

SECRETARIA NACIONAL DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

DTTM/SNGM/MME



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

MME
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

SECRETARIA NACIONAL DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO
MINERAL

Minerais para transição energética no Brasil

Departamento de Transformação e Tecnologia Mineral (DTTM)
Secretaria Nacional de Geologia, Mineração e Transformação Mineral do Ministério de Minas e Energia (SNGM/MME)

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

Janela de Oportunidade

- A descarbonização da matriz energética é uma prioridade mundial e um imperativo de sobrevivência da humanidade
 - Estratégias principais:
 - Energias limpas (eólica, solar)
 - Veículos elétricos
 - Rápida e forte elevação da demanda por baterias
- Três desafios mundiais para a mineração:
- A oferta futura de minerais atenderá a demanda das metas de transição energética?
 - Conseguiremos diversificar as fontes de fornecimentos mundial?
 - A oferta de minérios será feita de maneira limpa e responsável?



Importância dos minerais para Transição Energética até 2040

	Cobre	Cobalto	Níquel	Lítio	REEs	Cromo	Zinco	PGM	Alumínio
Energia solar fotovoltaica	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Vento	●	●	●	●	●	●	●	●	●
hidro	●	●	●	●	●	●	●	●	●
CSP	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Bioenergia	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Geotérmico	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Nuclear	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Redes elétricas	●	●	●	●	●	●	●	●	●
EVs e armazenamento de bateria	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Hidrogênio	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Importância relativa dos minerais para uma determinada tecnologia de energia limpa:

Alto: ●

Moderado: ●

Baixo: ●

O sombreamento indica a importância relativa dos minerais para uma determinada tecnologia de energia limpa, que é discutida nas respectivas seções deste capítulo. CSP = concentração de energia solar; REEs = elementos de terras raras; PGM = metais do grupo da platina. * Neste relatório, a procura de alumínio é avaliada apenas para redes elétricas e não está incluída nas projeções de procura agregada.

Fonte: IEA, 2021.

Ou seja, os maiores desafios de demanda por minerais acontecerão nos **veículos elétricos** e sistemas de **armazenamento de energia**!

Minerais críticos para Transição Energética



- ✓ **Lítio**
- ✓ **Grafita**
- ✓ **Elementos Terras Raras**
- ✓ **Cobre**
- ✓ **Níquel**
- ✓ **Cobalto**

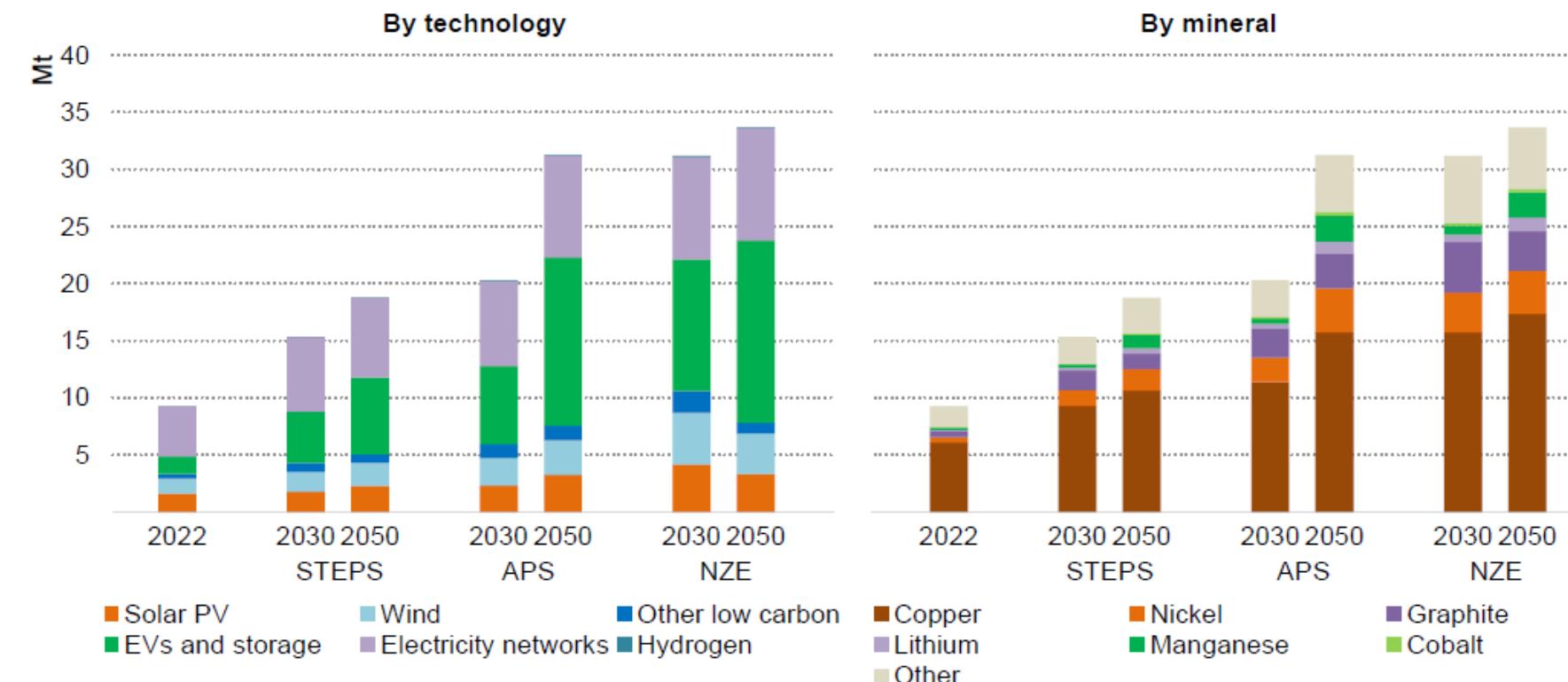
Entre 2017 a 2022, a demanda:

- por lítio triplicou
- por cobalto cresceu 70%
- por níquel 40%



A demanda de minerais críticos para a energia limpa está prestes a crescer até três vezes e meia até 2030

Requisitos minerais para tecnologias de energia limpa conforme o cenário

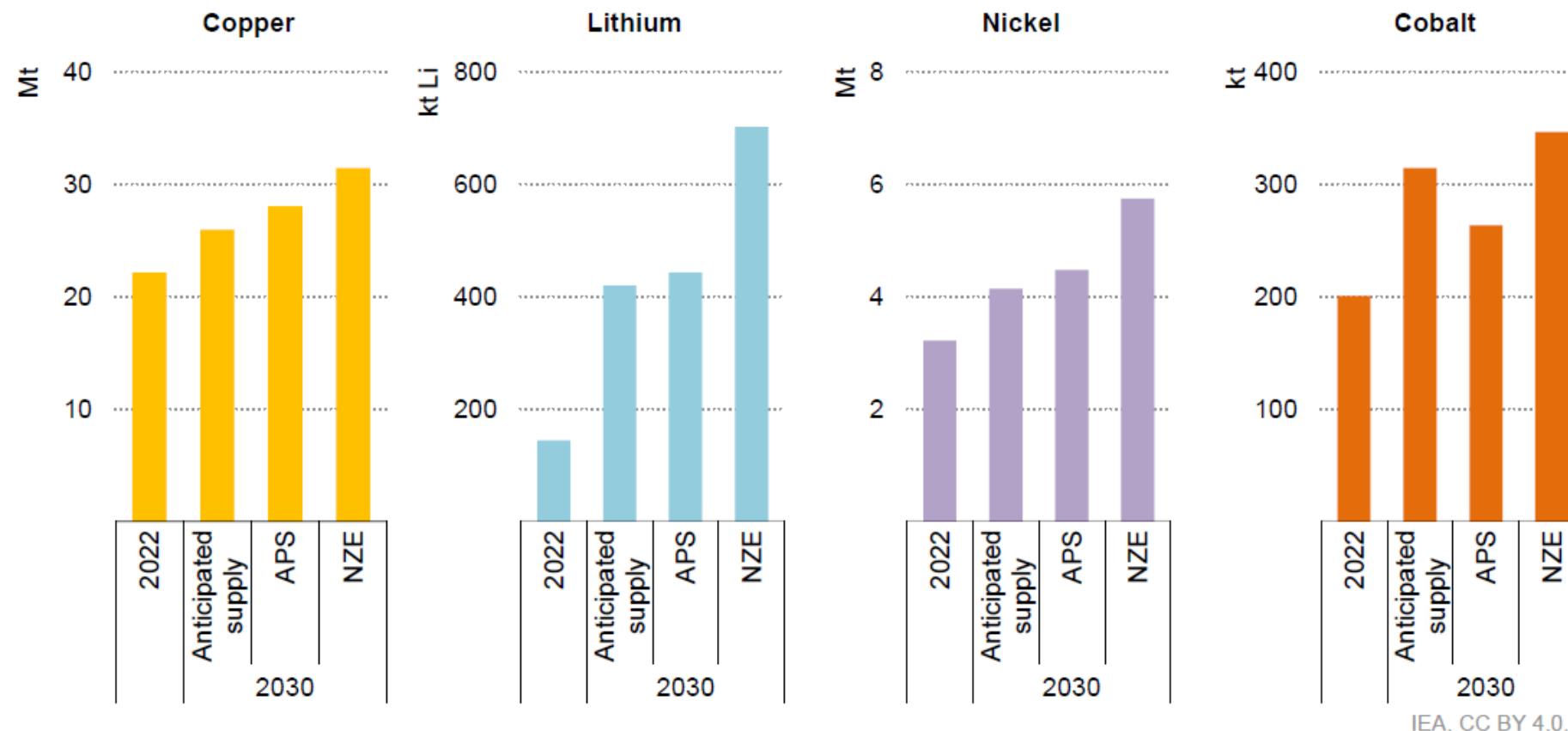


IEA. CC BY 4.0.

Notes: STEPS = Stated Policies Scenarios; APS = Announced Pledges Scenario; NZE = Net Zero Emissions by 2050 Scenario. Includes most of the minerals used in various clean energy technologies, but does not include steel and aluminium.

O fornecimento de baterias tende a acompanhar as **ambição**es dos países, graças a projetos recém-anunciados, mas **mercados bem equilibrados** não estão garantidos

Produção primária antecipada e requisitos primários de abastecimento de minerais selecionados nos cenários APS e NZE



Note: Primary supply requirements are calculated as "total demand net of secondary supply".
Sources: IEA analysis based on S&P Global, BNEF and Benchmark Mineral Intelligence.

IEA. CC BY 4.0.

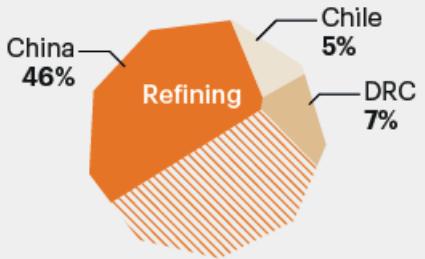
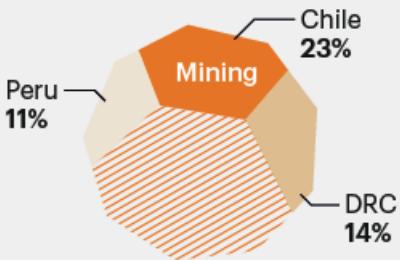
Valor de mercado

- O valor do mercado de cobre, lítio, níquel, cobalto, elementos de terras raras e grafite juntos mais que dobrará para chegar a US\$ 770 bilhões até 2040 no cenário NZE.
- Hoje esse mercado é de cerca de US\$ 325 bilhões, e se aproxima do mercado do minério de ferro.
- Em 2023, o Brasil exportou US\$ 4,2 bilhões destes minerais, sendo US\$ 3,4 bi de cobre.
- Estima-se que são necessários US\$ 800 bilhões de dólares de investimento em mineração para assegurar o cenário de 1,5 °C até 2040.

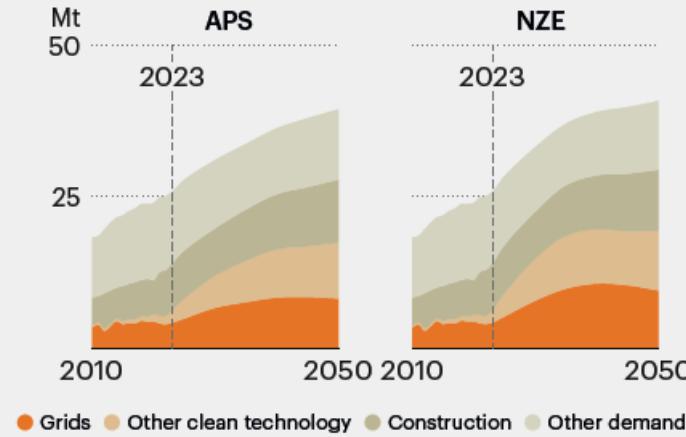
Copper

Cu

Top three producers 2030



Demand outlook



Mining requirements



Milestones (APS)

	2021	2023	2030	2040
Cleantech demand (kt)	5 380	6 311	12 001	16 343
Other uses (kt)	19 548	19 543	19 127	20 036
Total demand (kt)	24 928	25 855	31 128	36 379
Secondary supply and reuse (kt)	4 123	4 445	5 879	11 006
Primary supply requirements (kt)	20 805	21 409	25 249	25 373
Share of top three mining countries	46%	47%	48%	54%
Share of top three refining countries	57%	59%	59%	59%

Clean energy transition risk assessment

Supply risks

31%

shortfall in project pipeline vs.
2035 APS mining requirements

Geopolitical risks

Relatively
diversified
supply sources

Barriers to responding to
supply disruption

**Mature
markets**

with sizeable volumes of
secondary supply

ESG and climate
risk exposure

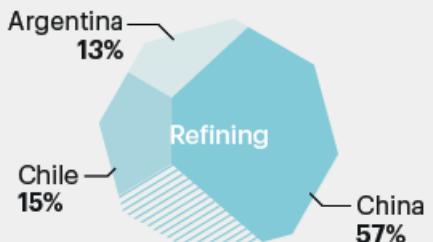
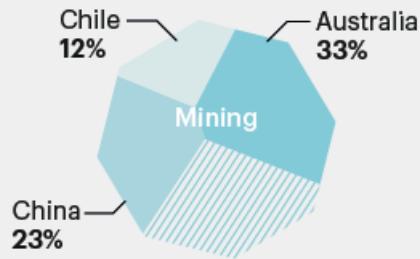
52%

of mines located in
high water stress areas

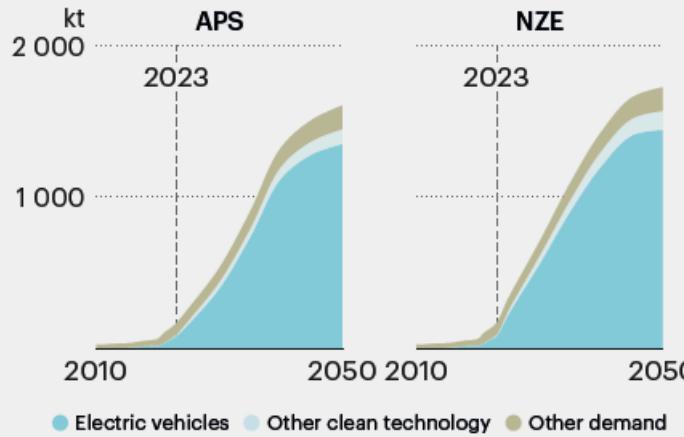
Lithium

Li

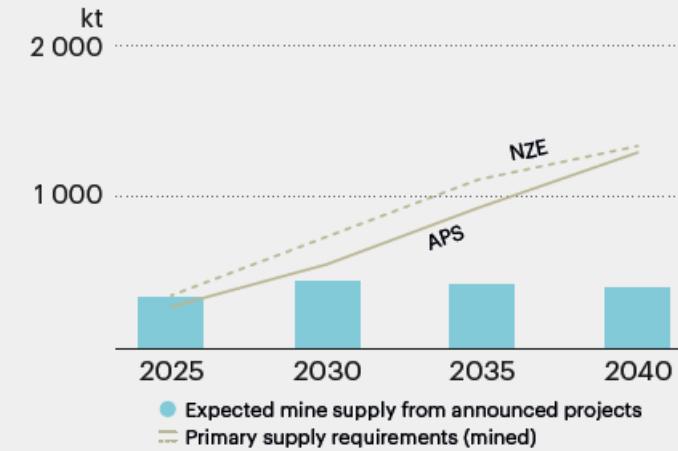
Top three producers 2030



Demand outlook



Mining requirements



Milestones (APS)

	2021	2023	2030	2040
Cleantech demand (kt)	38	92	442	1 203
Other uses (kt)	63	73	90	123
Total demand (kt)	101	165	531	1 326
Secondary supply and reuse (kt)	2	5	28	154
Primary supply requirements (kt)	100	160	503	1 172
Share of top three mining countries	89%	85%	68%	70%
Share of top three refining countries	100%	96%	85%	84%

Clean energy transition risk assessment



Highest

price volatility than other focus minerals

85%

of refining by top three countries in 2030

Only
3%

of lithium sourced from secondary supply today

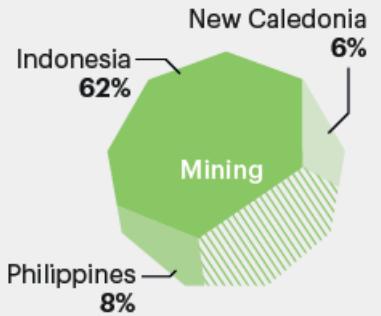
50%

of mines located in high, very high and arid areas

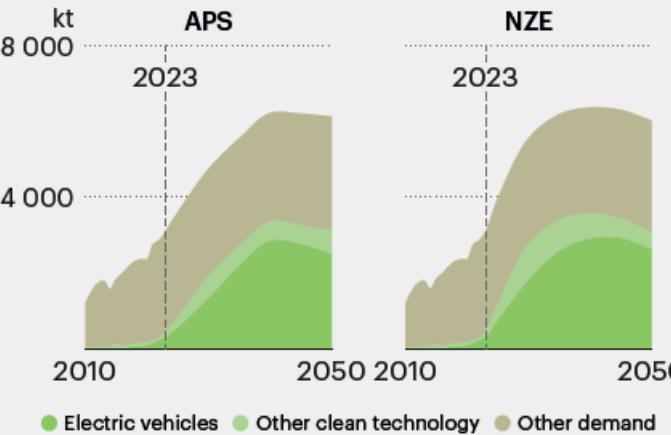
Nickel

Ni

Top three producers 2030



Demand outlook



Mining requirements



Milestones (APS)

	2021	2023	2030	2040
Cleantech demand (kt)	240	478	1 953	3 381
Other uses (kt)	2 519	2 627	2 802	2 857
Total demand (kt)	2 759	3 104	4 754	6 238
Secondary supply and reuse (kt)	10	43	139	613
Primary supply requirements (kt)	2 749	3 061	4 615	5 625
Share of top three mining countries	60%	69%	76%	83%
Share of top three refining countries	66%	71%	71%	73%

Clean energy transition risk assessment



6%

of battery pack cost in 2023

61%

of mining by one single country in 2030

1%

of nickel sourced from secondary supply today

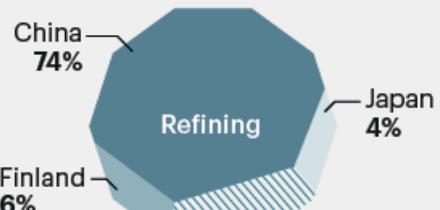
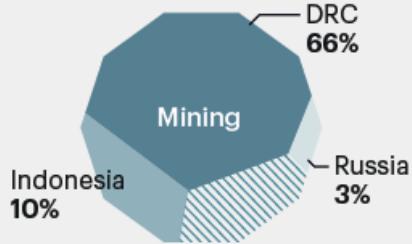
603 gCO₂/kWh

Among the highest average grid carbon intensity for refining

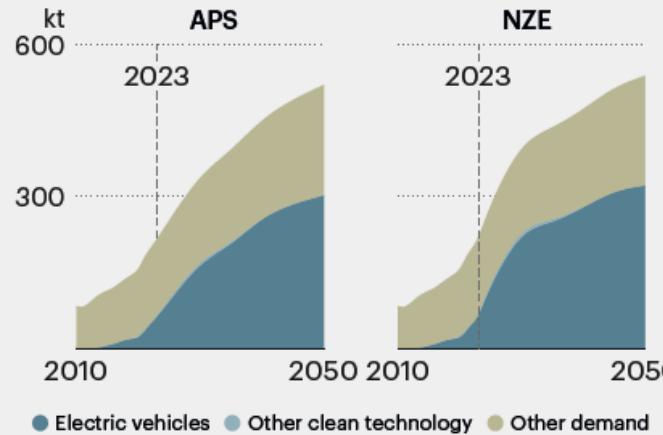
Cobalt

Co

Top three producers 2030



Demand outlook



Mining requirements



Milestones (APS)

	2021	2023	2030	2040
Cleantech demand (kt)	36	64	177	260
Other uses (kt)	145	150	167	194
Total demand (kt)	181	215	344	454
Secondary supply and reuse (kt)	15	24	45	131
Primary supply requirements (kt)	100	166	299	323
Share of top three mining countries	75%	77%	84%	84%
Share of top three refining countries	86%	88%	84%	85%

Clean energy transition risk assessment



16%

shortfall in project pipeline vs.
2035 APS mining requirements

84%

of mining by one
single country in 2030

Barriers to responding to supply disruption
Growing adoption of
low-cobalt
chemistries

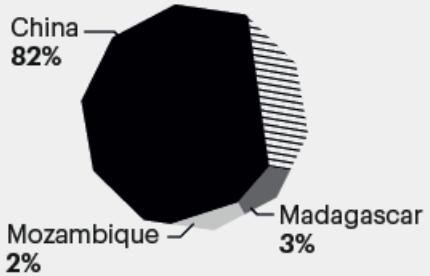
ESG and climate risk exposure
Low
environmental and social
performance for mining

Graphite

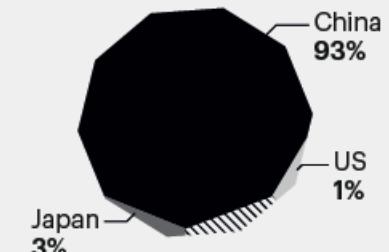
C

Top three producers 2030

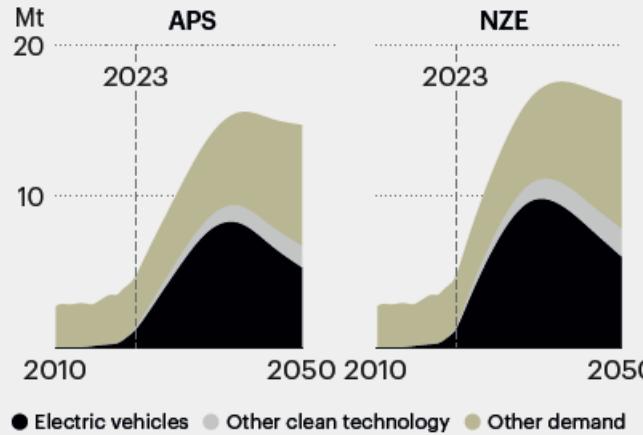
Total supply (all grades)



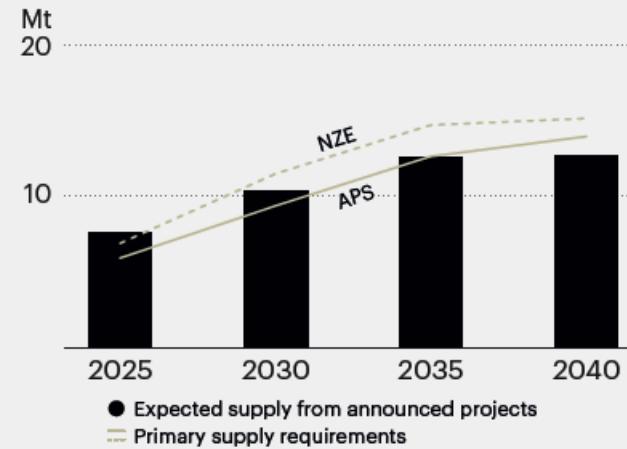
Battery grade supply



Demand outlook



Supply requirements



Milestones (APS)

	2021	2023	2030	2040
Cleantech demand (kt)	532	1 292	6 013	9 839
Other uses (kt)	3 388	3 340	4 406	6 185
Total demand (kt)	3 920	4 632	10 419	16 023
Secondary supply and reuse (kt)	149	308	1 333	2 489
Primary supply requirements (kt)	3 771	4 324	9 086	13 535
Share of top three mining countries	89%	92%	88%	89%
Share of top three refining countries	97%	98%	97%	95%

Clean energy transition risk assessment



Supply risks

12%

annual demand growth in the APS vs. 3% in 2010-19

Geopolitical risks

10X higher

demand than supply outside of top 1 producer in 2030

Barriers to responding to supply disruption

Limited

short-term substitution options

ESG and climate risk exposure

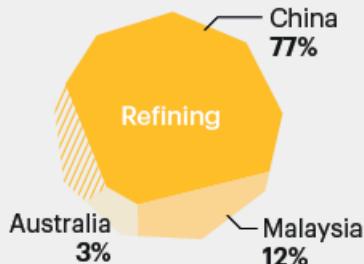
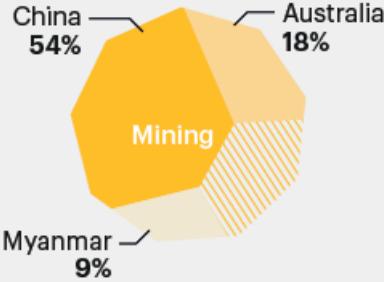
Lowest

average social and governance score for mining

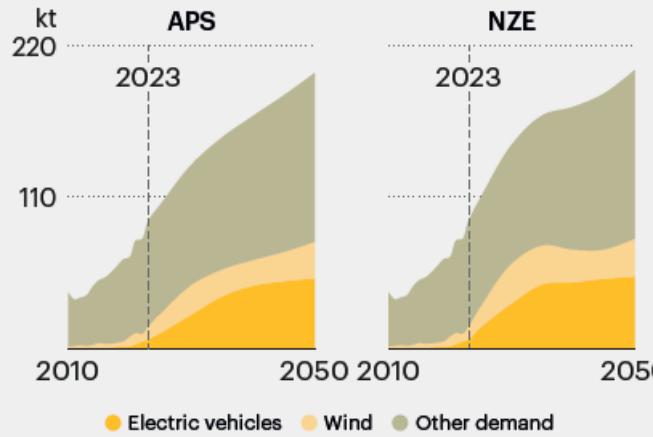
Rare earth elements

Nd Pr Dy Tb

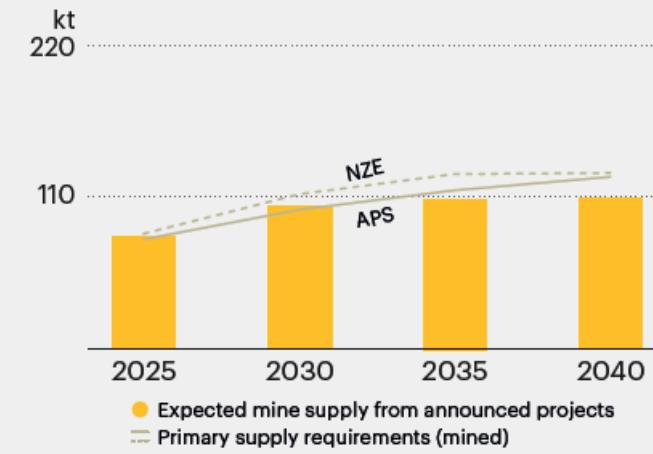
Top three producers 2030



Demand outlook



Mining requirements



Milestones (APS)

	2021	2023	2030	2040
Cleantech demand (kt)	11	16	46	64
Other uses (kt)	67	76	87	105
Total demand (kt)	78	93	134	169
Secondary supply and reuse (kt)	22	25	36	48
Primary supply requirements (kt)	57	67	98	121
Share of top three mining countries	81%	85%	81%	81%
Share of top three refining countries	98%	98%	92%	93%

Clean energy transition risk assessment



High

price volatility than other minerals

77%

of refining by one single country in 2030

Low

transparency of pricing schemes

607 gCO₂/kWh

Among the highest average grid carbon intensity for refining

Participação do Brasil comparada com o Mundo (Reservas e Produção) - Minerais e metais para transição energética

Mineral	Reserva 2024 (t)	Mundo (t)	% Participação Brasileira	Ranking Brasileiro
Lítio *	1.370.000	28.000.000	4,89%	7º
Cobre*	11.200.000	1.000.000.000	1,12%	12º *
Níquel	16.000.000	130.000.000	12,31%	3º
Nióbio	16.000.000	17.000.000	94,12%	1º
Terras Raras	21.000.000	110.000.000	19,09%	3º
Cobalto	70.000	11.000.000	0,64%	9º
Vanádio	120.000	19.000.000	0,63%	5º
Grafita	74.000.000	280.000.000	26,43%	2º
Silício (quartzo)	—	—	—	—
Manganês	270.000.000	1.900.000.000	14,21%	4º
Alumínio (bauxita)	2.700.000.000	30.000.000.000	9,00%	5º

Mineral	Produção 2023 (t)	Mundo (t)	% Participação Brasileira	Ranking Brasileiro
Lítio	4.900	180.000	2,72%	5º
Cobre*	326.600	22.000.000	1,48%	14º*
Níquel	89.000	3.600.000	2,47%	9º
Nióbio	75.000	83.000	90,36%	1º
Terras Raras	80	350.000	0,02%	10º
Cobalto	0	230.000	0,00%	—
Vanádio	6.400	100.000	6,40%	4º
Grafita	73.000	1.600.000	4,56%	4º
Silício (quartzo)	390.000	9.000.000	4,33%	4º
Manganês	620.000	20.000.000	3,10%	7º
Alumínio (bauxita)	31.000.000	400.000.000	7,75%	4º

Ou seja, o Brasil possui **reservas consideráveis** de minerais estratégicos que são críticos para o mundo, e pode contribuir de forma substancial para suprimento deles

*Lítio: reserva estimada em 390 t oficiais + 980 mil t da Sigma Lithium Resources – certificadas nas bolsas de Toronto e Nasdaq

*Cobre: reserva é referente ao ano de 2022;
produção – dado extraído de fonte diferente da USGS:
Brasil Mineral
(<https://www.brasilmineral.com.br/noticias/gracas-a-salobo-producao-de-cobre-aumenta-quase-30-em-2023>).

Transformação mineral

- A ampliação da oferta de minerais é prioridade, mas não é o suficiente
- Os principais players mundiais (EUA, Canadá, União Europeia, China, Austrália) estão adotando políticas para desenvolver e diversificar a cadeia de transformação dos minerais até as baterias
- Refino e processamento de minerais críticos bastante concentrados no extremo oriente, sobretudo na China
- **Oportunidade para o Brasil de atrair investimentos e agregar valor à sua produção mineral**

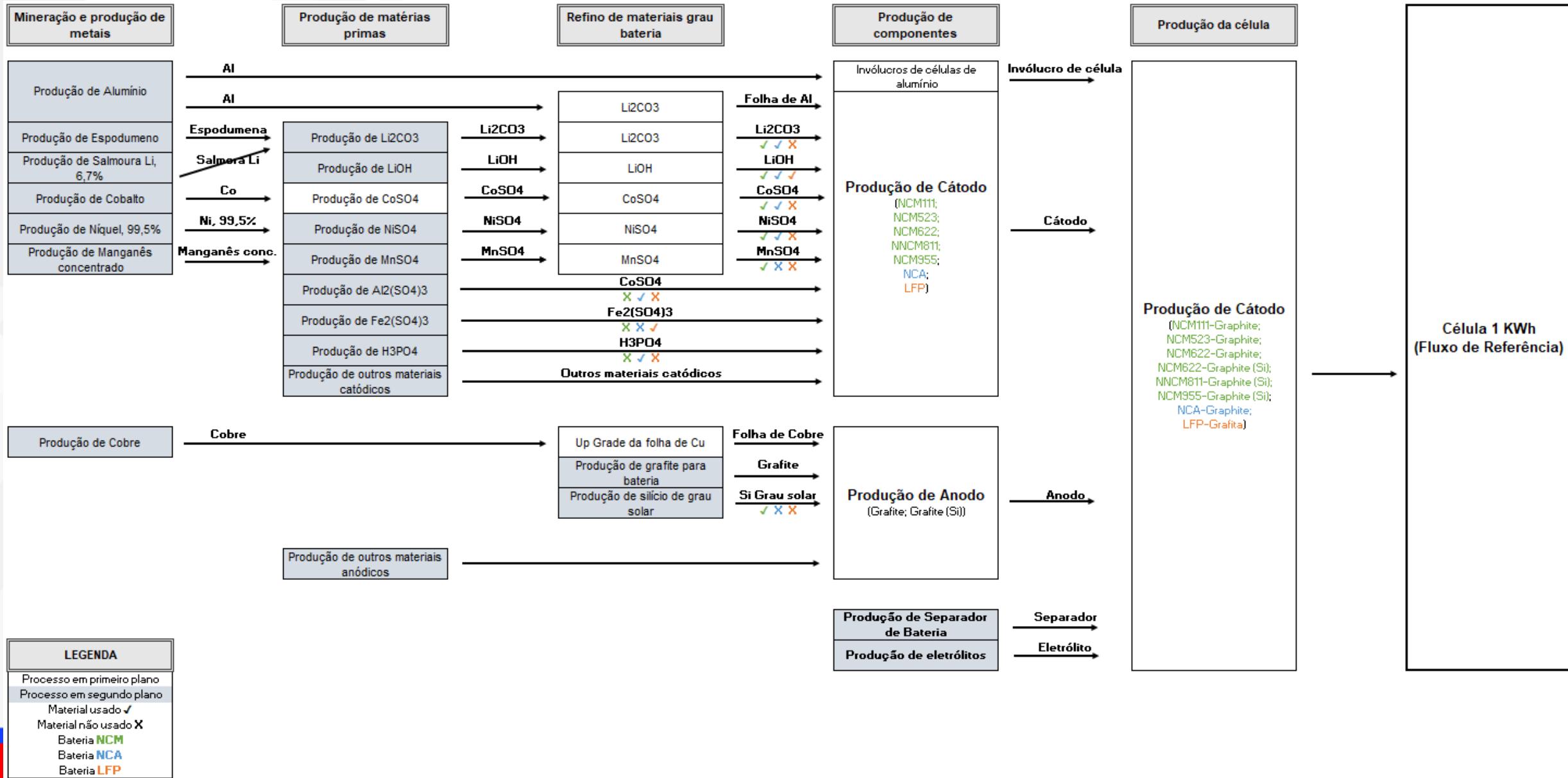
O que os governos estão fazendo para apoiar o setor?
❖ Subsídios

Desafios para a indústria de refino e processamento de minerais para a transição energética:

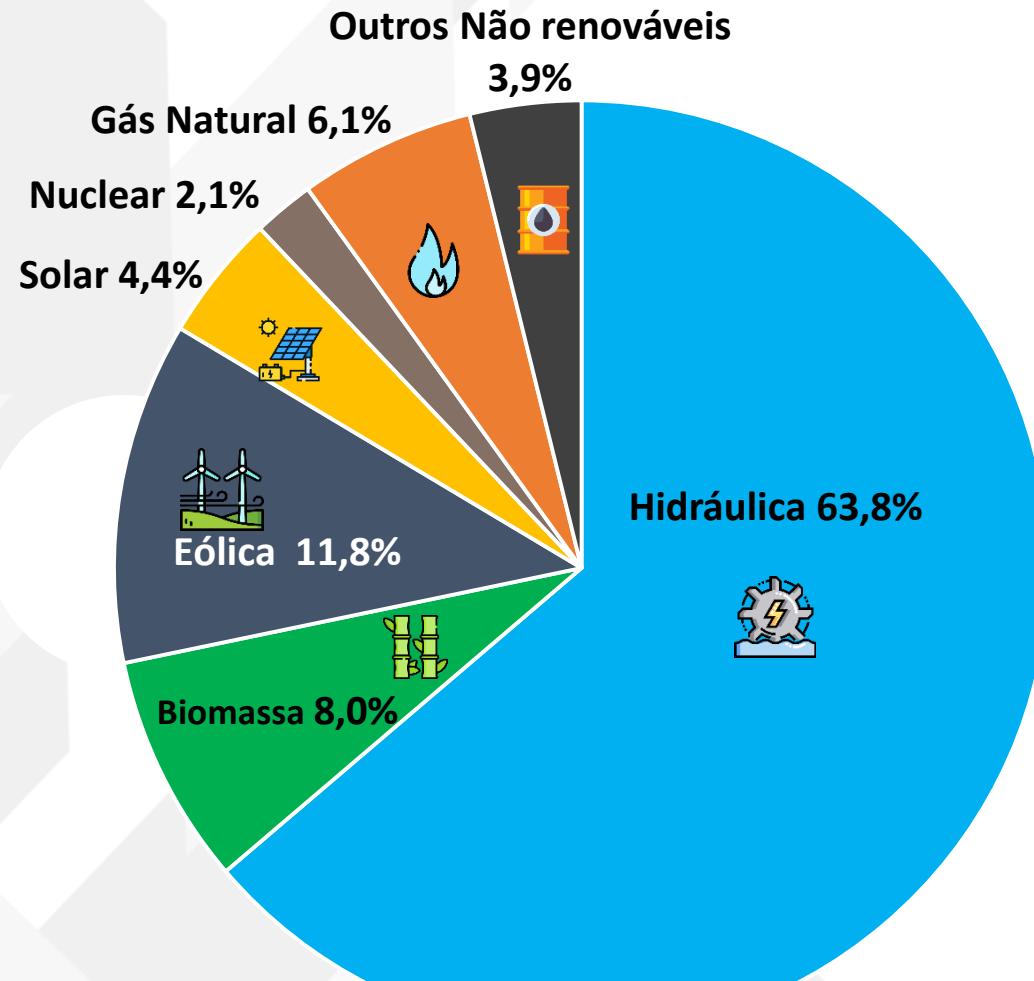
- Limitado poder de fazer preços (indústria espremida entre grandes mineradoras e grandes fabricantes de baterias)
 - Concorrência dos hubs chineses
 - Dificuldades de acesso a tecnologias e mão-de-obra qualificada
 - Alto consumo de energia
 - Menor rentabilidade em relação à mineração
- Entretanto:
- ✓ Os projetos do setor entram em funcionamento com relativa rapidez, gerando empregos e adição de valor.

- ❖ Financiamentos em condições preferenciais
- ❖ Apoio a P&D
- ❖ Incentivos fiscais

Cadeia de valor para bateria íon Lítio

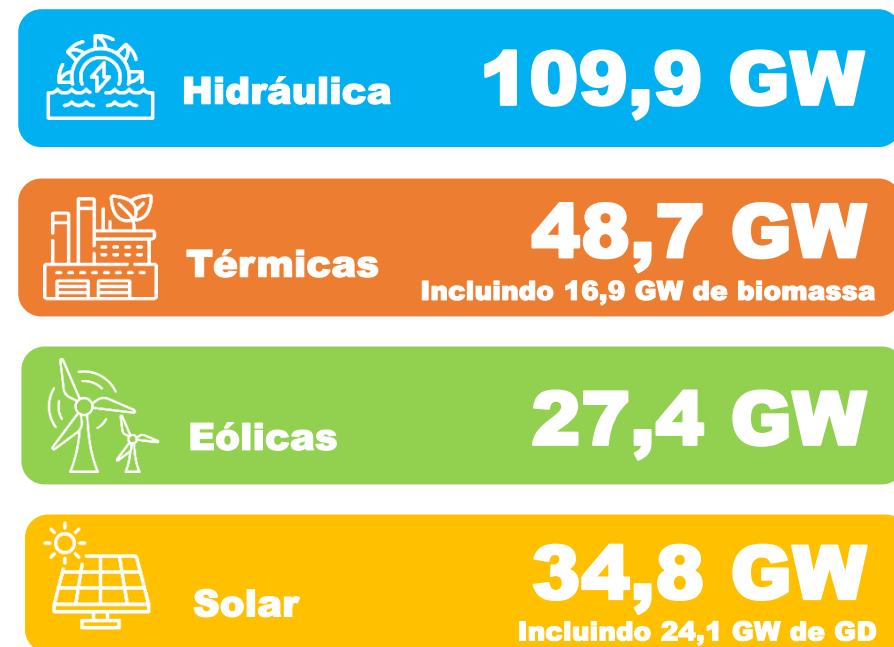


MATRIZ ELÉTRICA



Total: 690,1 TWh

CAPACIDADE INSTALADA DE GERAÇÃO:



Total: 220,8 GW
(24,4 GW de Geração Distribuída)

Projetos de minerais críticos em andamento

Mineral	Projeto em fase pré-operacional	Minas em operação	Expansão de operação
Lítio	Bandeira – MGLit/ Mithium Ionic (MG)	Grota do Cirilo, Sigma Lithium (MG) Cachoeira Mine, CBL (MG)	Volta Grande, AMG (MG)
Grafite	Minas Blocos Norte e Sul, Viva Mineração (MG) Capim Grosso, Gratomic Inc. (BA) Graphcoa (BA) Companhia Baiana de Grafite CBG (BA) Brasil Grafite Ltda. (BA)	Nacional de Grafite Ltda. (MG) Extrativa Metaloquímica S.A. (BA)	
Elementos de terras raras	Pitinga, Mineração Taboca (AM) Morro do Ferro, Mineração Terras Raras (MG) Foxfire Metals (BA) Energy Fuels (BA) Campo Grande, Equinox Resources (BA) Canastra, Equinox Resources (MG) Mata da Corda, Equinox Resources (MG)	ALF, Mineração Serra Verde (GO)	
Cobre	Mina do Alemão, Vale S.A. (PA) Tucumã, Ero Copper Corp. (PA) Pantera e Pedra Branca, OZ Minerals (PA)	Salobo, VALE S.A. (PA) Sossego, VALE S.A. (PA) Chapada, Lunding Mining (GO) Caraíba, Ero Cooper Corp (BA) Serrote, Mineração Vale Verde (MVV) (AL) Aripuanã, Nexa Resources (MT)	
Níquel	Araguaia Nickel, Horizonte Minerals (PA) Jaguar, Centaurus Metals Ltda. (PA) Luanga, Bravo Mining Corp. (PA)	Codemin, Anglo American (GO) Barro Alto, Anglo American (GO) Santa Rita, Atlantic Nickel (BA) Piauí Nickel, Brazilian Nickel. (PI) Onça Puma, Vale S.A. (PA) Mangueiros, Bahia Nickel (BA)	
Cobalto	Vermelho, Horizonte Minerals (PA)	Piauí Nickel, Brazilian Nickel. (PI)	

Lítio – Projetos, Perspectivas e Oportunidades

➤ Concentração do lítio no mundo:

- ✓ Austrália, Chile e China → maiores produtores: concentram 90% das minas
- ✓ China, Chile e Argentina → 95% da capacidade de processamento
- ✓ Chile: país que possui a maior reserva do mundo
- ✓ Austrália: maior produtor mundial

Fonte: USGS, Statista, 2023

Oportunidades!

- ✓ Além da produção de concentrado de lítio de alta pureza, surge a possibilidade de agregação de valor ao longo da cadeia de lítio e de desenvolvimento tecnológico e socioambiental na região; e
- ✓ A atração de investimentos para a cadeia de valor do lítio (elementos e componentes para baterias e fabricação de baterias) depende de dados/estudos sobre infraestrutura e logística na região, bem como do mercado potencial para baterias de íon lítio.

Lítio – Projetos, Perspectivas e Oportunidades

➤ Em implantação:

- **Lithium Ionic (MG)**: Capacidade de 198 kt/ano de espodumênio.
- **Atlas Lithium (MG e NE)**: Capacidade de 150 kt/ano de espodumênio.
- **Latin Resources**: Capacidade de 220 kt/ano de espodumênio.

➤ Em operação:

- ✓ **Grota do Cirilo, Sigma Lithium (MG)**: Produção de 766 kt/ano de espodumênio / 104 kt de LCE na fase 3 do projeto.
- **Mina da Cachoeira, CBL (MG)**: Capacidade de produção anual de 150 kt/ano de espodumênio.

➤ Em fase de expansão:

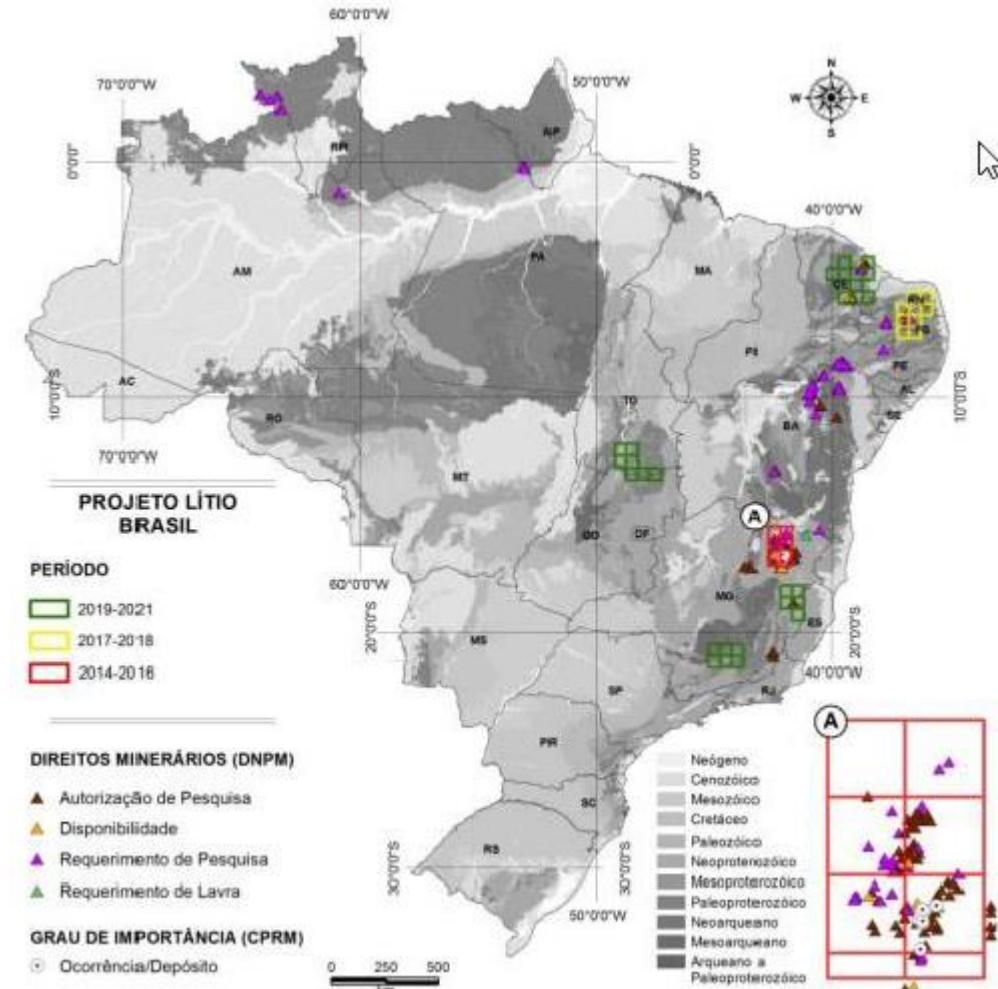
- ✓ **Volta Grande, AMG (MG)**: Início das operações previstas para 2026; e com a expansão, está previsto a produção de 130 kt/ano de espodumênio.

➤ Pesquisa, Desenvolvimento e Investimentos em Tecnologia

✓ **Bravo Motor Company**:

- Anúncio da fábrica de veículos elétricos e baterias em MG. Produção piloto estimada para 2024 em Nova Lima (RMBH).

PRINCIPAIS OCORRÊNCIAS DE LÍTIO NO BRASIL



Fonte: SGB, 2023.

Grafita - Projetos e Perspectivas

➤ Em estudos de viabilidade:

Minas Bloco Norte e Bloco Sul, Viva Mineração (MG)
Capim Grosso, Gratomic Inc. (BA)

➤ Em operação:

Nacional de Grafite Ltda. (MG) – Participação nacional 84%
Extrativa Metaloquímica S.A. (BA) – 16%

A grafita sintética é mais eficiente para o uso em baterias.

Pode ser produzida a partir do coque!

Mais uma oportunidade para o Brasil.

➤ Perspectivas:

- ✓ O mineral deve ganhar destaque devido sua importância para baterias, na confecção de ânodos de grafite
- ✓ A demanda de grafita deve aumentar em 25 vezes, de 140 kton em 2020 para mais de 3.500 kton em 2040 (IEA, 2022)
- ✓ Exploração de novas regiões do Brasil, como a Faixa Paraguai, Província Borborema e Carajás, que apresentam grande potencial para a identificação de novos depósitos e o desenvolvimento de novos projetos de exploração (SGB/CPRM, 2020)

➤ Concentração de grafita no mundo:

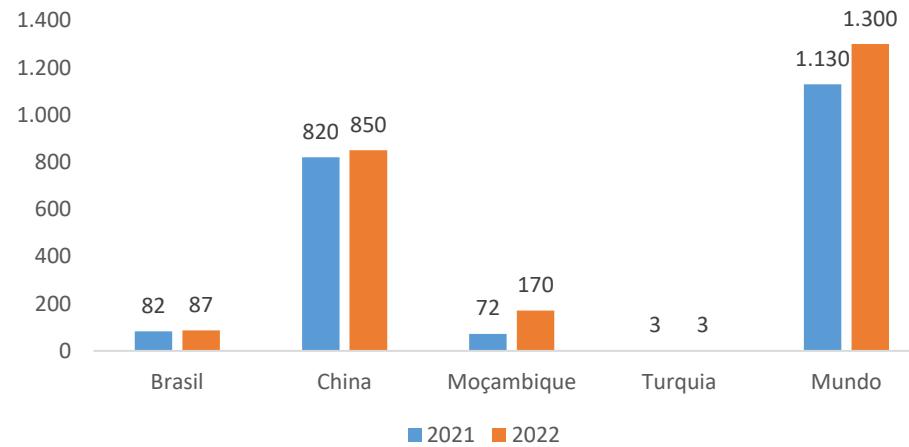
- ✓ A Turquia apresenta a maior reserva de grafita do mundo, logo em seguida está o Brasil, com 74 Mt
- ✓ O Brasil tem papel fundamental na produção mundial de grafita, ocupando o **terceiro lugar** no ranking mundial, atrás de Moçambique e China e o **segundo em reservas**.

Cadeia Mineral da Grafita– Agregação de Valor

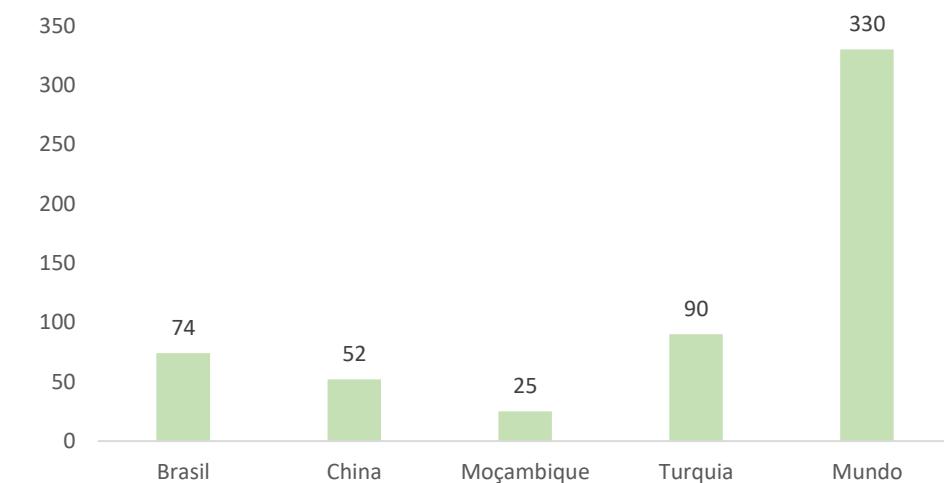
(grafita natural)

Reservas e Produção

Grafita-Produção (kton)



Grafita- Reserva (Mton)



Fonte: Mineral Commodities Sumaries-USGS,2023.

GOVERNO FEDERAL
MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

Objetivos

- Ampliação do conhecimento geológico, da pesquisa mineral e da produção brasileira de minerais estratégicos para a transição energética
- desenvolvimento da transformação mineral brasileira dos minerais estratégicos para a transição energética

Diretrizes

- Priorização pela Administração Pública Federal das análises e aprovações necessárias para os atos de outorgas de pesquisa mineral e lavra dos minerais estratégicos; priorização desses minerais no mapeamento geológico, nos levantamentos geofísicos e geoquímicos, e nos estudos de avaliação de potencial mineral
- oferta de apoio financeiro por bancos oficiais e agências de fomento para investimentos no Brasil em pesquisa mineral, mineração e transformação mineral
- promoção internacional de oportunidades de investimento no Brasil
- busca de parcerias internacionais para acesso a mercados e para a promoção e financiamento de investimentos no Brasil;

Diretrizes

- desenvolvimento da infraestrutura necessária ao aproveitamento econômico dos minerais estratégicos para transição energética
- fomento da pesquisa, desenvolvimento e inovação voltados à mineração e à transformação mineral
- formação de mão-de-obra especializada
- desenvolvimento sustentável, com proteção dos recursos ambientais, respeito aos direitos humanos e promoção da diversidade e da inclusão social



Obrigado

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

