniciar a exploração de novas áreas em Autazes, no estado do Amazonas. É relevante destacar a necessidade de busca por novos depósitos de potássio no território brasileiro para suprir as demandas internas do País.
- **Tecnologias de Remineralização:** Além da exploração de minas convencionais, o Brasil pode investir no desenvolvimento de tecnologias de remineralização, utilizando fontes alternativas de potássio, como remineralizadores de solo. Isso incluiria o uso de rochas potássicas, que oferecem um caminho para reduzir a dependência de potássio importado.
- **Expansão e Modernização da Produção Nacional:** A modernização das tecnologias de extração de potássio, especialmente em áreas como Sergipe e Amazonas, pode aumentar a eficiência e a viabilidade econômica da produção interna. O projeto da mina de Autazes, no Amazonas, representa uma oportunidade significativa para expandir a produção nacional.
- **PD&I para Novas Fontes de Potássio:** Investimentos em pesquisa e desenvolvimento (PD&I) são cruciais para descobrir novas fontes de potássio e criar processos de extração mais eficientes e sustentáveis. Isso permitirá que o Brasil se torne um dos principais produtores globais no futuro, aproveitando sua capacidade agrícola e sua necessidade de insumos locais.

8.2 Fosfato

8.2.1 Dados, Recursos e Reservas

O fosfato é um mineral crucial para a agricultura global, utilizado principalmente na fabricação de fertilizantes fosfatados. Em 2023, as reservas mundiais de **rocha fosfática** foram estimadas em **746 gigatoneladas (Gt)**, com o Brasil ocupando a **7ª posição global**, detendo **2,2% das reservas mundiais**. Os maiores detentores de reservas são o Marrocos (70%), seguido pela China (5,1%) e pela Bielorrússia (3,8%).

Reservas e Produção de Fosfato em 2023 (USGS)

Reservas*	15 P Fósforo	Produção
746 Gt (rocha)		220 Mt (rocha)
(1) Marrocos = 70%		(1) China = 41%
(2) China = 5,1%		(2) Marrocos = 16%
(3) Egito = 3,8%		(3) EUA = 9,1%
(4) Tunísia = 3,4%		(4) Rússia = 6,4%
(5) Rússia = 3,2%		(5) Jordânia = 5,5%
(7) Brasil = 2,2%		(6) Brasil = 2,4%
Outros = 12%		Outros = 20%

*Recursos=300 Gt

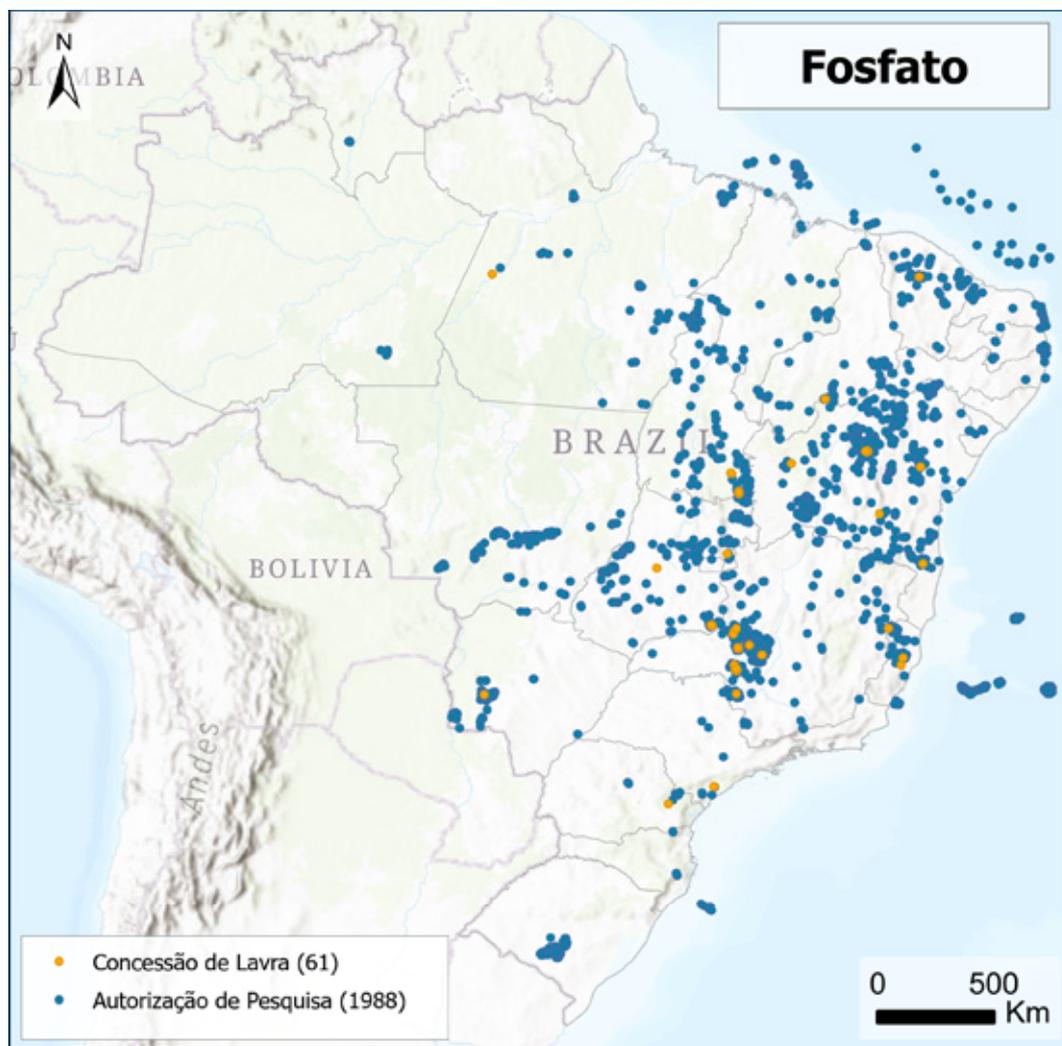
Em termos de produção, o Brasil contribui com **2,4% da produção mundial** de rocha fosfática, situando-se em **6º lugar no ranking global**, atrás de gigantes como China, Marrocos e Estados Unidos, que, juntos, representam mais de 80% da produção mundial de fosfato. A produção brasileira de fosfato é essencial para atender às necessidades da sua grande indústria agrícola.

O **mapa de concessões de lavra e autorizações de pesquisa no Brasil** mostra um grande potencial para a expansão da exploração de fosfato, com **61 concessões de lavra** e **1.988 autorizações de pesquisa** distribuídas em diversas regiões do país. O estado de **Minas Gerais** e a região do **Centro-Oeste** se destacam como os principais polos de exploração de fosfato no Brasil.

Além disso, o país possui metas ambiciosas para **2050**, que incluem a ampliação das reservas e da produção nacional de fosfato, visando reduzir a dependência externa e consolidar o Brasil como um importante produtor mundial de fertilizantes fosfatados.

O crescimento da produção será essencial para atender à crescente demanda interna por fertilizantes, especialmente com a expansão da agricultura.

Figura: Mapa para Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra de Fosfato no Brasil (2024)



Elaboração: Jazida.com, base de dados ANM maio de 2024

8.2.2 Cadeia de Valor

A cadeia de valor do fosfato no Brasil começa com a extração de **rocha fosfática**, que é beneficiada para a produção de **fertilizantes fosfatados**. O Brasil possui uma cadeia produtiva integrada, com empresas nacionais e internacionais operando tanto na mineração quanto no processamento de fosfato. As principais empresas que operam no Brasil incluem **Mosaic Fertilizantes** (responsável por 52% da produção nacional), **CMOC** (20%).

No entanto, o Brasil ainda depende de **importações** para atender à demanda por fertilizantes fosfatados, principalmente devido à limitação de reservas de alta qualidade e à crescente demanda do setor agrícola. A dependência externa é agravada pela necessidade de importação de insumos como enxofre e ácido sulfúrico, essenciais para a produção de fertilizantes.

8.2.3 Rotas Tecnológicas

Para reduzir a dependência de importações e expandir a produção nacional, o Brasil precisa investir em várias rotas tecnológicas:

- **Aprimoramento do Processamento Mineral:** A tecnologia de concentração de minérios de fosfato por flotação pode ser otimizada para melhorar a recuperação de fosfato, especialmente em minérios com impurezas. O país também deve investir em tecnologias para o aproveitamento do fosfogesso, um subproduto da produção de ácido fosfórico.
- **Desenvolvimento de Fontes Alternativas:** O Brasil possui experiência no beneficiamento de apatita, uma fonte alternativa de fosfato. O desenvolvimento de tecnologias para extração de fontes alternativas de fosfato, como o uso de minerais fosfatados de menor teor, pode ser uma rota promissora para garantir o fornecimento interno de fertilizantes.
- **Expansão da Produção e Melhoria de Logística:** Investir em novos projetos de mineração e melhorar a infraestrutura de transporte e logística é crucial para aumentar a capacidade produtiva. Projetos como os de Três Estradas (RS) e Santa Quitéria (CE) visam aumentar a capacidade de produção de fosfato e reduzir a dependência de importações.

09

Análise geopolítica e prospectiva do Brasil no contexto dos MCE

A análise geopolítica e prospectiva do Brasil no contexto dos minerais críticos e estratégicos (MCE) é essencial para entender o papel que o país pode desempenhar no cenário global. O Brasil possui uma vasta riqueza de recursos naturais, com destaque para minerais como nióbio, grafita, níquel, cobre, manganês e lítio. Esses minerais são essenciais para a transição energética e a transformação ecológica, alinhando-se às demandas internacionais e às novas políticas de sustentabilidade global.

1. Geopolítica dos Minerais Críticos e Estratégicos (MCE)

O contexto geopolítico dos MCE envolve a crescente competição global por recursos essenciais à transição energética, como os utilizados em baterias, tecnologias renováveis e eletrificação. O Brasil, com seu vasto território e recursos minerais, se posiciona como um dos principais players em potencial nesse cenário. O país possui reservas significativas de **lítio** (5º maior produtor mundial), **nióbio** (responsável por 85% da produção global) e **grafita**, e é o **3º maior** em reservas de terras raras.

A crescente demanda internacional por esses minerais, particularmente por parte de blocos econômicos como a União Europeia e os Estados Unidos, que buscam reduzir sua dependência de países como a China, abre uma janela de oportunidade para o Brasil. No entanto, essa oportunidade vem com desafios relacionados à infraestrutura, industrialização e à formulação de políticas públicas que integrem melhor os MCE na economia brasileira, visando agregar valor em vez de apenas exportar matérias-primas.

2. Oportunidades e Desafios Econômicos

A **transição energética global** impulsiona a demanda por minerais críticos, representando uma oportunidade para o Brasil diversificar sua economia e aumentar suas receitas de exportação. A verticalização da cadeia produtiva desses minerais pode gerar valor agregado e aumentar a participação do Brasil nas cadeias globais de valor. O país, no entanto, enfrenta desafios como a falta de indústrias avançadas

que utilizem produtos intermediários e uma integração limitada entre os setores de mineração, transformação mineral e indústria de bens finais.

Além disso, o país deve se posicionar estrategicamente em parcerias internacionais para fortalecer sua competitividade no cenário global. O Brasil pode se beneficiar de uma política industrial que promova a agregação de valor e fomente a inovação em tecnologias de processamento e exploração de MCE.

3. Perspectivas para o Desenvolvimento Industrial

O Brasil possui uma matriz elétrica baseada predominantemente em **fontes renováveis**, o que lhe confere uma vantagem competitiva na produção de MCE de baixo carbono. Isso é fundamental no contexto da crescente demanda por minerais produzidos de maneira sustentável. A **neoindustrialização** brasileira deve focar em promover o desenvolvimento de novas indústrias e tecnologias associadas à exploração e processamento de MCE, com o objetivo de transformar o país em um protagonista na produção de bens intermediários e finais de alta tecnologia.

No entanto, o desenvolvimento dessa nova política industrial requer **fortalecimento de políticas públicas**, investimentos em **pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I)** e a **integração de cadeias produtivas**. A criação de **zonas de processamento de transformação mineral (ZPTM)** nas regiões mineradoras é uma das propostas para alavancar o potencial dos MCE no Brasil, atraindo investimentos e estimulando a formação de arranjos produtivos locais.

4. Impactos Geopolíticos e Cenários Futuros

A análise prospectiva destaca que a dinâmica de oferta e demanda dos minerais críticos será um dos principais fatores de influência nas próximas décadas. O Brasil precisa equilibrar sua posição como exportador de matérias-primas com a construção de uma indústria capaz de agregar valor. Isso depende de uma política industrial clara, com objetivos estratégicos que promovam a agregação de valor e a integração das cadeias produtivas no território nacional.

Os cenários futuros variam entre uma **inserção soberana** — onde o Brasil adota um modelo de neoindustrialização e transforma seus recursos minerais em produtos de maior valor agregado — e uma **subordinação dependente**, em que o país mantém seu papel de exportador de commodities, sem agregar valor ao que produz.

O Brasil está bem posicionado para desempenhar um papel central na cadeia global de minerais críticos e estratégicos, mas precisa de **políticas públicas proativas** para maximizar essa oportunidade. A transição energética e a crescente demanda por minerais sustentáveis abrem uma janela de desenvolvimento para o país, que, se aproveitada, pode transformar o Brasil em um ator-chave no cenário geopolítico global dos MCE.



 /InstitutoBrasileirodeMineracao

 /ibrammineracao

 @ibram_mineracao

 InstitutoBrasileirodeMineração/videos

 <https://ibram.org.br>

 ibram@ibram.org.br