



Estudos para o Plano Nacional de Mineração 2050 PNM 2050

Caderno 2. Pesquisa e Produção Mineral Volume III

Sumário Executivo – Caderno 2

Os estudos deste caderno têm por objetivo apresentar o diagnóstico da situação atual da mineração brasileira, a avaliação de perspectivas das atividades de pesquisa e produção mineral e análise do correspondente potencial de expansão, bem como propor medidas de estímulo necessárias para assegurar o desenvolvimento sustentável e competitivo da indústria mineral brasileira.

São apresentados, nesta ordem, uma análise da pesquisa mineral brasileira, sinopses de 47 substâncias minerais, uma análise consolidada dos segmentos minerais abordados, análises detalhadas dos mercados internacionais de minério de ferro e ouro, análises detalhadas dos mercados nacionais de argila, calcário e agregados, seguidas de uma análise detalhada dos segmentos da mineração que suprem insumos para a agricultura.

No estudo da Pesquisa Mineral, iniciado com sua visão geral, são abordados os condicionantes e entraves à pesquisa mineral no Brasil, os investimentos no Brasil e em outros países de atividade mineira relevantes no mundo, os instrumentos para estímulo à pesquisa mineral e, por fim, os indicadores do Brasil, assim como os empregados internacionalmente. Em cada seção, são elaboradas análises da situação atual e propostas alternativas para o incentivo à pesquisa mineral no país.

As sinopses dos 47 bens minerais dividem-se em metálicos ferrosos, constituindo as 8 primeiras substâncias, 9 metálicos não-ferrosos, 25 rochas e minerais industriais, 3 classes de gemas, além de carvão e água mineral. Em cada um dos estudos, são apresentadas as evoluções, de 2010 a 2020, das reservas nacionais, da produção, do consumo aparente, das importações e das exportações. Paralelamente, para cada um de tais tópicos, é ainda apresentada a situação do Brasil com respeito a outros países importantes na produção de cada bem mineral, apontando as ameaças, potenciais e oportunidades em cada setor. É ainda feito um levantamento das principais empresas produtoras do bem mineral no Brasil, juntamente com sua geração de empregos, assim como um levantamento dos projetos já anunciados para os próximos anos. Por fim, com base na análise dos dados apresentados e em premissas para o futuro, específicas de cada bem mineral, são feitas projeções de itens selecionados, como reservas, produção e

As sinopses são seguidas de uma análise consolidada, que apresenta conclusões em forma de diagnóstico e apresenta recomendações de medidas que permitam maior desenvolvimento e sustentabilidade do setor mineral brasileiro. Especificamente, são feitas proposições que visam permitir a intensificação do fluxo de descobertas de depósitos minerais, a ampliação de reservas, a melhoria da competitividade, o desenvolvimento de mercados, o aumento de investimentos, a formação de recursos humanos, o desenvolvimento tecnológico, a otimização de potenciais regionais e a sustentabilidade do setor.

As análises detalhadas do ouro e do minério de ferro, além dos dados apresentados nas suas respectivas sinopses, trazem aspectos relevantes do mercado internacional, como evolução de preços, valores de produção, detalhes dos parques produtivo e consumidor no Brasil e ainda análise do nível tecnológico brasileiro e dos potenciais de inovação.

As análises detalhadas dos mercados domésticos de argila, calcário e agregados para a construção civil, trazem dados e considerações sobre preços, consumo e valor da produção mineral, além de fazerem um exame dos polos produtivos de cada bem mineral, considerando aspectos adicionais relacionados a consumo energético, utilização de água e geração de resíduos, juntamente com análise das tecnologias de produção.

A análise detalhada dos segmentos da mineração que suprem insumos para a agricultura faz um exame do Programa Nacional de Fertilizantes, em que além de tratar especificamente de fosfato e potássio, aborda seus fundamentos, objetivos, metas e medidas propostas, para então fazer recomendações específicas em cada tópico.

Sumário

2.2. Análise Síntese dos Segmentos da Mineração Brasileira

2.2.1.40. Urânio	712
2.2.1.41. Vermiculita.....	729
2.2.1.42. Zirconita	747
2.2.1.d. Tipo de Minério: Gemas.....	762
2.2.1.43. Diamante	762
2.2.1.44. Gemas Coradas.....	781
2.2.1.45. Pedras Ornamentais.....	796
2.2.1.46. Carvão.....	809
2.2.1.47. Água Mineral	828
2.2.2. Análise Consolidada dos Segmentos Minerais.....	849
2.3. Análises Detalhadas.....	865
2.3.1. Análise Detalhada de Mercados Internacionais Seleccionados.....	865
2.3.1.1. Análise Detalhada: Mercado Internacional de Minério de Ferro.....	865
2.3.1.2. Análise Detalhada: Mercado Internacional de Ouro.....	898
2.3.2. Análise Detalhada de Mercados Domésticos Seleccionados.....	926
2.3.2.1. Análise Detalhada: Agregados.....	926
2.3.2.2. Análise Detalhada: Argila.....	953
2.3.2.3. Análise Detalhada: Calcário	974
2.4. Análise Detalhada de Segmentos Seleccionados.....	995
2.4.1. Análise Detalhada: Segmentos da Mineração que Suprem Insumos para a Agricultura	995



EM EDITORAÇÃO

PLANO NACIONAL DE MINERAÇÃO 2050

PNM 2050

SINOPSE 40. Urânio

CADERNO 2: Pesquisa e Produção Mineral

SINOPSE 40. Urânio.....	712
2.2. Análise-síntese dos Segmentos da Mineração Brasileira.....	713
2.2.1. Tipo Mineral.....	713
2.2.1.40. Urânio	713
2.2.1.40.1. Reservas de urânio	714
2.2.1.40.2. Produção de urânio	716
2.2.1.40.3. Consumo de urânio	718
2.2.1.4.4. Importações de urânio	720
2.2.1.4.5. Exportações de urânio.....	721
2.2.1.4.6. Porte das Empresas e Geração de Empregos.....	722
2.2.1.4.7. Porte dos Projetos em Andamento e/ou Previstos	723
2.2.1.4.8. Projeções para o Brasil até 2050	724
2.2.1.4.9. Projeções para o mundo até 2050	726

2.2. Análise-síntese dos Segmentos da Mineração Brasileira

2.2.1. Tipo Mineral

Rochas e Minerais Industriais.

2.2.1.15. Urânio

No Brasil, o urânio é um metal obtido a partir de minérios lavrados em regime de monopólio estatal para minerais nucleares, por meio da empresa INB (Indústrias Nucleares do Brasil) e sua principal utilização é para geração de energia nuclear. O Brasil concentra o óxido de urânio (U_3O_8) em barras, chamadas de *yellowcake*, que são mandadas para o exterior. O urânio, após processamento fora do país, volta na forma de gás (UF_6) pra ser enriquecido na Fábrica de Combustível Nuclear da INB (Indústrias Nucleares do Brasil), de onde é transportado de caminhão para as usinas nucleares (INB, 2022). O Brasil opera as usinas nucleares de geração de energia Angra I e Angra II, ambas na praia de Itaorna, em Angra dos Reis (RJ). A unidade de Angra III está em construção, no mesmo local que as outras duas, para início de operação em novembro de 2027. Outras aplicações de urânio estão ligadas à medicina e à agricultura. Após o esgotamento das reservas de Caldas. em Minas Gerais, atualmente está sendo explotada a reserva de Caetité, na Bahia. Esta mina ficou paralisada por 7 anos e foi retomada no final de 2020, por meio de lavra subterrânea. Um empreendimento importante no momento é o projeto Santa Quitéria, localizado na parte central do Estado do Ceará, situado a 212 km de Fortaleza. Segundo dados da INB, a jazida de Santa Quitéria possui reservas de 142,5 kt de urânio, associado a fosfato. Embora seja a maior reserva de urânio que o país possui, sua viabilidade econômica é dependente do aproveitamento do fosfato associado. Portanto, o Brasil possui recursos minerais significativos em termos de urânio contido. As pesquisas são conduzidas exclusivamente pela INB e para ampliar o setor é fundamental a entrada de outros atores, com aporte de investimentos que possibilitem a ampliação de pesquisas minerais e o desenvolvimento de novos depósitos.

2.2.1.15.1. Reservas de urânio

As reservas medidas no Brasil de urânio são de 276.800 toneladas contidas de urânio livre (U) segundo a WNA (2021), conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Reservas brasileiras de urânio, no ano de 2020.

País	Reserva Medida* (t cont. de U)	Referência
Brasil	276.800	WNA 2021
	309.700	BEN 2021

**Embora os dados relativos a reservas as considerem como medidas, indicadas e inferidas, é importante ressaltar que, a partir de 2022, as classificações obedecerão ao estabelecido pela "Resolução nº 94, de 7 de fevereiro de 2022, do Ministério de Minas e Energia, Agência Nacional de Mineração"*

O governo, através da ANM e da INB, não publica as reservas de urânio. As informações constantes na Tabela 1 foram obtidas na Associação Nuclear Mundial (WNA, 2021) e no Balanço Energético Nacional (BEN, 2021). A informação sobre a produção informada pelo Balanço Energético Nacional (BEN, 2021), para 2020, é de 20 toneladas de concentrado (U_3O_8) por ano, equivalentes a 17 toneladas contidas de U. Considerando esse ritmo de produção e os dados da Tabela 1, as reservas são abundantes. É importante notar que o concentrado de urânio produzido atualmente no Brasil não é aplicado diretamente como combustível nuclear.

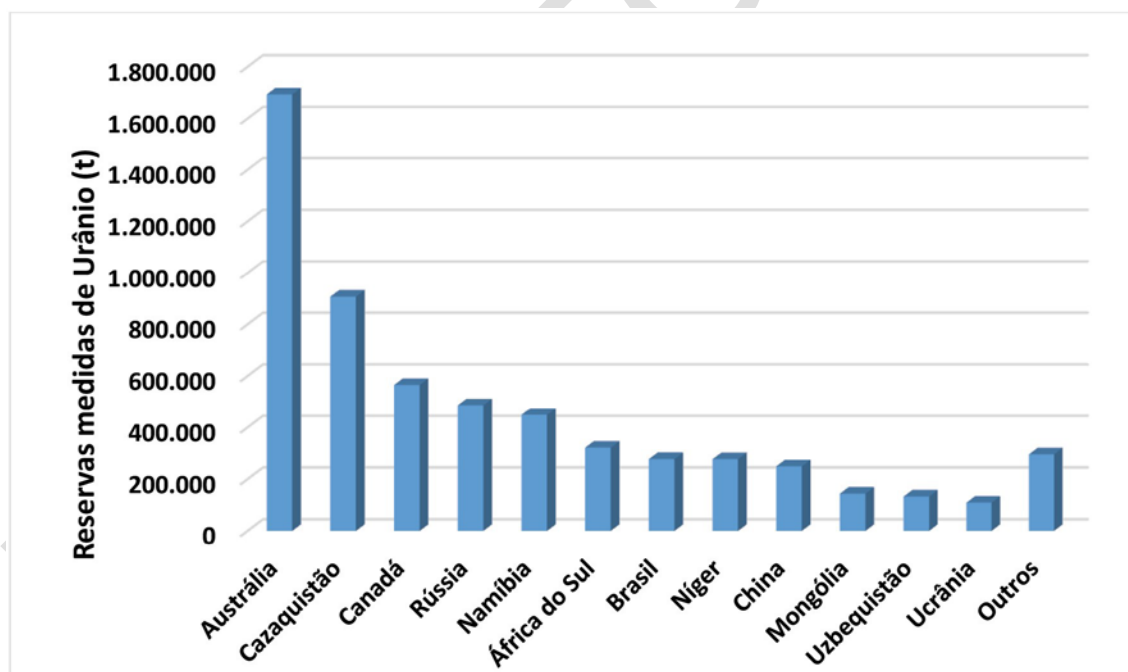
Tais reservas colocam o Brasil, no ano de 2020, na 7ª posição no ranking mundial em reservas medidas de urânio, conforme mostrado na Tabela 2 e na Figura 1, juntamente com os 12 países com maiores reservas no mundo. Considerando a distância em relação aos países de maiores reservas (Austrália e Cazaquistão), a posição atual do Brasil indica que o país deve realizar esforços para ampliar suas reservas, na eventualidade de desejar posicionar-se como um ator importante no mercado mundial.

Tabela 2. Ranking dos principais países detentores de reservas de urânio, em urânio contido, no ano de 2020.

Colocação	País - 2020	Reserva Medida (t)
1º	Austrália	1.692.700
2º	Cazaquistão	906.800
3º	Canadá	564.900
4º	Rússia	486.000
5º	Namíbia	448.300
6º	África do Sul	320.900
7º	Brasil	276.800
8º	Níger	276.400
9º	China	248.900
10º	Mongólia	143.500
11º	Uzbequistão	132.300
12º	Ucrânia	108.700
	Outros	295.000
	Total	6.147.800

Fonte: WNA, (2021).

Figura 1. Principais países detentores de reservas de urânio, no ano de 2020.



Fonte: WNA, (2021).

Na Tabela 2 observa-se o ranking das maiores reservas de urânio do mundo, estimadas em 6.100.000 toneladas de U, segundo a WNA, com a Austrália em 1º lugar, com 28% das reservas globais, e o Cazaquistão em 2º com 15%. O Brasil detém 5% das reservas mundiais. Regionalmente, as reservas se distribuem pela Ásia (31%), Américas (29%) e Oceania (28%), contra 17% na África e apenas 2% na Europa.

2.2.1.15.2. Produção de urânio

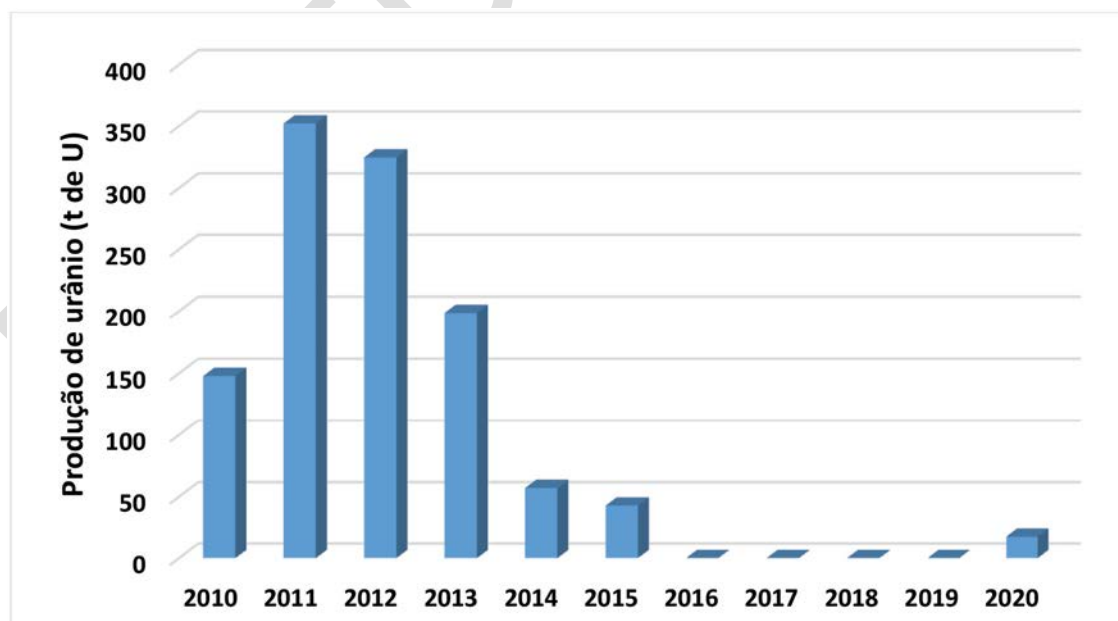
A produção brasileira de urânio, de 2010 a 2020, é mostrada na Tabela 3 e na Figura 2, com os totais consolidados para o país.

Tabela 3. Produção brasileira de urânio (toneladas de U), de 2010 a 2020.

País/ Ano	Produção (t)										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Brasil	148	352	325	199	57	43	0,0	0,0	0,0	0,0	17

Fonte: adaptado dos dados de U3O8 (BEN, 2021).

Figura 2. Produção brasileira de urânio, de 2010 a 2020.



Fonte: adaptado dos dados de U3O8 (BEN, 2021).

Observa-se a diminuição de produção a partir de 2013 e retomada apenas em 2020. Este é o período de esgotamento das reservas da mina a céu aberto no depósito mineral situado no município de Caetité. Em 2020, foi retomada a produção por meio de lavra subterrânea, no mesmo depósito.

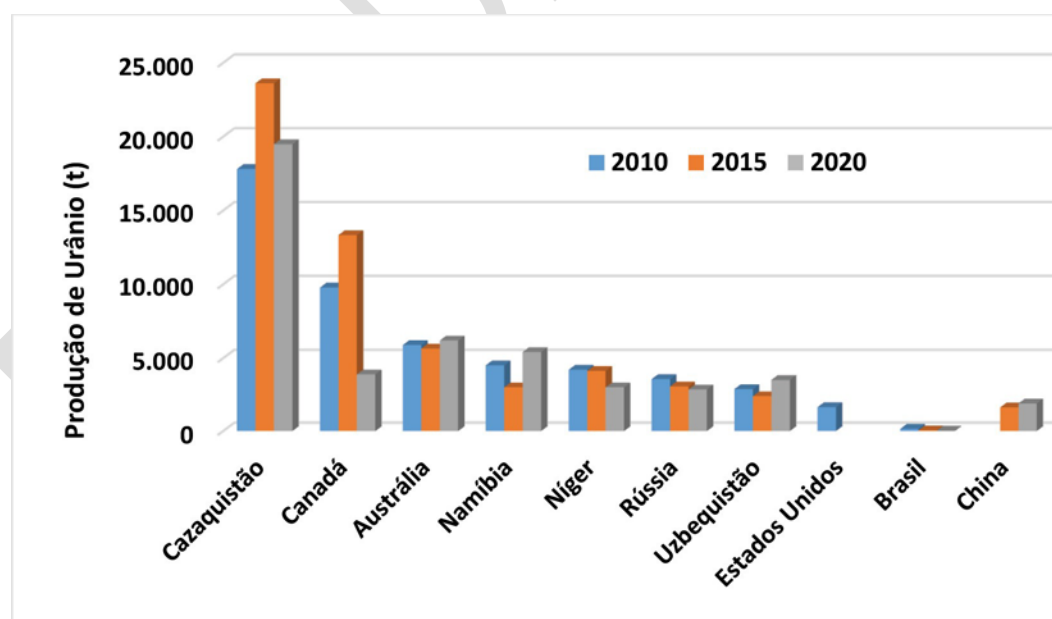
Em 2020, o Brasil se encontrava na 14ª posição do ranking de produção, conforme mostrado na Tabela 4 e na Figura 3, juntamente com os 8 países maiores produtores.

Tabela 4. Ranking dos principais países produtores de urânio (toneladas de U).

	2010		2015		2020	
Colocação	Países	Produção (t)	Países	Produção (t)	Países	Produção (t)
1º	Cazaquistão	17.803	Cazaquistão	23.607	Cazaquistão	19.477
2º	Canadá	9.775	Canadá	13.325	Austrália	6.203
3º	Austrália	5.900	Austrália	5.654	Namíbia	5.413
4º	Namíbia	4.503	Níger	4.116	Canadá	3.885
5º	Níger	4.199	Rússia	3.055	Uzbequistão	3.500
6º	Rússia	3.562	Namíbia	2.993	Níger	2.991
7º	Uzbequistão	2.874	Uzbequistão	2.385	Rússia	2.846
8º	EUA	1.630	China (est.)	1.616	China (est.)	1.885
	16º Brasil ⁽²⁾	148	16º Brasil	43	14º Brasil	17

Fonte: UND (2021) e BEN (2021).

Figura 3. Principais países produtores de urânio.



Fonte: UND (2021) e BEN (2021).

O Cazaquistão ocupa desde 2015 o posto de maior produtor de urânio, com 41% da produção global em 2020, estimada em 47.731 toneladas de U. Nesse mesmo ano é seguido pela Austrália, com 13%, e Canadá, com 11%, compondo esses três países mais da metade do total global produzido. Observa-se entre 2015 e 2020 um forte declínio na produção do Cazaquistão e Canadá, e um leve aumento na produção da Austrália e do Uzbequistão. O crescimento da produção do Uzbequistão está associado ao crescimento de suas reservas, com o desenvolvimento de 8 novas jazidas de urânio no país. Regionalmente, a produção se concentra na Ásia (59%), seguida pela Europa (7%) e pelas Américas (7%). Embora as reservas brasileiras sejam abundantes para nossa produção atual, a produção nacional é muito inferior às dos demais países detentores de reservas consideráveis e ainda insuficiente para o consumo interno, sendo oportuno estudar modelos que permitam o aumento da participação do Brasil na produção mundial, possivelmente com a entrada de novos atores no mercado.

2.2.1.15.3. Consumo de urânio

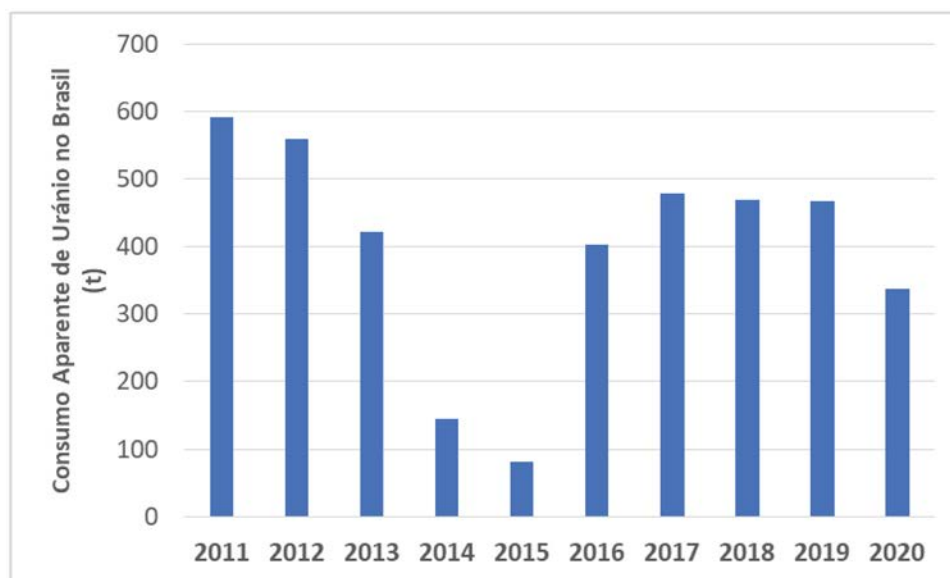
O consumo aparente brasileiro de urânio, de 2011 a 2020, é mostrado na Tabela 5, e na Figura 4.

Tabela 5. Consumo aparente brasileiro de urânio (U), de 2011 a 2020.

Consumo no Brasil de U (t)										
ANO	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
PRO- DUÇÃO (U3O8)	415,1	382,8	234,2	67,2	50,5	0	0	0	0	20,3
IMPOR- TAÇÃO (U3O8)	95,3	380,1	59,3	284,4	213	411,6	513,5	504,6	303,1	463,4
ESTO- QUES (U3O8)	186,2	-103,3	202,2	-179,3	-167,8	63,9	51	47,5	247,6	-84,6
CON- SUMO (U3O8)	696,5	659,6	495,7	172,3	95,7	475,5	564,5	552,1	550,6	399,2
CON- SUMO (U)	591	560	421	146	81	404	479	468	467	338

Fonte: Adaptado de BEN, (2021).

Figura 4. Consumo aparente brasileiro, de urânio, de 2010 a 2020.



Fonte: Adaptado de BEN, (2021).

Em 2020, o Brasil se coloca na 11ª posição no ranking mundial de necessidade de urânio, segundo a Associação Nuclear Mundial (WNA, 2021), que estima os valores a partir dos consumos dos reatores, de maneira que apresenta valores diferentes para o Brasil, dos apresentados na Tabela 5, que são os aparentes, calculados a partir da produção, importação e variação de estoques. A Tabela 6 mostra a evolução do Brasil no ranking mundial, juntamente com os países maiores consumidores.

Tabela 6. Ranking dos principais países consumidores de urânio, contido no óxido de urânio.

Colocação	2010		2015		2020	
	Países	Necessidade (t)	Países	Necessidade (t)	Países	Necessidade (t)
1º	EUA	19.140	EUA	18.575	EUA	19.340
2º	França	8.000	França	8.000	França	7.370
3º	Japão	6.295	Rússia	4.400	China	6.865
4º	Rússia	4.500	China	4.200	Rússia	5.000
5º	Coréia Do Sul	4.200	Coréia Do Sul	4.200	Coréia Do Sul	3.800
6º	China	3.900	Ucrânia	2.480	Ucrânia	2.480
7º	Alemanha	2.800	Alemanha	2.000	Canadá	1.760
8º	Ucrânia	2.480	Canadá	1.800	Alemanha	1.420
9º	Canadá	1.600	Reino Unido	1.500	Japão	1.180
10º	Suécia	1.580	Suécia	1.430	Índia	1.100

11º	Espanha	1.390	Espanha	1.120	Reino Unido	1.065
12º	Reino Unido	985	Bélgica	870	Suécia	950
13º	Bélgica	925	Índia	850	Espanha	910
14º	Rep. Checa	885	Rep. Checa	680	Rep. Checa	795
15º	Índia	735	Finlândia	425	Bélgica	630
16º	Finlândia	455	Brasil	400	Brasil	500
17º	Brasil	450	Japão	370	Finlândia	430
18º	Hungria	435	Eslováquia	360	México	420
19º	México	405	Bulgária	300	Suíça	385
20º	Eslováquia	370	África Do Sul	290	Hungria	325
	Total	61.530	Total	54.250	Total	56.725

Fonte: WNA, (2021).

Os EUA têm a maior demanda de urânio, com 34% da demanda mundial em 2020. A França, que tem a segunda maior demanda, teve uma participação de 13%, seguida de perto pela China, com 12%. Os cinco países com as maiores necessidades (EUA, França, China, Rússia e Coreia do Sul) foram responsáveis por 79% da demanda mundial. Nota-se um acelerado crescimento da China na última década, de 76% entre os anos 2010 e 2020. Entretanto, a demanda mundial sofreu um decréscimo de 7% neste período.

2.2.1.4.4. Importações de urânio

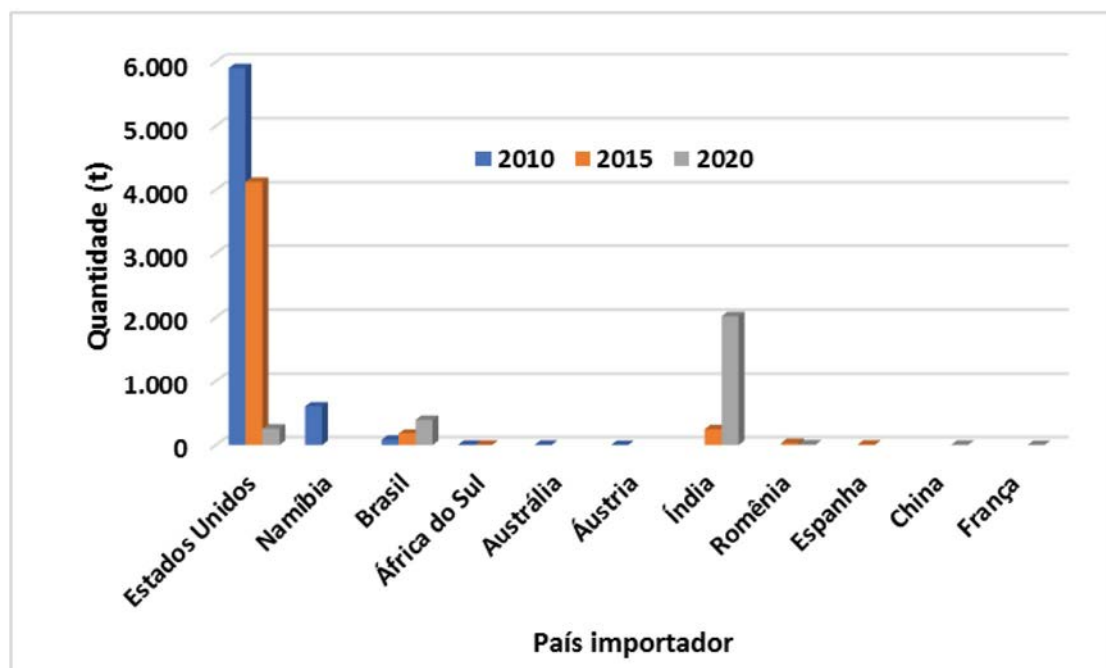
Em 2020, o Brasil se colocou na 2ª posição no ranking mundial de importadores de urânio. A Tabela 7 e a Figura 5 mostram a evolução do ranking mundial, juntamente com os 5 demais países maiores importadores.

Tabela 7. Ranking dos principais países importadores de urânio, em urânio contido.

Colocação	2010		2015		2020	
	País	Importação (t)	País	Importação (t)	País	Importação (t)
1º	Estados Unidos	5.905	Estados Unidos	4.126	Índia	2.020
2º	Namíbia	607	Índia	251	Brasil (*)	393
3º	Brasil (*)	81	Brasil (*)	181	Estados Unidos	261
4º	África do Sul	3	Romênia	39	Romênia	8
5º	Austrália	2	Espanha	6	China	3
6º	Áustria	1	África do Sul	3	França	0

Fontes: WITS, (2022), e *BEN, (2021).

Figura 5. Principais países importadores de urânio.



Fontes: WITS, (2022), e BEN, (2021).

Apesar da queda nas importações verificadas em 2020, a demanda por urânio tem apresentado um comportamento crescente em resposta às exigências para alteração na matriz energética mundial. Com a queda de produção ocasionada durante a pandemia do COVID-19, os estoques de urânio foram consumidos, reduzindo-se, assim, o volume das exportações durante o ano de 2020. Estados Unidos, Brasil e Índia concentram as importações mundiais, sendo este último responsável por 79% das importações durante o ano de 2020. A crescente demanda por urânio na Índia sinaliza para um crescimento acentuado nas operações para os próximos anos. Isso se verifica com o aumento dos projetos de usinas para geração de energia nuclear.

2.2.1.4.5. Exportações de urânio

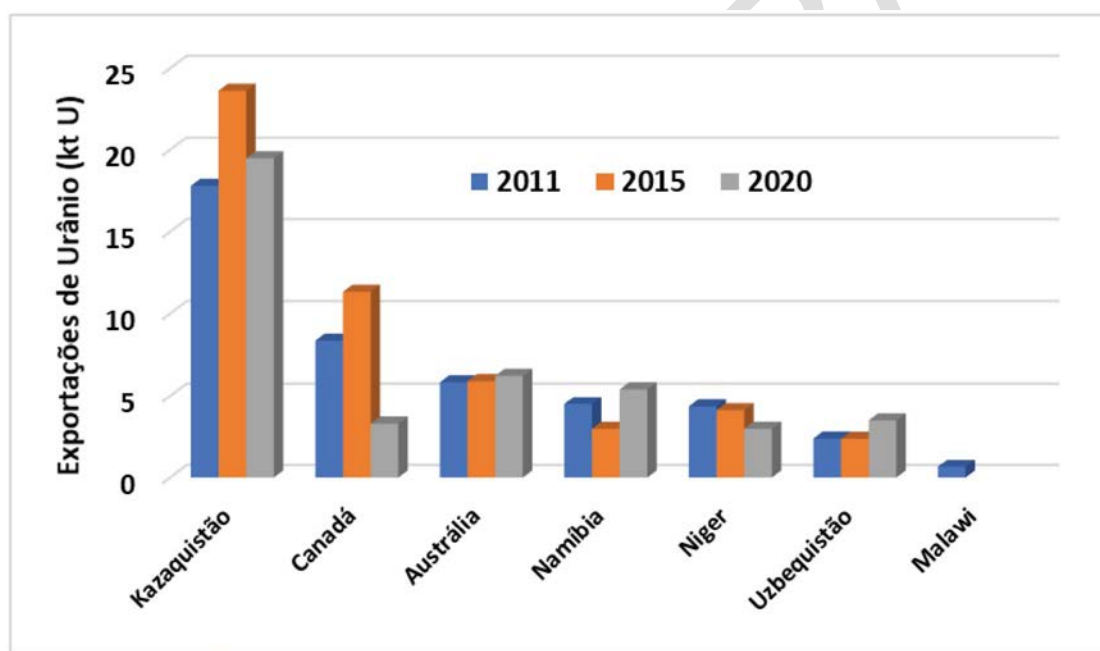
O Brasil não exporta urânio e, atualmente, depende de importações para suprir sua demanda para produção de energia nas suas usinas term nucleares. Portanto, no momento, o Brasil é inexpressivo no ranking das exportações mundiais. A Tabela 8 e a Figura 6 mostram a evolução do ranking mundial com os países maiores exportadores.

Tabela 8. Evolução do ranking dos principais exportadores mundiais de urânio.

Colocação País 2011	Exportações (kt U)	Colocação País 2015	Exportações (kt U)	Colocação País 2020	Exportações (kt U)
1º KAZAQUIS-TÃO	17,813	1º KAZAQUIS-TÃO	23,607	1º KAZAQUIS-TÃO	19,477
2º CANADÁ	8,327	2º CANADÁ	11,322	2º AUSTRÁLIA	6,234
3º AUSTRÁLIA	5,841	3º AUSTRÁLIA	5,909	3º NAMÍBIA	5,413
4º NAMÍBIA	4,502	4º NÍGER	4,116	4º UZBEQUIS-TÃO	3,500
5º NÍGER	4,351	5º NAMÍBIA	2,994	5º CANADÁ	3,302
6º UZBEQUIS-TÃO	2,400	6º UZBEQUIS-TÃO	2,385	6º NÍGER	2,991
7º MALAWI	0,670				

Fonte: WNA, 2022.

Figura 6. Evolução do ranking dos principais exportadores mundiais de urânio.



Fonte: WNA, 2022.

2.2.1.4.6. Porte das Empresas e Geração de Empregos

A Tabela 9, abaixo, mostra um panorama das empresas produtoras de urânio no Brasil, em 2020, conforme seu porte, em termos de produção, e listando ainda os estados da federação onde estão instaladas suas operações e os números de empregos diretos e indiretos gerados.

Tabela 9. Panorama das empresas produtoras de urânio no Brasil, por porte de produção, em 2020.

Empresas de Médio Porte de Produção de ROM (<1Mta e > 100kta)					
Empresa	Produção (t ROM)(*)	Estado	Empregos diretos	Empregos indiretos	Ref
INB	5.733	BA	500	1000	
Total	5.733	Brasil	500	1000	
(*) A capacidade da mina da INB é de médio porte, no entanto a produção efetiva em 2020 foi de apenas 5.733 t ROM, a qual deverá ser ampliada nos próximos anos.					
Total das Empresas por Porte de Produção					
Porte	Produção	Brasil	Empregos diretos	Empregos indiretos	Ref
Médio	5.733	BA	500	1000	ANM 2019
Total	5733	Brasil	500	1000	

Atualmente, a produção brasileira de urânio é realizada somente pela INB, a partir de sua unidade de produção localizada no município de Caetité. O número de empregos foi obtido a partir de contatos com a empresa.

2.2.1.4.7. Porte dos Projetos em Andamento e/ou Previstos

A Tabela 10 apresenta os dados do projeto em andamento e/ou previstos para a produção de urânio no Brasil, com o ano de início, conforme seu porte, em termos de produção, e listando ainda os estados da federação onde estão instaladas suas operações e os números de empregos diretos e indiretos previstos.

Tabela 10. Panorama dos projetos em andamento e/ou previstos para a produção de urânio no Brasil, por porte de produção, no ano de 2020.

Projetos de Grande Porte de Produção de ROM (>1Mta)				
Empresa e Ano de início do projeto	Produção Prevista (t ROM)	Estado	Empregos diretos previstos	Empregos indiretos previstos
INB Santa Quitéria (2026)	1.270.000	CE	538	2.300
Total	1.270.000	Brasil	538	2.300
Projetos de Médio Porte de Produção (>100kt <1Mta)				
Empresa e Ano de início do projeto	Produção Prevista (t ROM)	Estado	Empregos diretos previstos	Empregos indiretos previstos
INB Engenho (2023)	150.000	BA	500	1.000
INB Mina Subterrânea (2026)	170.000	BA	(*)	(*)
Total	320.000	Brasil	500	1.000
(*) os empregos diretos e indiretos do projeto da mina subterrânea serão providos pelo quadro atual da empresa, já contabilizado na tabela de minas ativas.				

Total dos Projetos por Porte de Produção				
Porte dos Projetos e Ano de plena operação de todos	Produção Prevista (t ROM)	Estado	Empregos diretos previstos	Empregos indiretos previstos
Grande	1.270.000	CE	538	2.300
Médio	320.000	BA	500	1.000
Total	1.590.000	Brasil	1.038	3.300

Fonte: OECD, 2020

2.2.1.4.8. Projeções para o Brasil até 2050

As projeções para o Brasil, até 2050, encontram-se apresentadas na Tabela 11 e na Figura 7a, 7b e 7c.

Tabela 11. Projeções para o Brasil, até 2050, em toneladas de urânio contido.

	2022	2026	2030	2034	2038	2042	2046	2050
Reservas Medidas (1)	276.800	275.883	269.443	263.003	256.563	25.123	243.683	237.243
Produção (2)	17	1.610	1.610	1.610	1.610	1.610	1.610	1.610
Consumo (3)	338	1.610	1.610	1.610	1.610	1.610	1.610	1.610
Importações (4)	393	0	0	0	0	0	0	0
Exportações (4)	0	0	0	0	0	0	0	0
Empregos diretos (5)	500	1.038	1.038	1.038	1.038	1.038	1.038	1.038
Empregos indiretos (5)	1.000	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300

1. Considerando as reservas medidas publicadas pela WNA como abundantes para o nível de produção do Brasil.
2. Considerando as produções das unidades de Cachoeira-Subterrânea (2026), Engenho (2023) e Santa Quitéria (2026) segundo OECD-NEA 2022.
3. Considerando o consumo atual até 2025, e a partir de 2026 o consumo equivalente à produção sendo em função da entrada em operação da usina Angra 3.
4. Considerando importações até a retomada da produção plena dos projetos em implantação, sem exportações previstas.
5. Considerando a entrada em operação dos projetos previstos.

Figura 7a. Projeções das reservas medidas para o Brasil, até 2050.

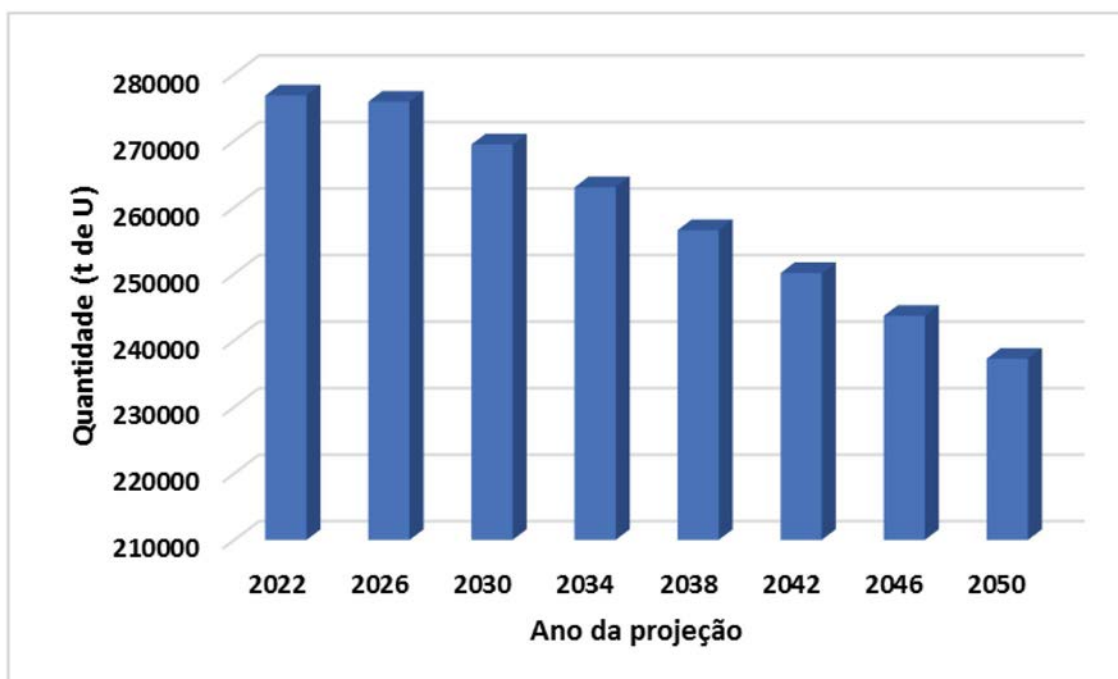


Figura 7b. Projeções da produção, do consumo, das importações e das exportações para o Brasil, até 2050.

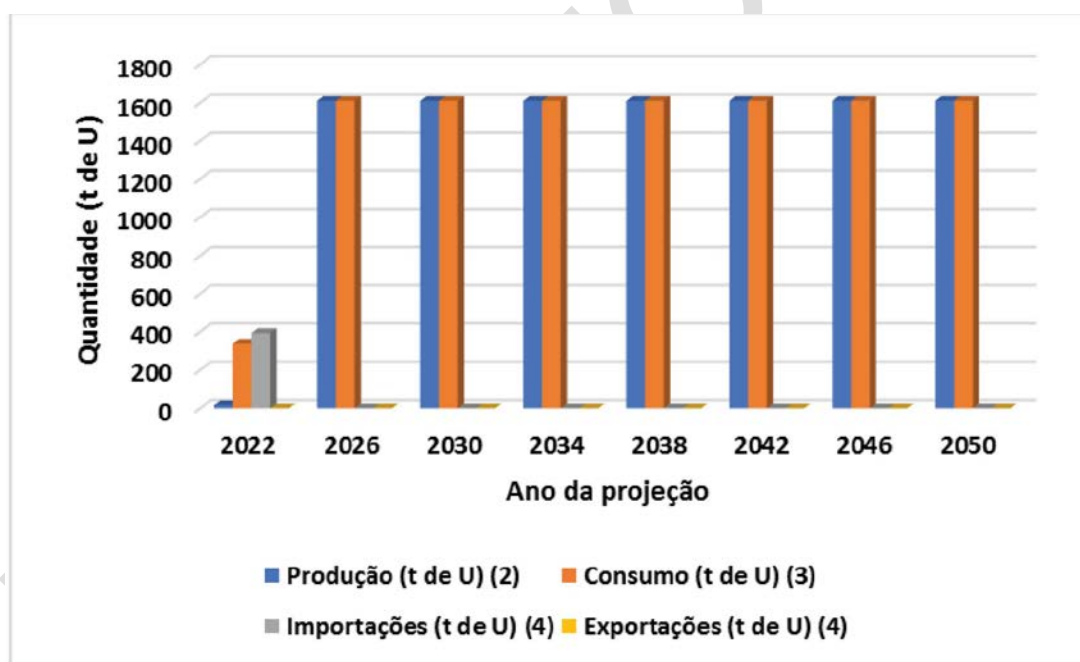
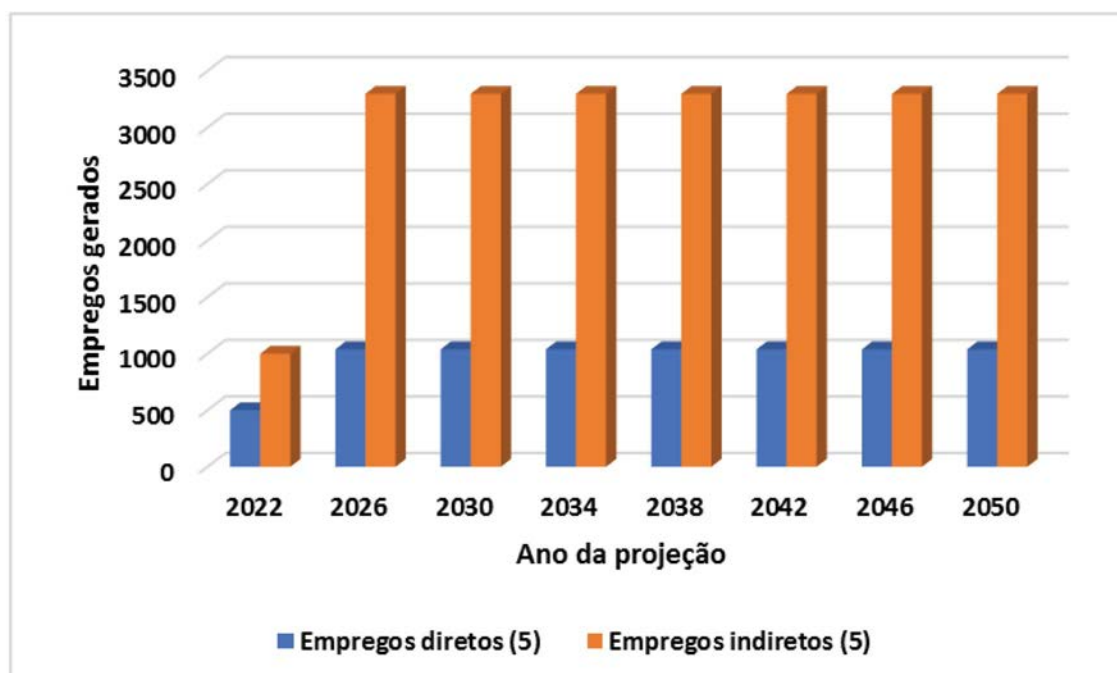


Figura 7c. Projeções da geração de empregos diretos e indiretos para o Brasil, até 2050.



2.2.1.4.9. Projeções para o mundo até 2050

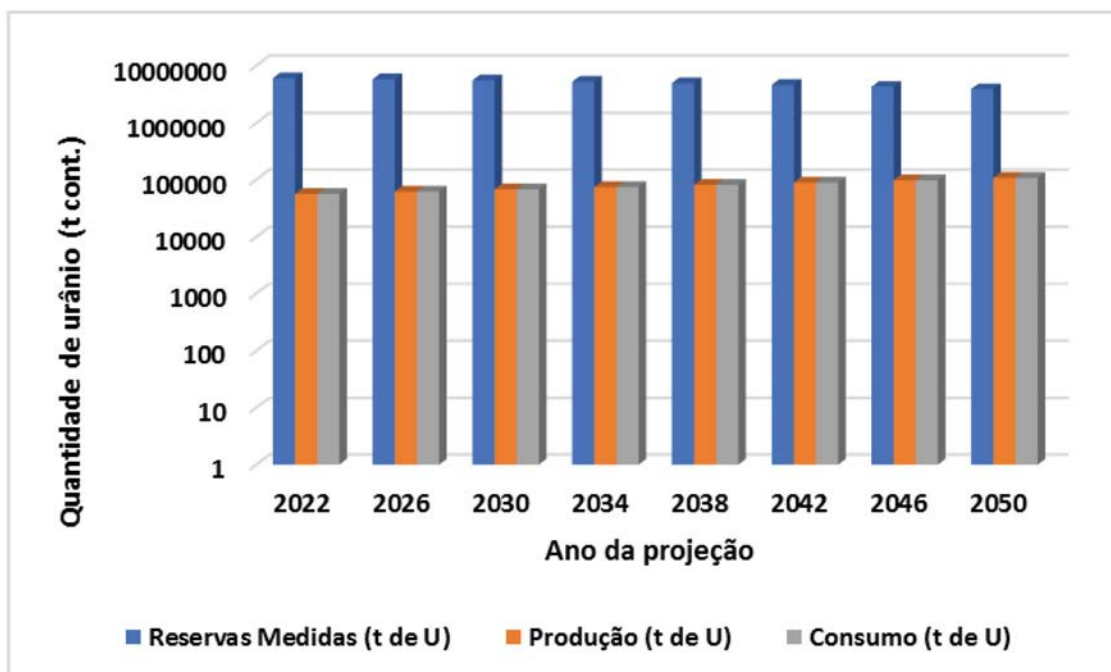
As projeções para o mundo, até 2050, são apresentadas na Tabela 12 e na Figura 8.

Tabela 12. Projeções para o mundo até 2050, em toneladas de urânio contido.

	2022	2026	2030	2034	2038	2042	2046	2050
Reservas Medidas (1)	6.10.000	5.865.151	5.607.939	5.326.235	5.017.706	4.679.798	4.309.714	3.904.389
Produção (2)	56.725	62.126	68.042	74.521	81.617	89.389	97.901	107.224
Consumo (3)	56.725	62.126	68.042	74.521	81.617	89.389	97.901	107.224

1. Considerando as reservas mundiais da WNA 2021, com depleção anual conforme a projeção da produção mundial.
2. Considerando a projeção da International Energy Agency (IEA, 2021) de crescimento da produção de urânio à taxa de 2,3% aa até 205.
3. Considerando que a produção acompanhará o consumo.

Figura 8. Projeções para o mundo até 2050



Lista de referências:

U17 2022: United Nations Department of Economic and Social Affairs | Comtrade Database. SH(6): 2612.1.

U18 2022: United Nations Department of Economic and Social Affairs | Comtrade Database. SH(6): 2612.1.

AMB 2022: Anuário Mineral Brasileiro em

https://app.anm.gov.br/DadosAbertos/AMB/Producao_Bruta.csv

UND 2022: United Nations - Energy Statistics Database em

<http://data.un.org/Data.aspx?d=EDATA&f=cmID%3AUR>

WNA 2022: WORLD NUCLEAR ASSOCIATION em <https://www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/>

ANM 2022: Dados Abertos Arrecadação CFEM em

<https://app.anm.gov.br/DadosAbertos/ARRECADACAO/>

BEN 2021: Balanço Energético Nacional em <https://www.epe.gov.br/sites-pt/>



[publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-596/BEN2021.pdf](#)

NEA 2020 Uranium – Resources, production and demands 2020 em https://www.oecd-neo.org/upload/docs/application/pdf/2020-12/7555_uranium_-_resources_production_and_demand_2020___web.pdf

IEA 2022 - Net Zero by 2050 em

https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf

PNE 2050 – Plano Nacional de Energia em:

<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050>

INB 2022 – Indústria Nucleares do Brasil em:

<http://www.inb.gov.br/>

PLANO NACIONAL DE MINERAÇÃO 2050
PNM 2050

SINOPSE 41. Vermiculita

CADERNO 2: Pesquisa e Produção Mineral

SINOPSE 41. Vermiculita	729
2.2. Análise-síntese dos Segmentos da Mineração Brasileira	730
2.2.1. Tipo Mineral	730
2.2.1.41. Vermiculita	730
2.2.1.41.1. Reservas de vermiculita	730
2.2.1.41.2. Produção de vermiculita	732
2.2.1.41.3. Consumo de vermiculita	735
2.2.1.41.4. Importações de vermiculita	738
2.2.1.41.5. Exportações de vermiculita	739
2.2.1.41.6. Porte das empresas e geração de empregos	741
2.2.1.41.7. Porte dos Projetos em Andamento e/ou Previstos	741
2.2.1.41.8. Projeções para o Brasil até 2050	742
2.2.1.41.9. Projeções para o mundo até 2050	744

2.2. Análise-síntese dos Segmentos da Mineração Brasileira

2.2.1. Tipo Mineral

Rochas e Minerais Industriais.

2.2.1.16. Vermiculita

Atualmente vermiculita é produzida e utilizada em poucos países. A vermiculita é um mineral do grupo das micas, composta por silicatos de ferro ou magnésio, cuja fórmula química é $(\text{MgFe,Al})_3(\text{Al,Si})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Ela é comercializada como concentrados e na forma expandida, em alguns critérios a vermiculita é agrupada com clorita e perlita. No processo de expansão, quando submetidas a temperaturas próximas a 900°C , seu volume pode aumentar de 10 até 30 vezes.

As aplicações da vermiculita na agricultura trazem benefícios como o melhor aproveitamento da água e de nutrientes, resultando em ganhos relevantes de custo e produtividade. A sua aplicação na construção civil contribui na fabricação de elementos estruturais mais leves, que propiciam conforto térmico e acústico.

Nos Estados Unidos, atendendo a normas construtivas antifogo, é aplicada na constituição de aditivos nos revestimentos para estruturas metálicas. Na siderurgia, aplicações na fundição de aço resultam em redução do gasto energético. Na forma de vermiculita absorvente, é ainda aplicada na absorção de emissões poluentes.

2.2.1.16.1. Reservas de vermiculita

As reservas medidas no Brasil de vermiculita, em 2020, somam $3,98 \text{ Mt}_{\text{cont}}$ contidas (ANM 2020). As reservas indicadas são de $2,16 \text{ Mt}_{\text{cont}}$ (ANM 2020) e as inferidas de $1.131 \text{ Mt}_{\text{cont}}$ (ANM 2020), conforme mostrado na Tabela 1 e na Figura 1. Com maior relevância para Goiás, na região oeste do estado, nas cidades de Córrego do Sítio e São Luís dos Montes Belos.

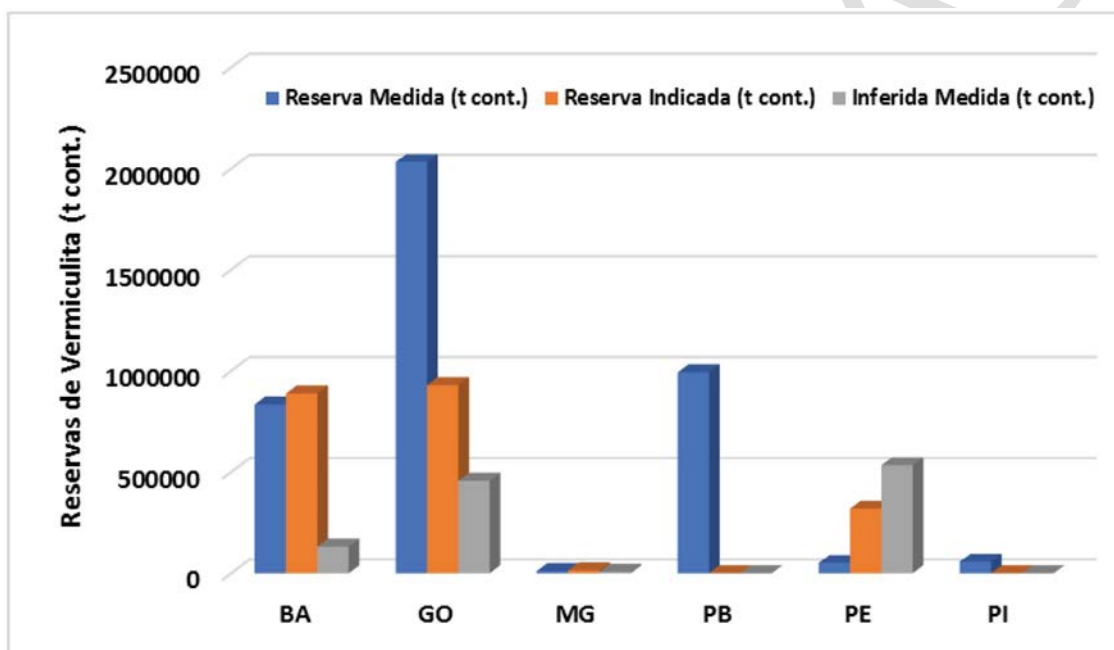
Tabela 1. Reservas brasileiras, por UF, de vermiculita, no ano de 2020.

UF	Reserva Medida (t _{cont})*	Reserva Indicada (t _{cont})*	Reserva Inferida t _{cont})*
BA	836.231	890.120	133.120
GO	2.033.534	930.399	457.624
MG	10.298	13.898	6.845
PB	993.239		
PE	52.054	320.970	534.125
PI	57.930		
BRASIL	3.983.286	2.155.387	1.131.714

Fonte: ANM, (2020).

Nota: *Embora os dados relativos a reservas as considerem como medidas, indicadas e inferidas, é importante ressaltar que, a partir de 2022, as classificações obedecerão ao estabelecido pela “Resolução nº 94, de 7 de fevereiro de 2022, do Ministério de Minas e Energia, Agência Nacional de Mineração”

Figura 1. Reservas brasileiras, por UF, de vermiculita, no ano de 2020.



Fonte: ANM, (2020)

Observando-se a soma das Reservas Medidas e Indicadas em t contidas na Tabela 1, temos que 48% das reservas de vermiculita brasileiras estão em Goiás, seguido pela Bahia, com 28% e Paraíba com 16%.

Assumindo o teor de 0,213 t vermiculita cont / t ROM (produção bruta) de 2020 chegamos a 28,8 Mt de minério (AMB, 2020). Regionalmente, as reservas se concentram na região Nordeste (52%), seguida pela região Centro-Oeste (48%).

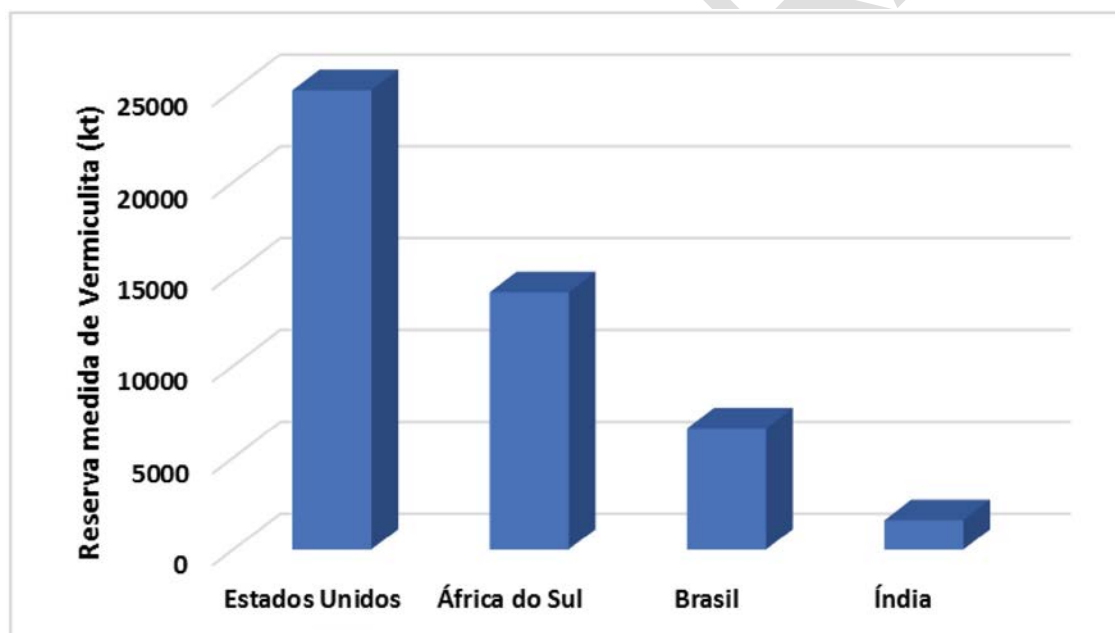
Tais reservas colocam o Brasil, no ano de 2020, na 3ª posição no ranking mundial em reservas medidas de vermiculita, conforme mostrado na Tabela 2 e na Figura 2, juntamente com os 4 países com maiores reservas no mundo. Com isso, podemos estimar uma reserva mundial de pelo menos 44,6 Mt contidas.

Tabela 2. Ranking dos principais países detentores das reservas de vermiculita, no ano de 2020.

Colocação	País - 2020	Reserva Medida (kt)
1º	EUA	25.000
2º	África do Sul	14.000
3º	Brasil*	4.000
4º	Índia	1.600

*Fontes: MCS, (2021) e *ANM (2022)*

Figura. 2. Relação dos principais países detentores mundiais das reservas de vermiculita, no ano de 2020.



Fontes: MCS, (2021) e ANM (2022)

2.2.1.16.2. Produção de vermiculita

A produção de vermiculita no Brasil, de 2010 a 2020, é mostrada na Tabela 3, por estado da federação, e nas Figuras 3a e 3b, com os totais consolidados para o país. O Anuário Mineral Brasileiro (AMB 2022), une a vermiculita e a perlita; no entanto,

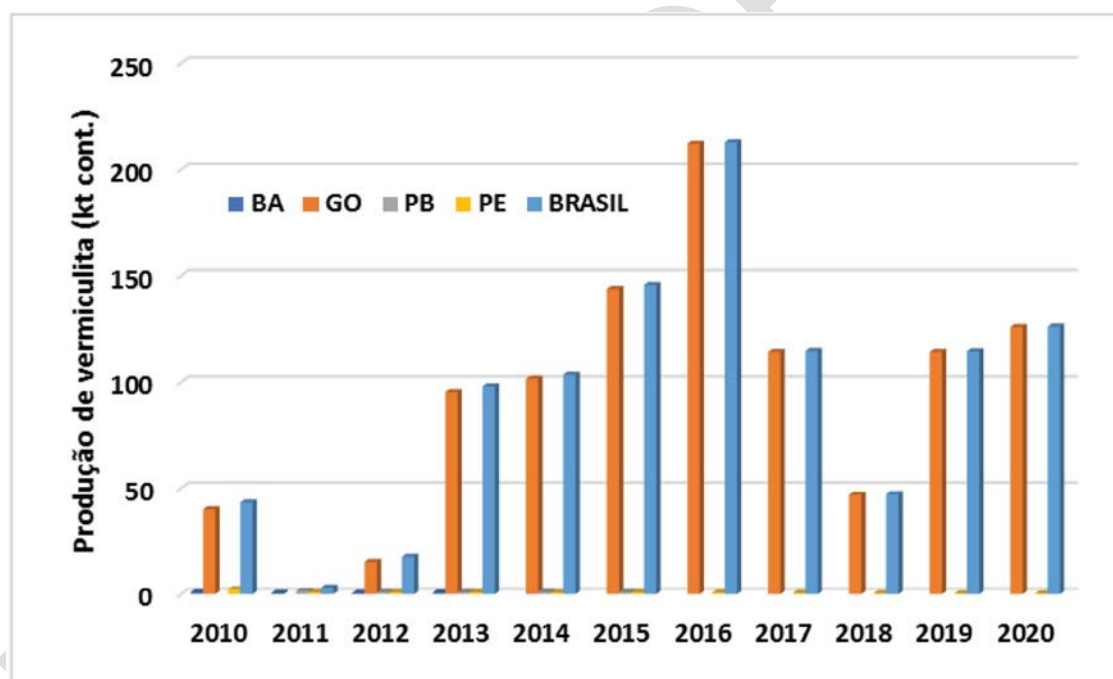
não há registro de produção de perlita no Brasil, por isso toda a produção declarada pelo AMB é considerada como sendo de vermiculita. A produção destaca-se na cidade de São Luiz de Monte Belos e Sancrelândia, ambas em Goiás.

Tabela 3. Produção brasileira, por estado, de vermiculita contida, e total do Brasil de 2010 a 2020.

Produção (kt)											
Estado	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
BA	0,9	0,6	0,6	0,8	-	-	-	-	-	-	-
GO	39,9	-	15,2	95,2	101,5	143,7	212,0	114,0	46,8	114,0	125,7
PB	-	1,5	1,0	1,0	1,1	1,0	-	-	-	-	-
PE	2,4	1,0	0,9	0,9	0,7	0,9	0,7	0,5	0,4	0,3	0,3
BRASIL	43,1	3,1	17,6	97,9	103,4	145,6	212,7	114,5	47,1	114,3	125,9

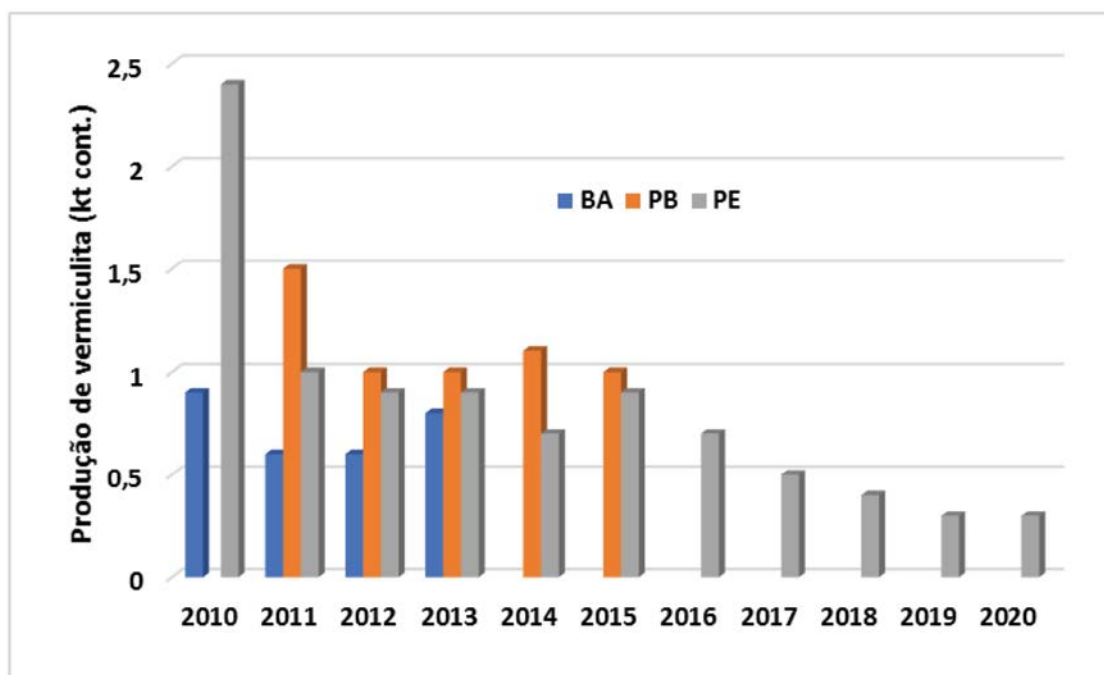
Fonte: AMB, (2022).

Figura 3a. Produção brasileira, por ano, de vermiculita, de 2010 a 2020.



Fonte: AMB, (2022).

Figura 3b. Produção brasileira, por ano, de vermiculita, de 2010 a 2020, exceto GO e total do Brasil.



Fonte: AMB, (2022).

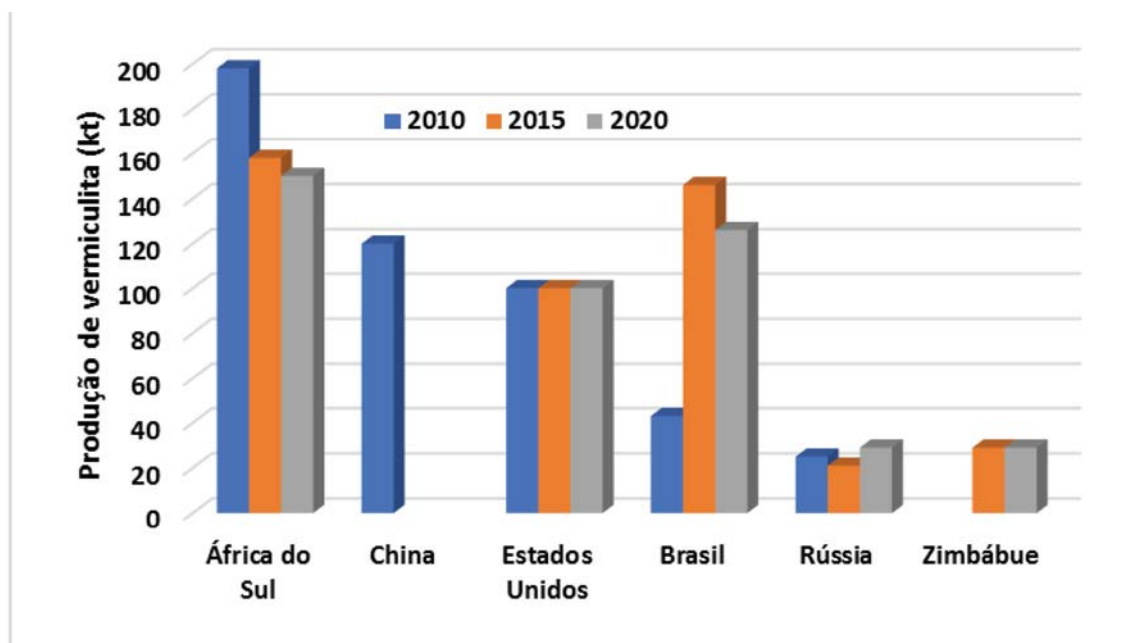
Tal produção coloca o Brasil, no ano de 2020, na 2ª posição no ranking mundial de produtores de vermiculita. A Tabela 4 e a Figura 4 mostram a evolução no ranking mundial, juntamente com os 5 países com maiores produções no mundo.

Tabela 4. Relação dos principais países produtores de vermiculita, em kt contida em 2010, 2015 e 2020.

	2010		2015		2020	
Colocação	Países	Produção (Kt)	Países	Produção (Kt)	Países	Produção (Kt)
1º	África do Sul	198	África do Sul	158	África do Sul	150
2º	China	120	Brasil*	146	Brasil*	126
3º	EUA	100	EUA	100	EUA	100
4º	Brasil*	43	Zimbábue	29	Rússia	29
5º	Rússia	25	Rússia	21	Zimbábue	29

Fontes: MCS, (2022); MCS, (2017); MCS, (2012) e *AMB, (2022).

Figura 4. Classificação dos principais países produtores mundiais de vermiculita, em kt contida, em 2010, 2015 e 2020.



Fontes: MCS, (2022); MCS, (2017); MCS, (2012) e AMB, (2022).

O Brasil vem se mantendo, desde 2015, bem colocado no ranking mundial de produtores de vermiculita, ocupando atualmente a 2ª posição, correspondente a 28% da produção mundial. À sua frente encontra-se a África do Sul, em 1º lugar, com cerca de 33%. Mantendo o 3º estão os Estados Unidos, com cerca 22% da produção Mundial. Os outros países, que se alternam na 4ª e na 5ª posição são Rússia e Zimbábue, somando 15%, sendo que a China, a partir de 2015, perdeu seu protagonismo entre os produtores.

2.2.1.16.3. Consumo de vermiculita

O consumo de vermiculita no Brasil, de 2010 a 2020, é mostrado na Tabela 5 e na Figura 5, com os totais consolidados para o país.

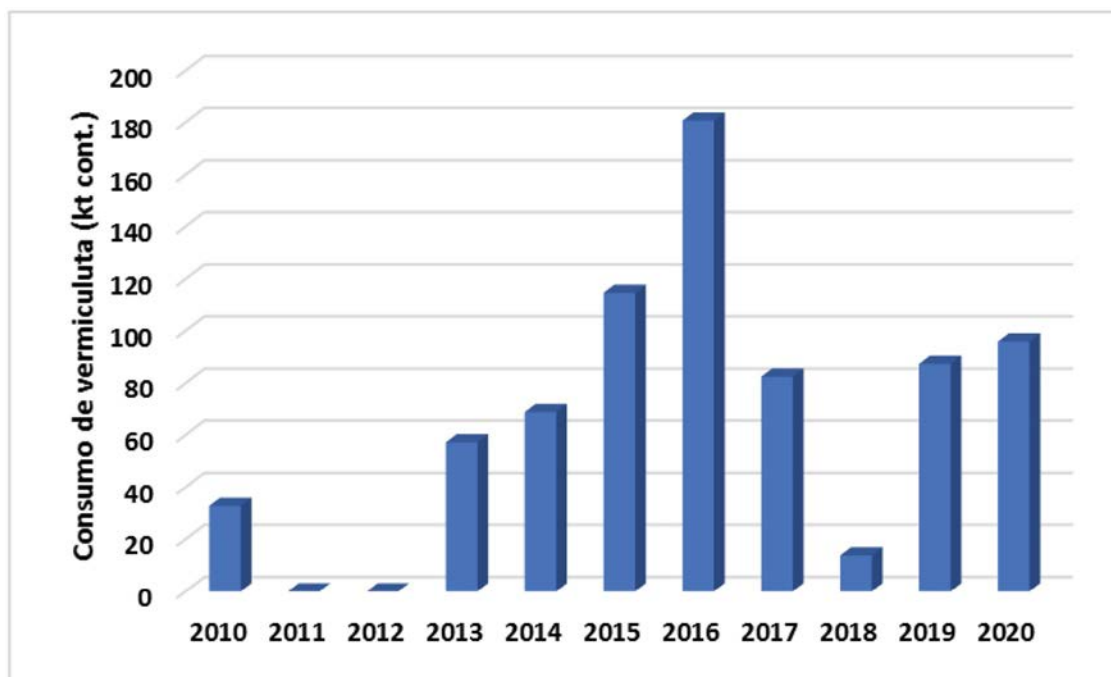
Tabela 5. Consumo brasileiro, de vermiculita, de 2010 a 2020.

Consumo (kt) ^(e)											
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
BRA-SIL	32,7	0	0	57,2	68,7	114,7	180,6	82,5	13,8	87,4	95,9

Fontes: AMB, (2022) e COMEXSTAT MDIC, (2022).

Nota: (e) - Consumo aparente = Produção + Importação – Exportação. Este cálculo não leva em consideração estoques, por isso caso o consumo seja negativo, o mesmo será zerado

Figura 5. Consumo brasileiro, por ano, de vermiculita, de 2010 a 2020.



Fontes: AMB, (2022) e COMEXSTAT MDIC, (2022).

Os bancos de dados da COMEXSTAT MDIC apresentam as estatísticas de importação e exportação de vermiculita, perlita e clorita. No entanto, como não há registro de produção de perlita e clorita no país, considera-se que todos os registros de importação se referem à perlita e à clorita, e todos os registros de exportação se referem a vermiculita.

Tal consumo coloca o Brasil, no ano de 2020, na 9ª posição no ranking mundial de consumidores de vermiculita, perlita e clorita. A Tabela 6 e a Figura 6 mostram a evolução no ranking mundial, juntamente com os 9 países com maiores consumos no mundo.

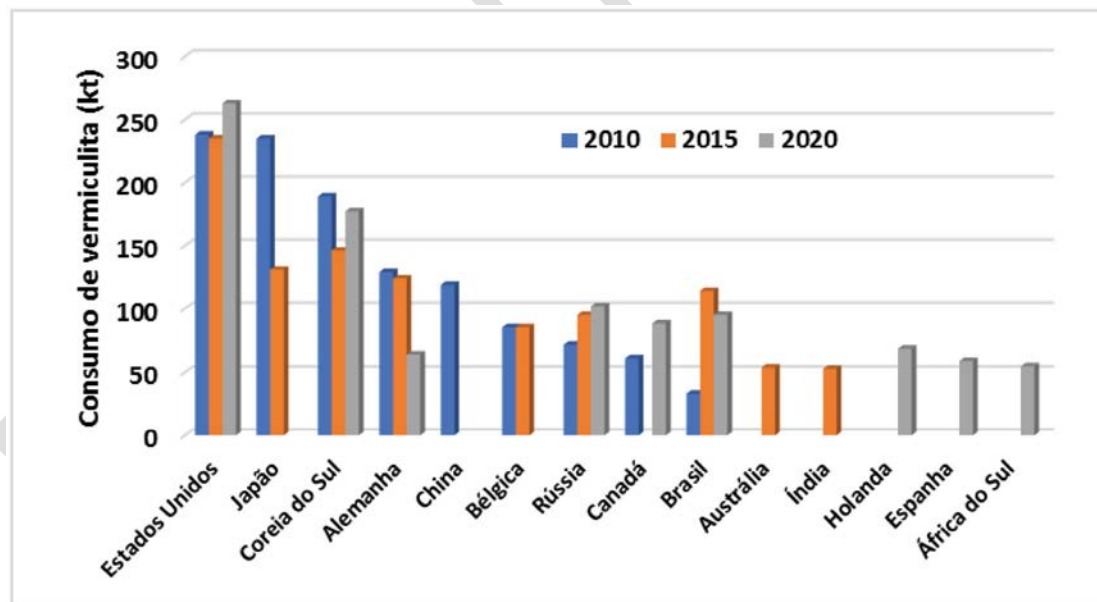
Tabela 6. Classificação dos principais países consumidores de vermiculita, perlita e clorita em 2010, 2015 e 2020.

	2010		2015		2020	
Colocação	País	Consumo (kt) ^(e)	País	Consumo (kt) ^(e)	País	Consumo (kt) ^(e)
1º	EUA	238	EUA	235	EUA	263
2º	Japão	235	Coreia Do Sul	146	Coreia Do Sul	177
3º	Coreia Do Sul	189	Japão	131	Rússia	102
4º	Alemanha	129	Alemanha	124	Brasil	95*
5º	China	119	Brasil*	114*	Canadá	89
6º	Bélgica	86	Rússia	95	Holanda	69
7º	Rússia	72	Bélgica	86	Alemanha	64
8º	Canadá	61	Austrália	54	Espanha	59
	Brasil (>8º)*	33*	Índia (9º)	53	África Do Sul (9º)	55

Fontes: MCS, (2022); MCS, (2017); MCS, (2012), AMB, (2022) e COMEXSTAT MDIC, (2022).

Nota: *AMB (2022) e COMEXSTAT MDIC (2022).

Figura 6. Relação dos principais países consumidores de vermiculita, perlita e clorita em 2010, 2015 e 2020.



Fontes: MCS, (2022); MCS, (2017); MCS, (2012), AMB, (2022) e COMEXSTAT MDIC, (2022).

No ano de 2020, despontam como grandes consumidores de vermiculita, perlita e clorita os Estados Unidos, com 26% do consumo mundial, a Coreia do Sul com 17%, e a Rússia com 10%. Os três países são responsáveis por 53% do consumo mundial, estimado em 1020 kt em 2020. O Brasil se encontra na 4ª posição no ano de 2020, com 95 kt, praticamente tudo proveniente de produção nacional. Ao longo da década, a posição máxima ocupada pelo Brasil foi em 2020. Regionalmente, o consumo se concentra nas Américas (39%), seguida pela Ásia (27%) e pela Europa (16%).

2.2.1.16.4. Importações de vermiculita

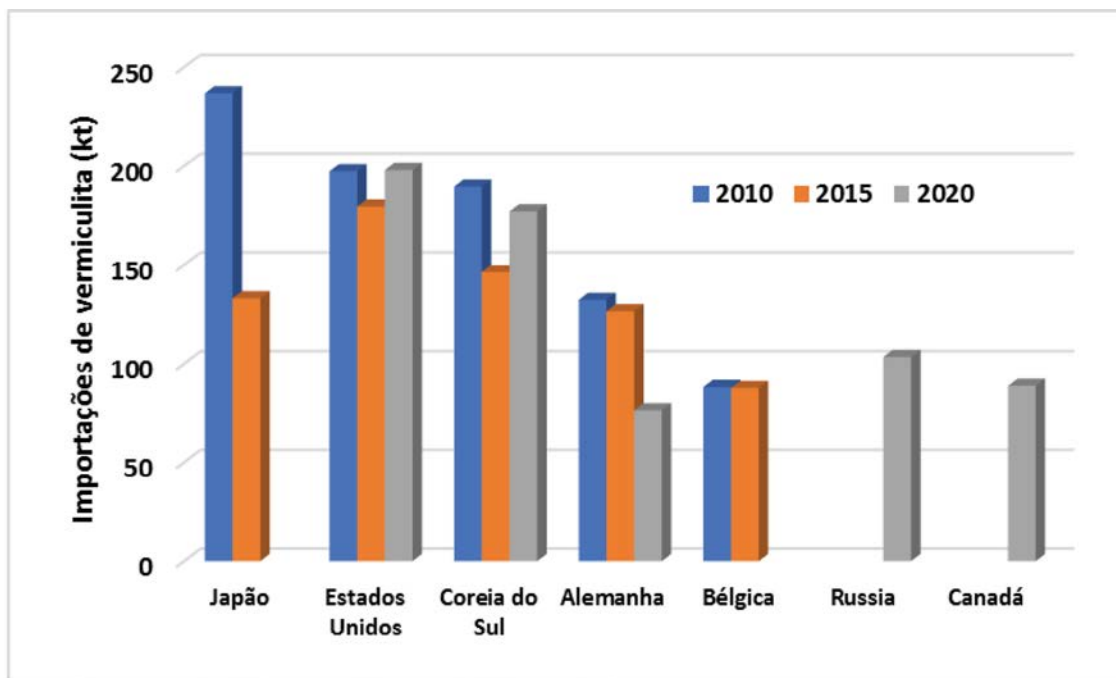
Conforme indicado anteriormente, não há registros de importação de vermiculita pelo Brasil. A Tabela 7 e a Figura 7 mostram a evolução do ranking mundial dos principais países importadores de vermiculita, juntamente com as importações de perlita e clorita, uma vez que os dados individuais de transações de vermiculita não são discriminados nas estatísticas de comércio exterior. (U37, 2022).

Tabela 7. Relação dos principais países importadores de vermiculita, perlita e clorita em 2010, 2015 e 2020.

Colocação	2010		2015		2020	
	País	Importação (kt)	País	Importação (kt)	País	Importação (kt)
1º	Japão	236,9	EUA	179,6	EUA	197,9
2º	EUA	197,3	Coreia do Sul	146,3	Coreia do Sul	177,2
3º	Coreia do Sul	189,6	Japão	133,1	Rússia	103,4
4º	Alemanha	132,3	Alemanha	126,6	Canadá	88,7
5º	Bélgica	88,1	Bélgica	87,6	Alemanha	76,4

Fonte: U37, (2022).

Figura 7. Principais países importadores de vermiculita, perlita e clorita em 2010, 2015 e em 2020.



Fonte: U37, (2022).

2.2.1.16.5. Exportações de vermiculita.

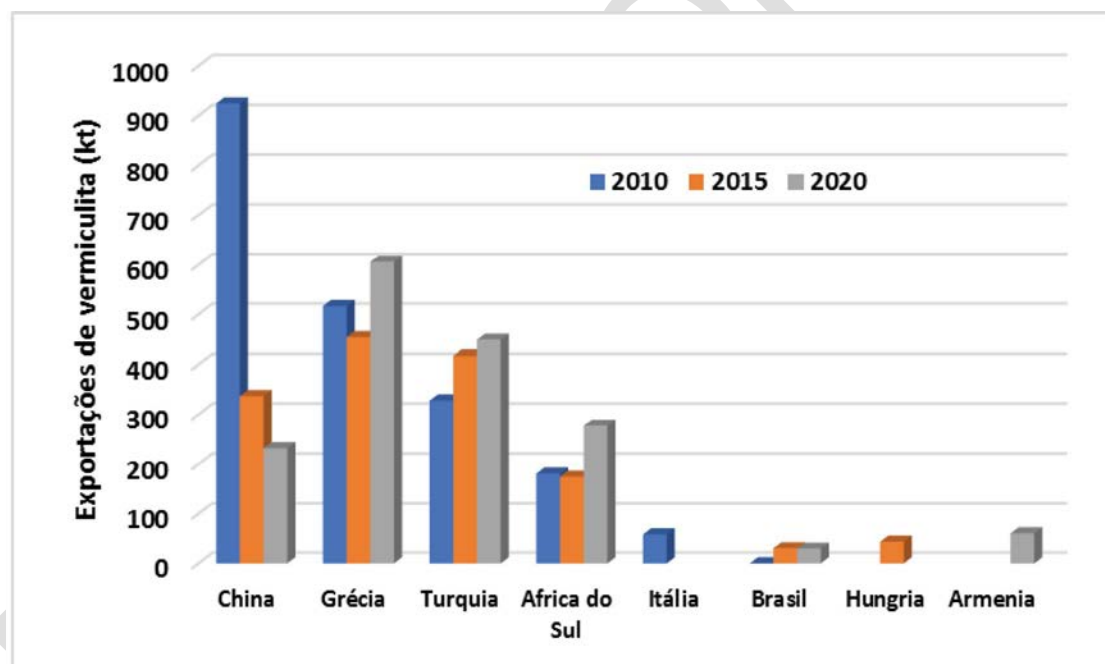
O volume de exportações coloca o Brasil, no ano de 2000, na 9ª posição no ranking mundial de exportadores de vermiculita. A Tabela 8 e a Figura 8 mostram sua evolução no ranking mundial, com os 5 países com maiores exportações no mundo de vermiculita, perlita e clorita, uma vez que os dados individuais de transações de vermiculita não são discriminados nas estatísticas de comércio exterior. (U37, 2022).

Tabela 8. Relação dos principais países exportadores de vermiculita, perlita e clorita em 2010, 2015 e em 2020.

	2010		2015		2020	
Colocação	País	Exportação (kt)	País	Exportação (kt)	País	Exportação (kt)
1º	China	924,4	Grécia	454,9	Grécia	606
2º	Grécia	516,5	Turquia	417,4	Turquia	449,8
3º	Turquia	327,6	China	336,4	África do Sul	277,4
4º	África do Sul	180,8	África do Sul	174,6	China	232,2
5º	Itália	58,9	Hungria	44,3	Armênia	60,8
	Brasil (8º)	10,4*	Brasil (8º)	30,9	Brasil (9º)	30

Fontes: U38, (2022) e Comexstat, (2022).

Figura 8. Classificação dos principais países exportadores de vermiculita, perlita e clorita em 2010, 2015 e em 2020.



Fontes: U38, (2022) e Comexstat, (2022).

As exportações de vermiculita, perlita e clorita são lideradas pelos maiores produtores globais desses minerais, e estão concentradas na Grécia, Turquia, África do Sul e China, representando cerca de 80% das transações globais. Há que se notar os países presentes como exportadores de vermiculita, perlita e

clorita combinadas, porém não listados na Tabela 4 como produtores relevantes de vermiculita. Isso se dá porque, nesses casos, a produção de tais países consiste primordialmente de perlita, ou clorita, ou ambas.

2.2.1.16.6. Porte das empresas e geração de empregos

A Tabela 9 mostra um panorama das principais empresas produtoras de vermiculita no Brasil no ano de 2020, conforme seu porte, em termos de produção, e listando ainda os estados da federação onde estão instaladas suas operações e os números de empregos diretos e indiretos gerados. Vale notar que não há empresa de grande porte produtora de vermiculita, sendo a Brasil Minérios S/A a maior produtora nacional de vermiculita.

Tabela 9. Panorama das principais empresas produtoras de vermiculita no Brasil, por porte de produção bruta, no ano de 2020.

Empresas de Médio Porte de Produção (<1Mta e > 100kta)					
Empresa	Produção (t ROM)*	Estado		Empregos diretos	Empregos indiretos
Brasil Minérios S/A	302.817	GO	São Luiz de Monte Belos e Sanclerlândia	150	300
Total	302.817		Brasil	150	300
Empresas de Baixo Porte de Produção (> 10kta)					
Empresa	Produção (t ROM)*	Estado		Empregos diretos	Empregos indiretos
Urimama Mineração	1.343	PE	Petrolina	25	75
UBM	400	PB	Santa Luzia	20	60
Total	1.743		Brasil	45	135
Total das Principais Empresas por Porte de Produção (<100kta e > 10kta)					
Porte	Produção (t ROM)*	Brasil		Empregos diretos	Empregos indiretos
Médio	302.817	Brasil		150	300
Baixo	1.743	Brasil		45	135
Total	304.560		Brasil	195	435

Nota: *ROM - run of mine, traduzido e adaptado para o português com produção bruta.

2.2.1.16.7. Porte dos Projetos em Andamento e/ou Previstos

Segundo a base de dados ANM, há 7 requerimentos de lavra para vermiculita, indicando possíveis projetos no futuro: 6 projetos da Brasil Minérios em Sanclerlândia/GO e São Luís de Montes Belos/GO; e 1 projeto da Uirapuru Mineração em Ouidor/GO. Não há, ainda, divulgação de dados oficiais dos possíveis projetos acima, como volume de produção, ano de início e geração de

empregos. Não há requerimentos para perlita e nem clorita. Não há informação de requerimentos de pesquisa para expansão das reservas ou para descoberta de novos projetos

2.2.1.16.8. Projeções para o Brasil até 2050

As projeções para o Brasil, até 2050, são apresentadas na Tabela 10 e Figuras 9a, 9b e 9c.

Tabela 10. Projeções para o Brasil, até 2050, em toneladas contidas.

	2022	2026	2030	2034	2038	2042	2046	2050
Reservas Medidas (kt) (1)	3983	4267	4514	4700	4793	4749	4514	4013
Produção (kt) (1) (2)	125,9	147,3	172,3	201,6	235,8	275,9	322,7	377,5
Consumo (kt) (2)	95,9	112,2	131,2	153,5	179,6	210,1	245,8	287,6
Importações (kt) (3)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Exportações (kt) (2)	30,0	35,1	41,1	48,0	56,2	65,7	76,9	90,0
Empregos diretos (2)	272	318	372	435	509	596	697	816
Empregos indiretos (2)	578	676	791	925	1083	1266	1482	1733

Notas:

Considerando as reservas atualizadas para 2020, com depleção anual da produção e reposição média de 5% aa das reservas medidas, convertidas a partir das reservas indicadas e inferidas, além de novos projetos.

Considerando o cenário de crescimento da demanda da vermiculita brasileira com base em: a) crescimento da indústria de construção; b) incremento do uso da vermiculita na construção; c) crescimento da agricultura; d) incremento do uso da vermiculita na agricultura; e) crescimento da produção de aço; f) incremento de uso da vermiculita na siderurgia; g) aumento da competitividade no mercado exterior.

Considerando que a produção nacional suprirá as demandas do mercado local.

Figura 9a. Projeções das reservas medidas para o Brasil, até 2050, em toneladas contidas.

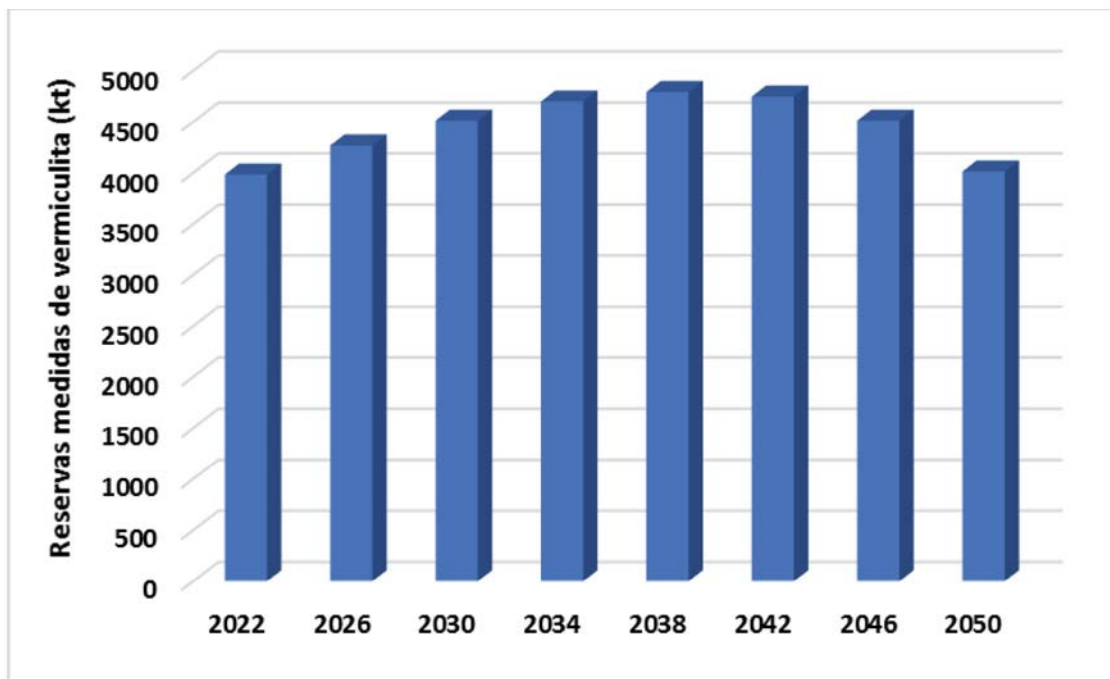


Figura 9b. Projeções da produção, do consumo, das importações e das exportações para o Brasil, até 2050, em toneladas contidas.

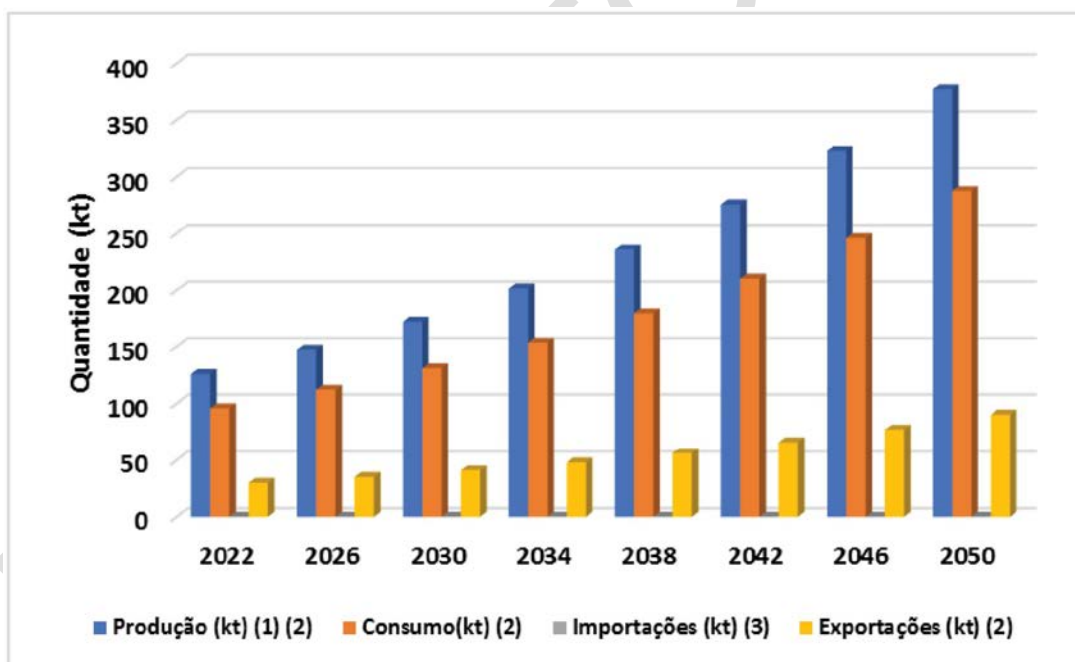
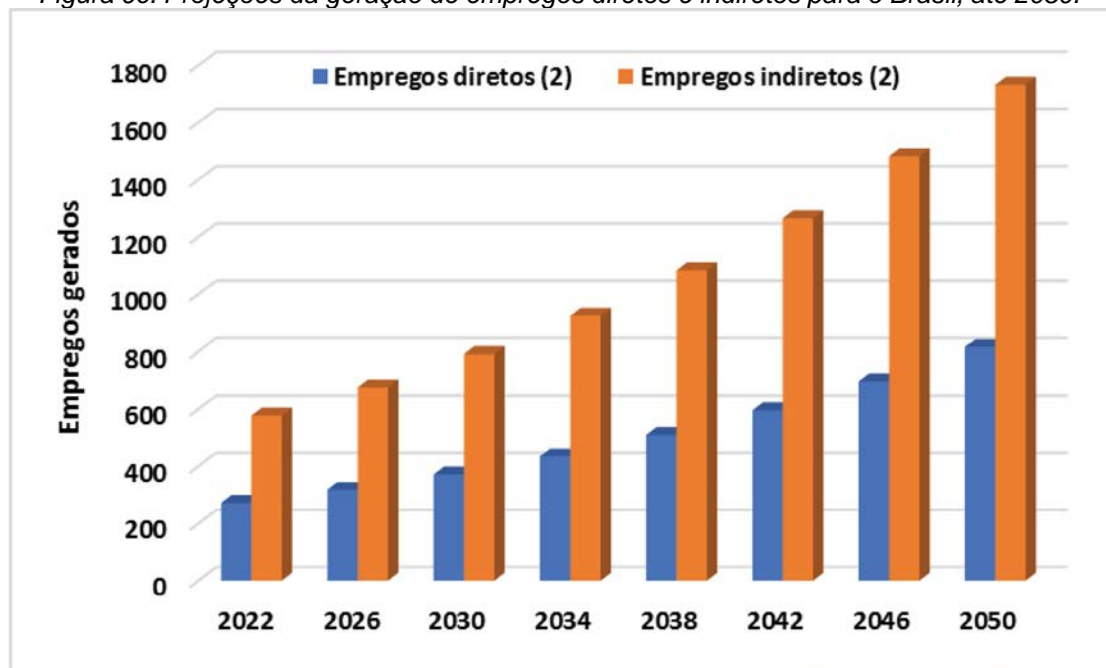


Figura 9c. Projeções da geração de empregos diretos e indiretos para o Brasil, até 2050.



2.2.1.16.9. Projeções para o mundo até 2050

Os dados de estimativas das projeções para o mundo, até 2050, são apresentados na Tabela 11 e Figura 10.

Tabela 11. Projeções para o mundo até 2050, em toneladas contidas.

	2022	2026	2030	2034	2038	2042	2046	2050
Reservas Medidas (kt) (1)	44600	44145	43613	42990	42262	41410	40413	39247
Produção (kt) (2)	455	532	623	728	852	997	1166	1364
Consumo (kt) (3)	455	532	623	728	852	997	1166	1364

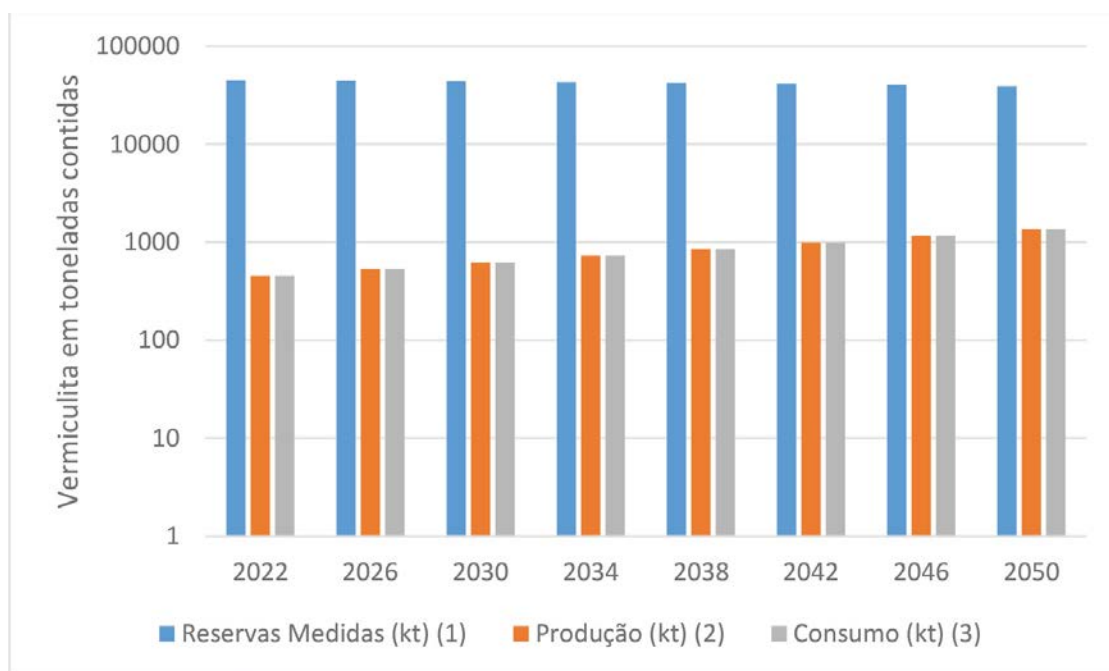
Notas:

Considerando as reservas atualizadas para 2020, analisadas como abundantes, com depleção anual da produção global.

Considerando o cenário de crescimento da demanda da vermiculita brasileira com base em: a) crescimento da indústria de construção; b) incremento do uso da vermiculita na construção; c) crescimento da agricultura; d) incremento do uso da vermiculita na agricultura; e) crescimento da produção de aço; f) incremento de uso da vermiculita na siderurgia.

Considerando que a produção acompanhará o consumo

Figura 10. Projeções para o mundo até 2050, em toneladas contidas.



Lista de referências:

ANM 2020: Dados internos ANM

AMB 2022: Anuário Mineral Brasileiro em:
https://app.anm.gov.br/DadosAbertos/AMB/Producao_Bruta.csv

ANM 2022: Dados Abertos Arrecadação CFEM em:
<https://app.anm.gov.br/DadosAbertos/ARRECADACAO/>

Comexstat 2022: Exportação e Importação Geral SH(6): 253010 em:
<http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>

MCS 2012: MINERAL COMMODITY SUMMARIES 2012, USGS em:
<https://s3-us-west-2.amazonaws.com/prd-wret/assets/palladium/production/mineral-pubs/mcs/mcs2012.pdf>

MCS 2017: MINERAL COMMODITY SUMMARIES 2017, USGS em:
<https://s3-us-west-2.amazonaws.com/prd-wret/assets/palladium/production/mineral-pubs/mcs/mcsapp2017.pdf>

MCS 2021: MINERAL COMMODITY SUMMARIES 2021, USGS em:
<https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2021/mcs2021.pdf>

MCS 2022: MINERAL COMMODITY SUMMARIES 2022, USGS em:
<https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2022/mcs2022.pdf>



U37 2022: United Nations Department of Economic and Social Affairs |
Comtrade Database. SH (6): 2530.10

U38 2022: United Nations Department of Economic and Social Affairs |
Comtrade Database. SH (6): 2530.10

EM EDITORAÇÃO

PLANO NACIONAL DE MINERAÇÃO 2050
PNM 2050

SINOPSE 42. Zircônia

CADERNO 2: Pesquisa e Produção Mineral

SINOPSE 42. Zircônia.....	747
2.2. Análise-síntese dos Segmentos da Mineração Brasileira	748
2.2.1. Tipo Mineral	748
2.2.1.42. Zircônia	748
2.2.1.42.1. Reservas.....	748
2.2.1.42.2. Produção.....	750
2.2.1.42.3. Consumo.....	752
2.2.1.42.4. Importações	754
2.2.1.42.5. Exportações	755
2.2.1.42.6. Porte das Empresas e Geração de Empregos	757
2.2.1.42.7. Porte dos Projetos em Andamento e/ou Previstos	757
2.2.1.42.8. Projeções para o Brasil até 2050.....	758
2.2.1.42.9. Projeções para o mundo até 2050	759

2.2. Análise-síntese dos Segmentos da Mineração Brasileira

2.2.1. Tipo Mineral

Rochas e Minerais Industriais

2.2.1.17. Zirconita

Os depósitos de zirconita estão, em geral, associados aos minerais pesados de háfnio e de titânio, como ilmenita e rutilo, e de estanho. Devido às suas propriedades físico-químicas, entre elas a resistência à corrosão e propriedades refratárias, a zirconita é utilizada em diferentes segmentos industriais como vidros, cerâmica, isoladores térmicos, elétricos e pigmentos para cerâmicos. Já em relação ao zircônio, sua principal aplicação é na forma de ligas Zircaloy, aplicadas na indústria de geração de energia nuclear. Os principais exportadores de concentrado de zircônio são Austrália, Senegal e África do Sul, enquanto os principais importadores são China, Índia e Espanha. Entre os principais exportadores globais de metal de zircônio estão a China, Alemanha e Estados Unidos.

2.2.1.17.1. Reservas

As reservas lavráveis no Brasil de zirconita ($ZrSiO_4$), em 2015, último ano com dados oficiais, foram de 2.319 kt (SMB, 2017), com teores de ZrO_2 e $ZrSiO_4$ variando de 0,37% a 67% e distribuídas pelos estados do Amazonas, Rio de Janeiro, Minas Gerais, São Paulo, Paraíba, Rio Grande do Sul e, de forma menos expressiva, nos estados de Tocantins e Bahia.

O Brasil está no 3º lugar do ranking de maiores reservas de zirconita no mundo, conforme apresentado na Tabela 1 e Figura 1.

Tabela 1. Ranking dos principais detentores mundiais das reservas de zircônita.

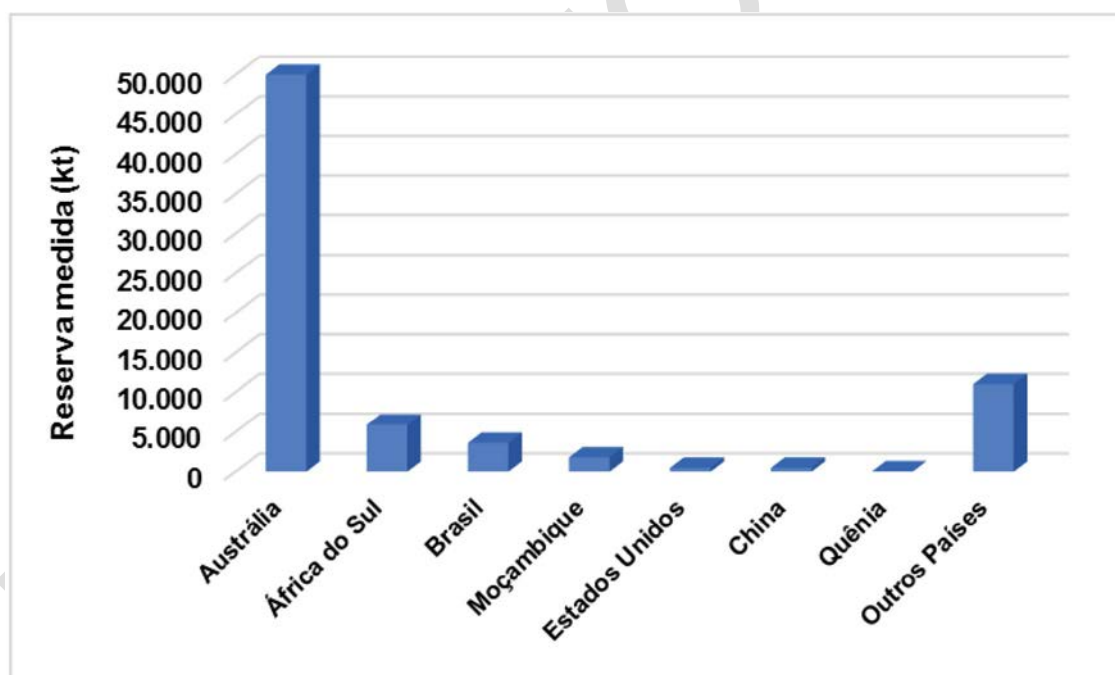
Colocação	País - 2020	Reserva Medida (kt)
1º	Austrália	50.000
2º	África do Sul	5.900
3º	Brasil *	2.319
4º	Moçambique	1.800
5º	EUA	500
6º	China	500
7º	Quênia	50
	Outros Países	11.000
	Total**	72.069

Fontes: MCS, (2022) e *SMB, (2017).

**Obs. MCS (2022) não lista as reservas do Brasil

Na Tabela 1 observa-se o ranking das maiores reservas mundiais, distribuídas por Austrália, em 1º lugar, com 69%, seguido por África do Sul, em 2º lugar, com 8% e, em 3º lugar, o Brasil com 3%.

Figura 1. Classificação dos principais países detentores mundiais de reservas medidas de zircônita em 2020.



Fontes: MCS, (2022) e SMB, (2017).

* Embora a classificação brasileira de recursos e reservas tenha sido alterada - mediante norma da CBRR, adotada pela ANM (Art. 9, parágrafo 4º, do Decreto 9.406 de 2018 e Resolução ANM 94, de 07/02/2022) – a nova classificação entrará em vigor em agosto (180 dias contados da data da resolução), a partir de quando se iniciará um gradativo processo de transição. Dentro do referido período de transição, e em consonância com os respectivos critérios e procedimentos vigentes, a classificação anterior (Reservas Medidas, Indicadas e Inferidas) encontra-se corretamente empregada nesta sinopse.

2.2.1.17.2. Produção

A produção brasileira, distribuída por estado durante o período de 2010 a 2020, é apresentada na Tabela 2 e na Figura 2, com os totais consolidados para o país.

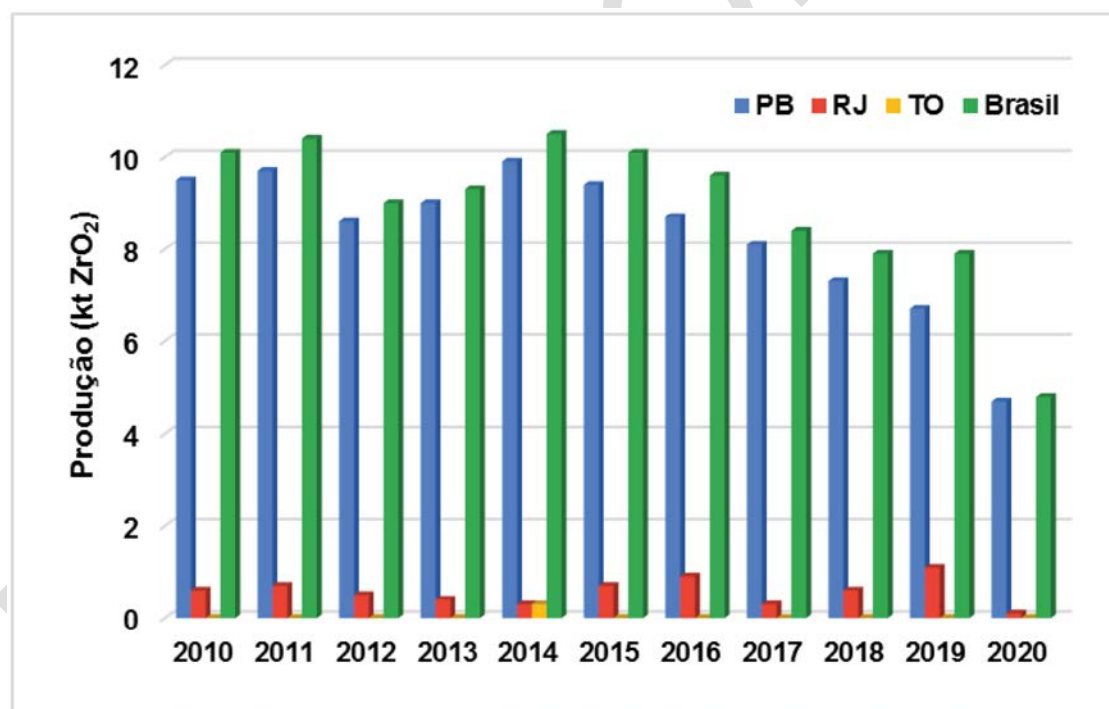
Tabela 2. Produção brasileira por estado, de zirconita, desde 2010 até o ano de 2020.

Produção (kt ZrO ₂) ^(e)											
Estado	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
PB	9,5	9,7	8,6	9,0	9,9	9,4	8,7	8,1	7,3	6,7	4,7
RJ	0,6	0,7	0,5	0,4	0,3	0,7	0,9	0,3	0,6	1,1	0,1
TO	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-
Brasil	10,1	10,4	9,0	9,3	10,5	10,1	9,6	8,4	7,9	7,9	4,8

Fonte: AMB, (2022).

Nota: (e) – Estimado, em AMB (2022), a produção é dada em ZrSiO₄. Há 67% de ZrO₂ contido em ZrSiO₄.

Figura 2. Produção brasileira de zirconita por estado e do Brasil, no período de 2010 a 2020.



Fonte: AMB, (2022).

A produção brasileira concentrou-se na região nordeste, no estado da Paraíba, com 93,3% da produção na última década. Os outros 6,7% se distribuíram entre os estados do Rio de Janeiro e Tocantins, com o estado do norte com

produção inexpressiva e transitória. A Paraíba, no ano de 2020, contribuiu com 97% da produção de zirconita, associada a um projeto que está em processo de desativação. A reposição dessa produção nos próximos anos deve ocorrer com o desenvolvimento de novas operações nos estados de Tocantins e Espírito Santo.

Essa produção coloca o Brasil, no ano de 2020, na 12ª posição no ranking mundial de produtores de zirconita contida. A Tabela 3 e a Figura 3 mostram a evolução no ranking mundial, juntamente com os 8 países com maiores produções no mundo.

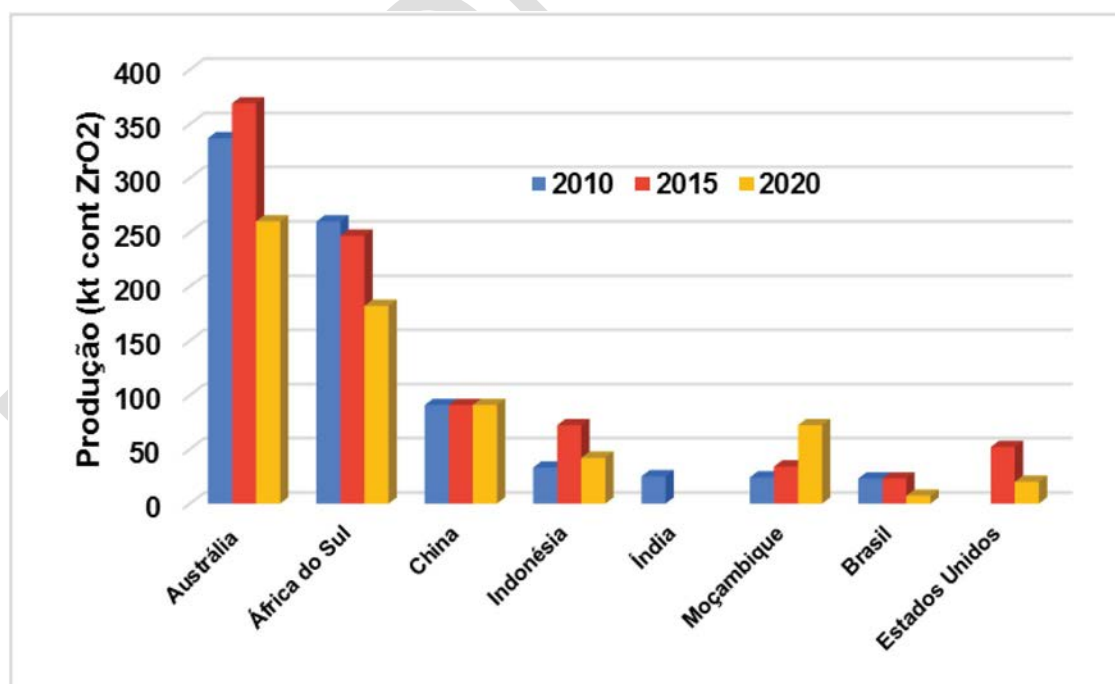
Tabela 3. Principais países produtores mundiais de zirconita, em 2010, 2015 e 2020.

	2010		2015		2020	
Colocação	Países	Produção ^(e) (kt ZrO ₂)	Países	Produção ^(e) (kt ZrO ₂)	Países	Produção ^(e) (kt ZrO ₂)
1º	Austrália	337	Austrália	369	Austrália	260
2º	África do Sul	260	África do Sul	247	África do Sul	182
3º	China	91	China	91	China	91
4º	Indonésia	33	Indonésia	72	Moçambique	72
5º	Índia	25	Estados Unidos	52	Indonésia	42
6º	Moçambique	24	Moçambique	34	Estados Unidos	20
7º	Brasil (*)	10	Brasil (*)	10	Brasil (*)	5

Fontes: MCS, (2022); MCS, (2017); MCS, (2012) e *AMB, (2022).

Notas: (e) Convertido para tonelada de ZrO₂ utilizando 65% da massa bruta. (USGS 2022)

Figura 3. Principais países produtores mundiais de zirconita, em 2010, 2015 e 2020.



Fontes: MCS, (2022); MCS, (2017); MCS, (2012) e AMB, (2022).

No cenário internacional, a Austrália foi a maior produtora em 2020 e é responsável por um terço da produção mundial, com 33,3%. O terço seguinte da produção mundial é compartilhado por África do Sul (23%) e China (12%). A produção mundial é estimada em 780 kt de ZrO_2 , considerando a produção publicada como massa de zirconita. Regionalmente, a maior produção se registra na Oceania, com 33,3% do total mundial, seguida pela África (33%) e Ásia (18%).

2.2.1.17.3. Consumo

O consumo aparente no Brasil, durante o período de 2010 a 2020 é apresentado na Tabela 4 e na Figura 4.

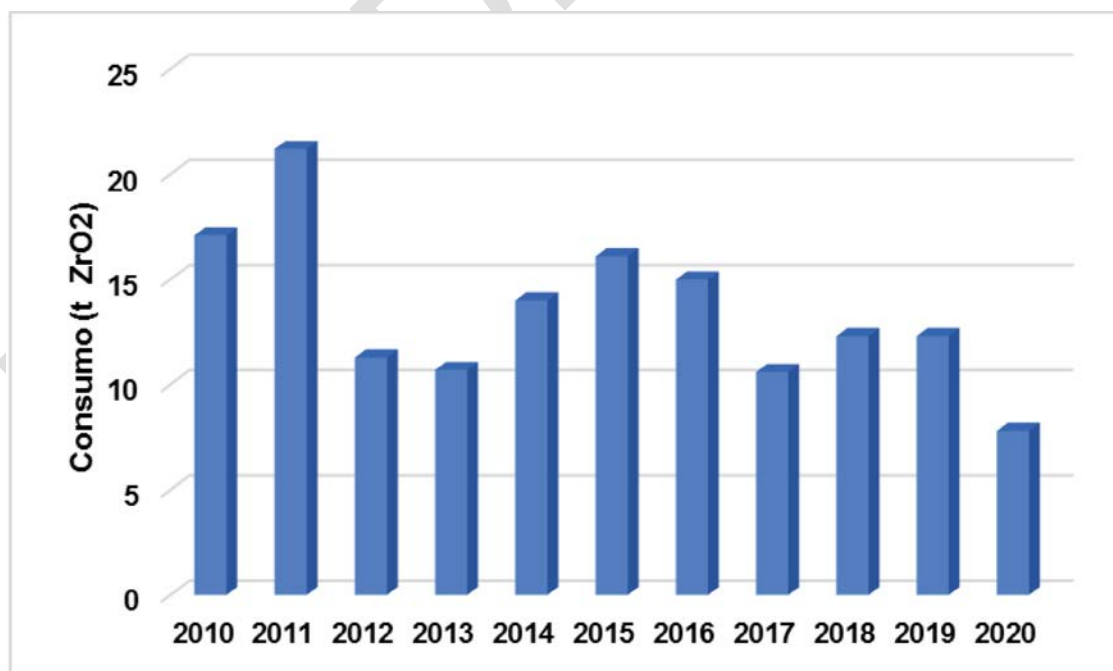
Tabela 4. Consumo aparente brasileiro de zirconita, no período de 2010 a 2020.

Consumo (t ZrO_2) ^(e)											
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
BRA-SIL	17,1	21,2	11,3	10,7	14,0	16,1	15,0	10,6	12,3	12,3	7,8

Fontes: AMB (2022); UO3 (2022) e UO4 (2022).

*Nota: (e) Estimado - em AMB (2022) a produção é dada em $ZrSiO_4$, há 67% de ZrO_2 contido em $ZrSiO_4$.
Consumo Aparente = Produção + Importação - Exportação*

Figura 4. Consumo brasileiro de zirconita, no período de 2010 a 2020.



Fontes: AMB (2022); UO3 (2022) e UO4 (2022).

Esse consumo coloca o Brasil, no ano de 2020, na 7ª posição no ranking mundial de consumidores de zirconita. A Tabela 5 e a Figura 5 abaixo apresentam a evolução mundial do consumo, com destaque para 9 países.

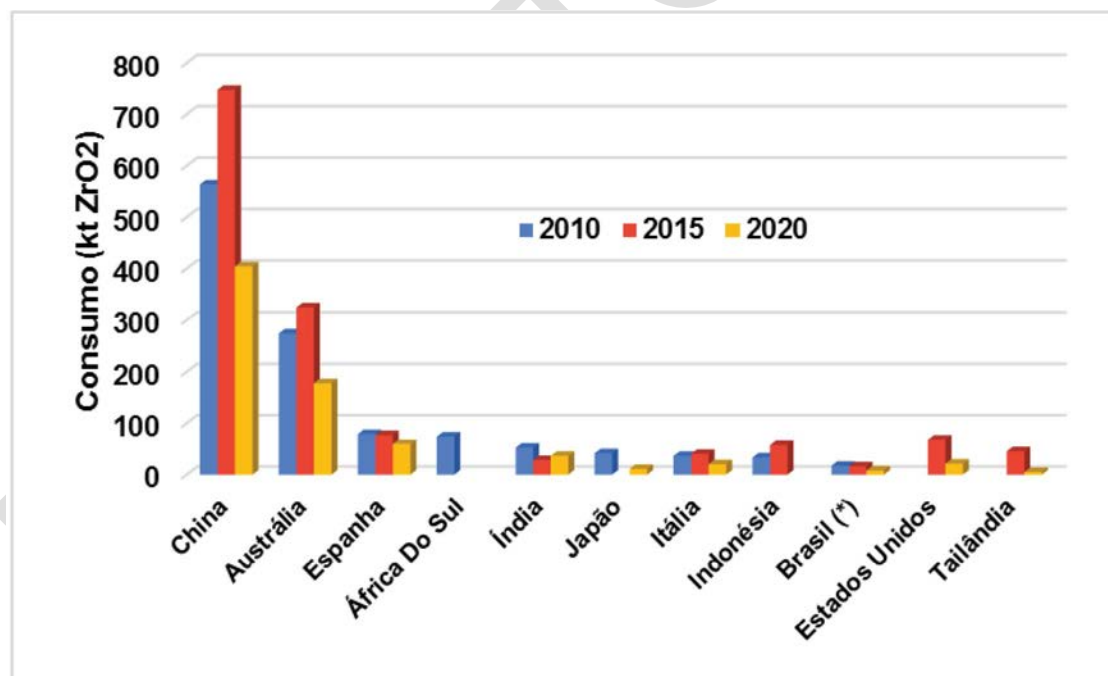
Tabela 5. Principais países consumidores mundiais de zirconita, em 2010, 2015 e 2020.

	2010		2015		2020	
Colocação	Países	Consumo ^(e) (kt ZrO ₂)	Países	Consumo ^(e) (kt ZrO ₂)	Países	Consumo ^(e) (kt ZrO ₂)
1º	China	564	China	747	China	404
2º	Austrália	274	Austrália	325	Austrália	177
3º	Espanha	79	Espanha	77	Espanha	59
4º	África Do Sul	74	Estados Unidos	68	Índia	36
5º	Índia	52	Indonésia	57	Estados Unidos	21
6º	Japão	41	Tailândia	45	Itália	20
7º	Itália	36	Itália	40	Japão	11
8º	Indonésia	33	Índia	28	Brasil (*)	8
9º	Brasil (*)	17	Brasil (*)	16	Tailândia	5

Fontes: MCS, (2022); MCS, (2017); MCS, (2012) e *AMB, (2022).

^(e) Produção de ZrO₂ calculado como 65% da produção bruta publicada pela USGS

Figura 5. Principais países consumidores mundiais de zirconita em 2010, 2015 e 2020.



Fontes: MCS, (2022); MCS, (2017); MCS, (2012) e AMB, (2022).

Nessa década, China e Austrália se destacam como os maiores consumidores de zirconita. Especificamente no ano de 2020 a China foi responsável por 56%

do consumo mundial de zirconita e a Austrália por 24%, sendo as duas juntas, responsáveis por 80% do consumo mundial. Regionalmente, o consumo se concentra na Ásia (61%), seguida pela Oceania (24%) e Europa (11%).

2.2.1.17.4. Importações

Em 2020, o Brasil se posicionou na 13ª posição do ranking mundial de importadores de zirconita. A Tabela 6 e a Figura 6 mostram sua evolução no ranking mundial, juntamente com os 5 países com maiores importações no mundo.

Tabela 6. Principais países importadores mundiais de zirconita, em 2010, 2015 e 2020.

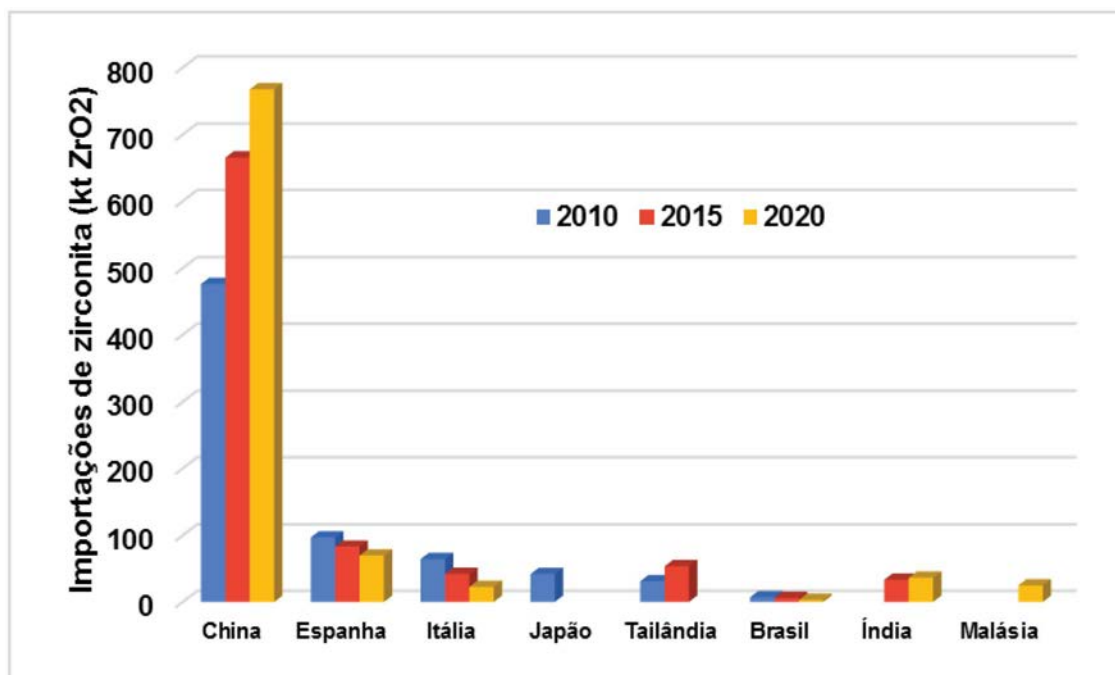
Colocação	2010		2015		2020	
	País	Importação ^(e) (kt ZrO ₂)	País	Importação ^(e) (kt ZrO ₂)	País	Importação ^(e) (kt ZrO ₂)
1º	China	475,6	China	665,1	China (*)	767,5
2º	Espanha	97,1	Espanha	83,3	Espanha (*)	69
3º	Itália	63,8	Tailândia	53,3	Índia	36,1
4º	Japão	41,4	Itália	41,9	Malásia	24,7
5º	Tailândia	30,8	Índia	33,0	Itália	22,4
	Brasil (18º)	7,0	Brasil (12º)	5,9	Brasil (13º)	3

Fonte: U03 2022.

Notas: ^(e) Produção de ZrO₂ calculado como 65% da produção bruta (USGS)

(*) Nas bases de dados de comércio internacional das Nações Unidas e do Banco Mundial não consta dados de importação da China e Espanha, foram então consideradas as importações do ano de 2019, devido à falta de dados.

Figura 6. Principais países importadores mundiais de zirconita, em 2010, 2015 e 2020.



Fonte: U03, (2022).

A pandemia da COVID-19 teve considerável impacto nas importações e exportações. O reflexo da paralisação das atividades econômicas repercutiu tanto na produção como na demanda como insumo na siderurgia, indústria do cimento, energia, indústria química e cerâmica. A China tem importante papel no mercado consumidor, incluindo sua utilização na produção de energia nuclear, além da produção de pisos e revestimentos cerâmicos.

2.2.1.17.5. Exportações

A reduzida quantidade de exportações não coloca o Brasil entre os principais países exportadores. A Tabela 7 e a Figura 7 mostram a evolução no ranking mundial dos 5 países com maiores exportações no mundo. Nota-se a presença de alguns países exportadores, com volumes eventualmente superiores à sua produção no ano, fato que pode estar relacionado à exportação de estoques ou à exportação de produção não declarada.

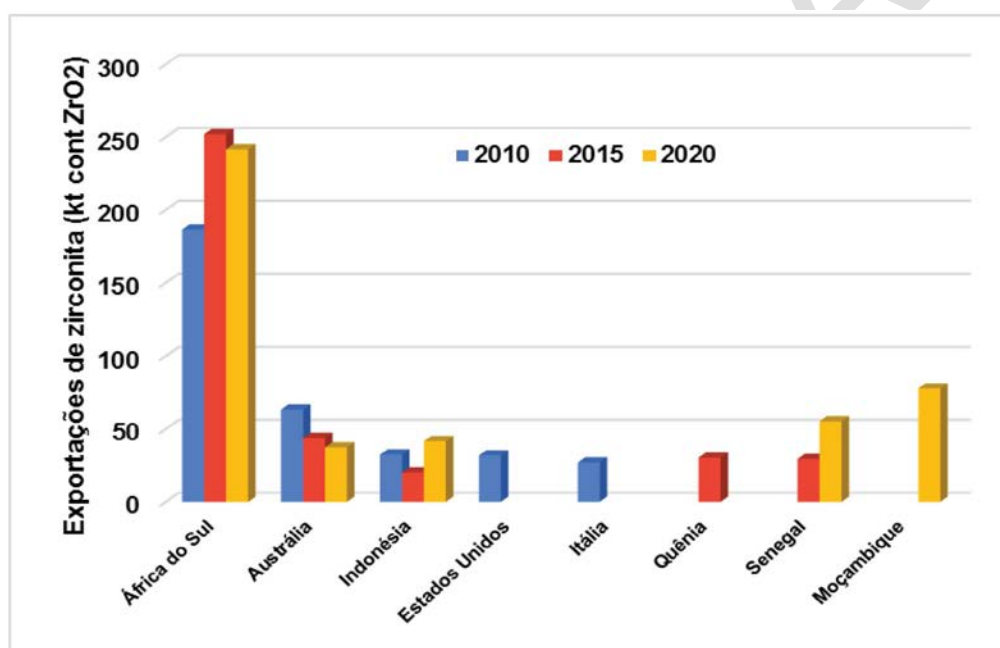
Tabela 7. Relação dos principais exportadores mundiais, em 2010, 2015 e 2020.

	2010		2015		2020	
Colocação	País	Exportação ^(e) (kt _{cont} ZrO ₂)	País	Exportação ^(e) (kt _{cont} ZrO ₂)	País	Exportação ^(e) (kt _{cont} ZrO ₂)
1º	África do Sul	186,5	África do Sul	252,0	África do Sul	241,6
2º	Austrália	63,5	Austrália	44,0	Moçambique	77,9
3º	Indonésia	32,5	Quênia	30,4	Senegal	55,3
4º	EUA	31,9	Senegal	29,5	Indonésia	41,7
5º	Itália	27,1	Indonésia	20,1	Austrália	37,4

Fonte: U04, (2022).

Nota: ^(e) Produção de ZrO₂ calculado como 65% da produção bruta (USGS)

Figura 7. Principais países exportadores mundiais de zirconita, em 2010, 2015 e 2020.



Fonte: U04, (2022).

A África do Sul tem mantido sua liderança nas exportações. Nos últimos anos houve um significativo crescimento das exportações de Moçambique. Por outro lado, houve uma queda acentuada nas exportações da Austrália e dos EUA. Levando em conta as reservas nacionais, existem oportunidades para o Brasil buscar mecanismos de ampliação de suas exportações.

2.2.1.17.6. Porte das Empresas e Geração de Empregos

A Tabela 8, abaixo, mostra um panorama mais recente das empresas produtoras no Brasil, distribuídas por estado, abordando pontos importantes como operações, número de empregos diretos e indiretos, entre outros.

Tabela 8. Panorama estadual do porte das principais empresas produtoras no Brasil.

Empresas de Pequeno Porte de Produção (<100kta)					
	Empresa	Produção (t ROM)	Estado	Empregos diretos	Empregos indiretos
	Tronox Pigmentos do Brasil S.A	10.401,50	Paraíba	1.050	2.100
	INB- Indústria Nucleares Brasil	309,00	Rio de Janeiro	31	93
	Total	10.710,50	Brasil	1.081	2.193
Total das Empresas por Porte de Produção					
	Porte	Produção (t ROM)	Brasil	Empregos diretos	Empregos indiretos
	Pequeno	10.710,50		1.081	2.193
	Total	10.710,50	Brasil	1.081	2.193

2.2.1.17.7. Porte dos Projetos em Andamento e/ou Previstos

Foram identificados 15 processos em fase de requerimento de lavra, segundo os dados de requerimentos da ANM, os quais tem potencial para transformarem-se em novos projetos de produção de zirconita nos próximos anos: 3 projetos da Vale S.A, em Linhares/ES e São Mateus/ES; 2 projetos da Terra Branca, ambos em Linhares/ES; 1 projeto da Mineração São Domingos, em Conceição Castelo/ES; dois projetos da Magnesita Refratários S.A, em Linhares/ES e Jaguaré/ES; 1 projeto da DMinas Mineração, em Palmeirópolis, Tocantins; 1 projeto da CBPM, em Cairu/BA; 1 projeto da Cerâmica Itapemirim, em Itapemirim/ES; 1 projeto da Casa Construção, em Porciúncula/RJ; 1 projeto da FAE Ltda, em Conceição do Castelo/ES. Para tais possíveis projetos, não há divulgação oficial de ano de início, produção ou empregos gerados.

2.2.1.17.8. Projeções para o Brasil até 2050

Os dados de estimativas para o Brasil durante o período de 2022 a 2050 são apresentados na Tabela 9 e na Figura 8.

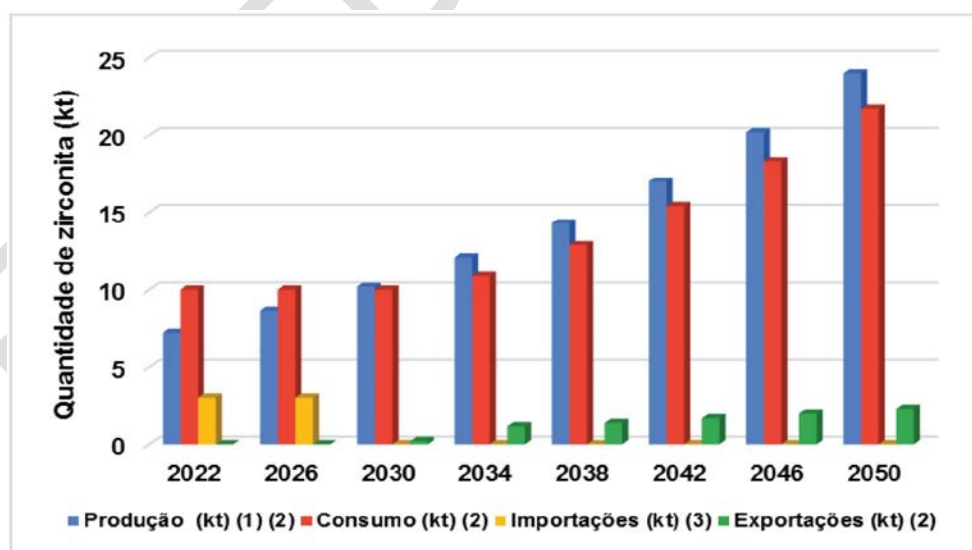
Tabela 9. Estimativas para o Brasil durante o período de 2022 a 2050.

	2022	2026	2030	2034	2038	2042	2046	2050
Reservas Medidas Lavráveis (kt) (1)*	2.319							
Produção (kt) (2)	7,2	8,6	10,2	12,1	14,3	17,0	20,2	24,0
Consumo (kt) (2)	10,0	10,0	10,0	10,9	12,9	15,4	18,3	21,7
Importações (kt) (3)	3,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Exportações (kt) (2)	0,0	0,0	0,2	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3
Empregos diretos (2)	1.081	1.284	1.526	1.812	2.153	2.558	3.038	3.609
Empregos indiretos (2)	2.193	2.605	3.095	3.677	4.368	5.189	6.164	7.322

Notas:

1. As projeções de reservas não são apresentadas e é mantido o valor de 2015, em função de não haver dados precisos sobre os teores de cada depósito, o que impede o cálculo de sua redução com a progressão da produção.
2. Considerando aumento da produção nos próximos 10 anos de forma a tornar-se autossuficiente, com exportações a partir da próxima década (projeções segundo GMI 2022 e EMR 2022).
3. Considerando que a produção nacional irá gradualmente suprir as demandas do mercado local até alcançar a autossuficiência até o início da próxima década.

Figura 8. Estimativas brasileiras para produção, consumo, importações e exportações durante o período de 2022 a 2050.



A metodologia de projeção é baseada na expectativa de consumo ditada pelos diversos mercados consumidores. Essa demanda se divide em cerâmica (fritas) com 50%, fundição e refratários com 30%, e usos diversos, com 20%, como os principais vetores. O indicador utilizado para projeção do crescimento da demanda (4,4% a.a.) na Tabela 10 foi baseado nas estimativas em publicações técnicas internacionais (GMI 2022, EMR 2022). O Brasil tem reservas abundantes, portanto é previsto um aumento marginal de reservas (1% a.a.) em função de sua associação a outros minerais pesquisados. A produção, por sua vez, é função da demanda. Considerando que o Brasil almeja se tornar autossuficiente nesse mineral, assume-se um prazo de dez anos para suprimir as importações, buscando oportunidades de exportação após esse período.

2.2.1.17.9. Projeções para o mundo até 2050

Dados estimados mundialmente para o período de 2022 a 2050, são apresentados na Tabela 10 e na Figura 9.

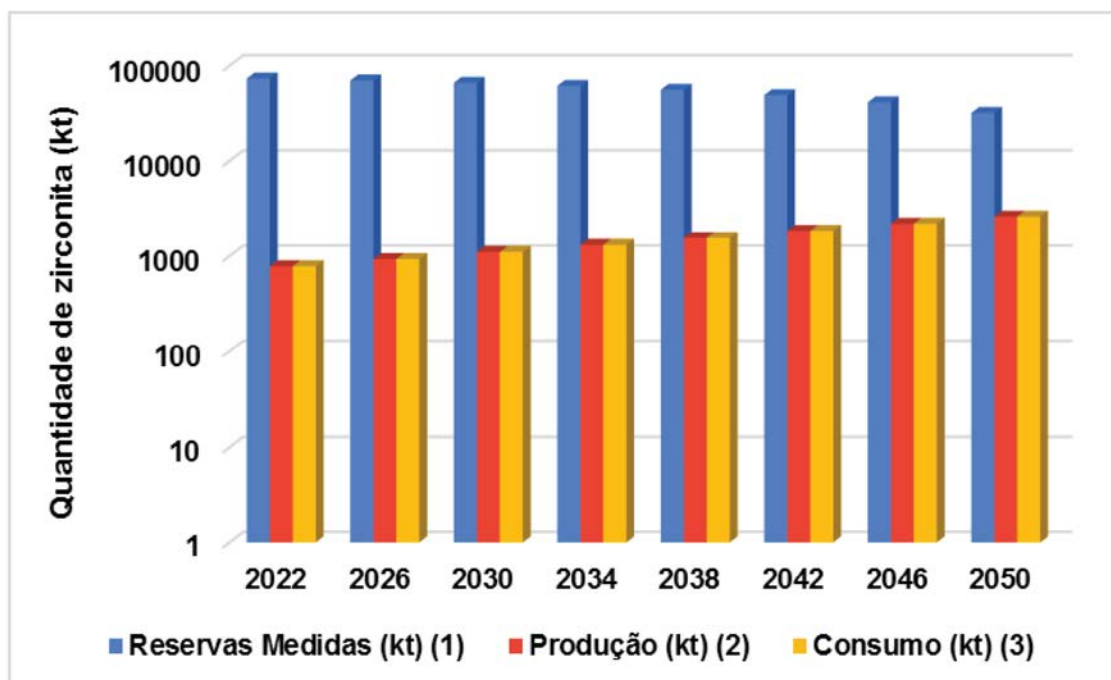
Tabela 10. Estimativa para dados mundiais entre o período de 2022 a 2050

	2022	2026	2030	2034	2038	2042	2046	2050
Reservas Medidas (kt) (1)	73.600	70.264	66.300	61.592	55.999	49.354	41.460	32.083
Produção (kt) (2)	781	928	1.102	1.309	1.555	1.848	2.195	2.608
Consumo (kt) (3)	781	928	1.102	1.309	1.555	1.848	2.195	2.608

Notas:

- (1) Considerando as reservas atualizadas para 2020, analisadas como abundantes, com depleção anual da produção global
- (2) Considerando o cenário de crescimento da demanda de zirconita em função das projeções de utilização em: a) indústria cerâmica; b) fundição; c) refratários (segundo GMI 2022; EMR 2022).
- (3) Considerando que a produção acompanhará o consumo.

Figura 9. Estimativas para dados mundiais entre o período de 2022 a 2050.



Para as projeções mundiais, considera-se que a demanda de produtos que utilizam zircônia (principalmente cerâmicas), está ligada a regiões de clima quente (motivos sanitários), custo e cultura, e tem como protagonistas a China, América central e algumas regiões da Ásia, como a Índia. Assim, foram utilizados os índices de crescimento dessas regiões (PWC 2015), principalmente China e Índia, para o cálculo das projeções de consumo. A taxa de crescimento resultante para a demanda foi de 4,4% a.a., levando em consideração também a literatura técnica do setor (GMI 2022; EMR 2022).

Lista de referências:

AMB 2022: Anuário Mineral Brasileiro em: https://app.anm.gov.br/DadosAbertos/AMB/Producao_Bruta.csv

ANM 2022: Dados Abertos Arrecadação CFEM em: <https://app.anm.gov.br/DadosAbertos/ARRECADACAO/>

EMR 2022: Global Zirconium Oxide Market, em: <https://www.expertmarketresearch.com/reports/zirconium-oxidemarket#:~:text=The%20global%20zirconium%20oxide%20market%20is%20projected%20to%20grow%20at,5%25%20between%202021%20and%202026>

GMI 2022: Zirconium Dioxide Market, em: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/zirconium-dioxide-market>

ILK 2019 ILUKA Mineral Sands Industry Information <https://iluka.com/CMSPages/GetFile.aspx?guid=bd24ecdc-5b71-4681-9340-87c85555cca5>

MCS 2012: MINERAL COMMODITY SUMMARIES 2012, USGS em: <https://s3-us-west-2.amazonaws.com/prd-wret/assets/palladium/production/mineral-pubs/mcs/mcs2012.pdf>

MCS 2017: MINERAL COMMODITY SUMMARIES 2017, USGS em: <https://s3-us-west-2.amazonaws.com/prd-wret/assets/palladium/production/mineral-pubs/mcs/mcsapp2017.pdf>

MCS 2021: MINERAL COMMODITY SUMMARIES 2021, USGS em: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2021/mcs2021.pdf>

MCS 2022: MINERAL COMMODITY SUMMARIES 2022, USGS em: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2022/mcs2022.pdf>

PWC 2015 The World in 2050 PWC; em: <https://www.pwc.com/gx/en/issues/the-economy/assets/world-in-2050-february-2015.pdf#page=19&zoom=100,64,98>

SMB (2017) - Sumário Mineral Brasileiro 2017

U03 2022: United Nations Department of Economic and Social Affairs | Comtrade Database. SH (6): 2615.10. Dados das importações de zirconita em 2010 (MDIC).

U04 2022: United Nations Department of Economic and Social Affairs | Comtrade Database. SH (6): 2615.10. Dados das importações de zirconita em 2010 (MDIC).

WORLD BANK 2022: World Integrante Trade Solution. SH(6): 2615.10; em <https://wits.worldbank.org/trade/comtrade/en/country/ALL/year/2020/tradeflow/Exports/partner/WLD/product/261510>

PLANO NACIONAL DE MINERAÇÃO 2050
PNM 2050

SINOPSE 43. Diamante

CADERNO 2: Pesquisa e Produção Mineral

SINOPSE 43. Diamante.....	762
2.2. Análise-síntese dos Segmentos da Mineração Brasileira	763
2.2.1. Tipo Mineral	763
2.2.1.43. Diamante	763
2.2.1.43.1. Reservas de diamante	763
2.2.1.43.2. Produção de diamante	766
2.2.1.43.3. Consumo de diamante	768
2.2.1.43.4. Importações de diamante	771
2.2.1.43.5. Exportações de diamante	772
2.2.1.43.6. Porte das Empresas e Geração de Empregos	774
2.2.1.43.7. Porte dos Projetos em Andamento e/ou Previstos	775
2.2.1.43.8. Projeções para o Brasil até 2050.....	776
2.2.1.43.9. Projeções para o mundo até 2050	778

2.2. Análise-síntese dos Segmentos da Mineração Brasileira

2.2.1. Tipo Mineral

Gemas

2.2.1.18. Diamante

O diamante é um dos alótropos do carbono, assim como o mineral grafita e o fulereno. Ele se cristaliza no sistema cúbico (ou isométrico), enquanto a grafita apresenta cristalização no sistema hexagonal e o fulereno em uma rede de 60 átomos. O diamante é formado a mais de 150 quilômetros da superfície da crosta terrestre, onde os átomos de carbono são submetidos a temperaturas e pressões altíssimas, que, sob ação do tempo, modificam sua estrutura, conferindo-lhe o arranjo cristalino simétrico, alta dureza e transparência em todo o espectro visível. Do ponto de vista de aplicação, há dois tipos básicos de diamantes: o industrial, usado por exemplo na indústria eletrônica e em ferramentas de corte especiais e abrasivos, e o diamante gema, empregado no setor joalheiro.

2.2.1.18.1. Reservas de diamante

Segundo consulta realizada junto à Agência Nacional de Mineração (ANM, 2022), as reservas medidas de minério de diamante no Brasil, em 2020, foram de 794.670.734 t, enquanto as reservas indicadas foram de 146.671.160 t e as inferidas de 159.307.387 t, com os respectivos conteúdos de diamante de 41.494.239 ct, 14.223.718 ct e 20.031.699 ct e distribuição no território nacional conforme mostrado na Tabela 1 e no gráfico da Figura 1. A ANM ressalta que as informações sobre reserva são declaratórias, baseadas nos Relatórios Anuais de Lavra (RALs) e podem conter inconsistências.

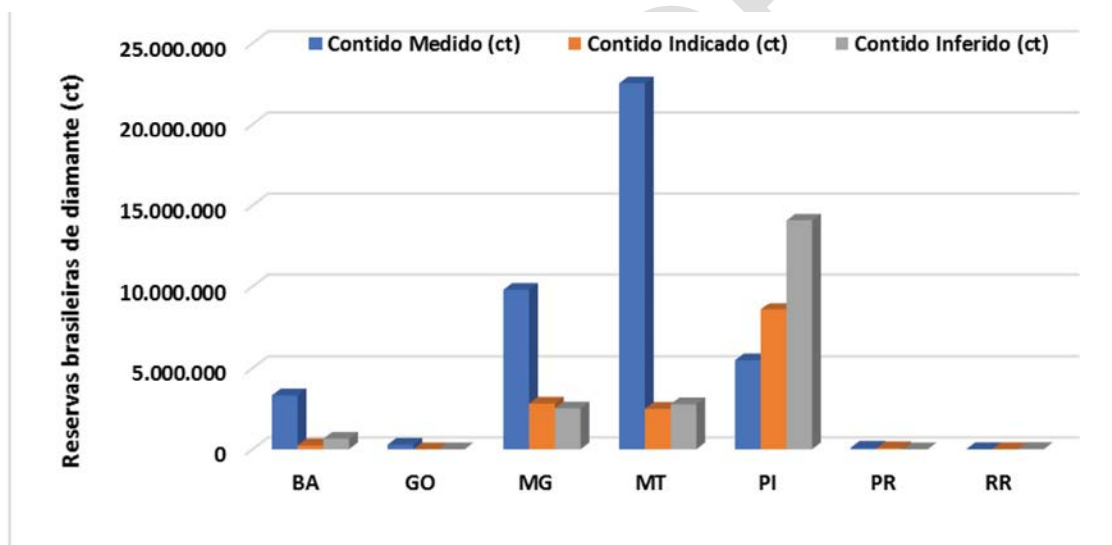
Tabela 1. Reservas brasileiras, por estado, de diamante, até o ano de 2020.

UF	Contido Medido (ct)*	Contido Indicado (ct)*	Contido Inferido (ct)*
BA	3.310.657	236.501	640.906
GO	280.288	20	5
MG	9.795.401	2.810.209	2.516.937
MT	22.524.701	2.495.396	2.777.652
PI	5.480.334	8.606.475	14.071.034
PR	94.890	67.951	0
RR	7.970	7.166	25.164
TOTAL	41.494.239	14.223.718	20.031.699

Fonte: ANM (2022).

Nota: (*) Embora os dados relativos a reservas as considerem como medidas, indicadas e inferidas, é importante ressaltar que, a partir de 2022, as classificações obedecerão ao estabelecido pela “Resolução nº 94, de 7 de fevereiro de 2022, do Ministério de Minas e Energia, Agência Nacional de Mineração”

Figura 1. Reservas brasileiras de diamante, por estado, até o ano de 2020.



Fonte: ANM (2022).

As reservas brasileiras de contidos medidas até 2020 estão concentradas nos estados de Mato Grosso, Minas Gerais, Piauí e Bahia, que juntos respondem por 99,08% do total reportado. Em relação às reservas de contido indicadas e inferidas, os estados de Mato Grosso, Minas Gerais e Piauí, conjuntamente, concentram respectivamente 97,81% e 96,67% do total reportado, com a fração correspondente à Bahia caindo para 7,98% em contido medido e para 1,66% e 3,20% em contido indicado e inferido, respectivamente.

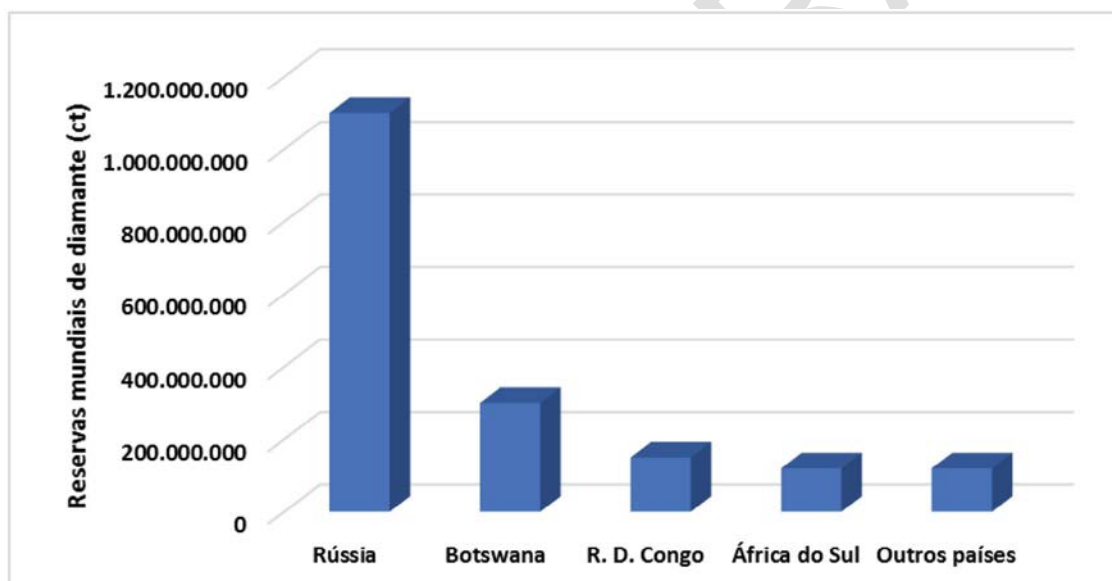
Dados do *Mineral Commodity Summaries* (MCS, 2022) indicam os países com as maiores reservas, conforme sintetizado na Tabela 2 e Figura 2. O Brasil, com suas reservas de contido de 41.494.239 ct medidos, 14.223.718 ct indicados e 20.031.699 ct inferidos, valores que representam de 11,85% a 34,58% do número atribuído à África do Sul, não aparece no ranking.

Tabela 2. Ranking dos principais detentores mundiais das reservas de diamante, no ano de 2021.

Colocação	Países	Reservas (ct _{cont})
1º	Rússia	1.100.000.000
2º	Botswana	300.000.000
3º	República Democrática do Congo	150.000.000
4º	África do Sul	120.000.000
5º	Outros países	120.000.000

Fonte: MCS (2022).

Figura 2. Ranking dos principais detentores mundiais das reservas de diamante, no ano de 2021.



Fonte: MCS (2022).

Segundo o MCS (2022), depósitos de diamantes naturais foram descobertos em mais de 35 países. Chama atenção o dado de que o diamante natural representa cerca de 4% de todos os diamantes industriais usados, enquanto o diamante sintético responde pelo restante (96%). Pelo menos 15 países têm tecnologia para produzir diamante sintético, número significativamente maior do que o de países listados com as maiores reservas (MCS, 2022).

2.2.1.18.2. Produção de diamante

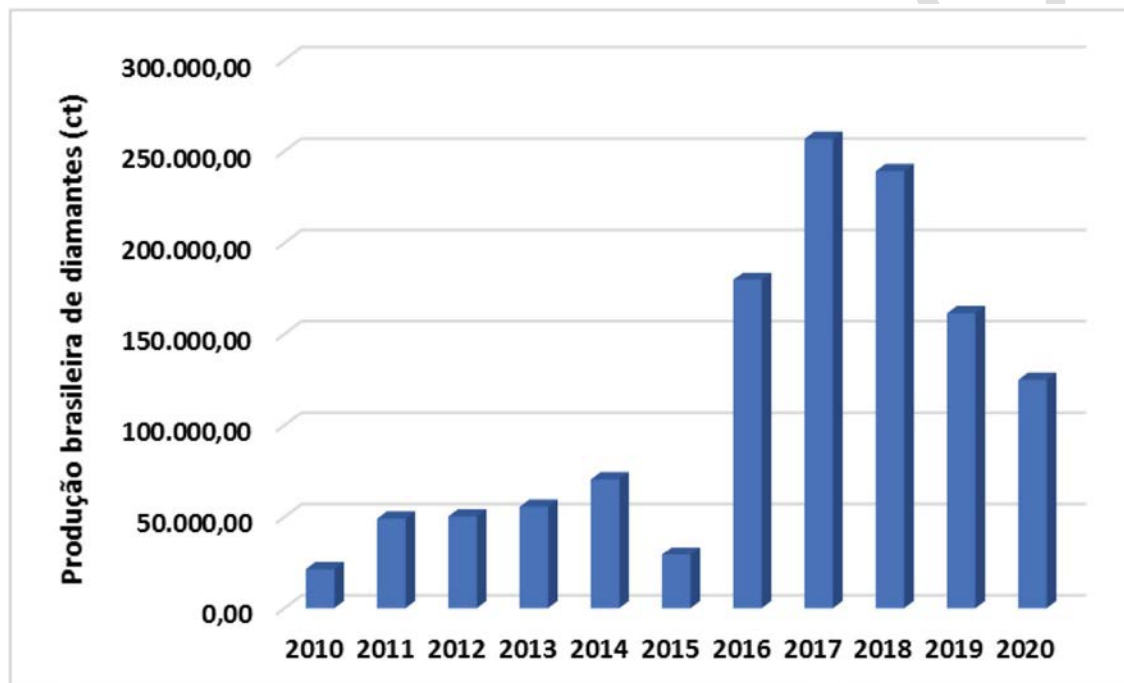
A produção no Brasil de diamante, a cada ano, desde 2010 até 2020, é mostrada na Tabela 3 e no gráfico da Figura 3.

Tabela 3. Produção brasileira de diamante, de 2010 até 2020.

Produção (ct)											
ANO	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
TOTAL	21.277	49.128	50.314	55.527	70.465	29.360	179.671	257.002	239.052	161.323	125.027

Fonte: AMB (2022).

Figura 3. Produção brasileira de diamante, por ano, desde 2010 até o ano de 2020.



Fonte: AMB (2022).

O significativo aumento da produção brasileira, em 2016, foi consequência do início das operações da mina Braúna 3, na Bahia, que colocou o município de Nordestina como o principal produtor brasileiro, respondendo por 64,24% do total. Além disso, a produção dessa mina elevou a participação do segmento empresarial para 85,71%, com apenas 14,29% da produção brasileira sendo provenientes de áreas de permissão de lavra garimpeira (ANM, 2019).

O segundo maior município produtor brasileiro, em 2016, foi Juína, no Mato Grosso, cuja produção caracteriza-se, principalmente, por diamantes industriais

e, em 2016, respondeu por 26,74% da produção nacional. Apesar de não figurar entre os principais produtores em quantidade, os diamantes de Minas Gerais, em especial das regiões de Coromandel e Romaria, possuem, em geral, boa qualidade para gema, atingindo altos valores por quilate (ANM, 2019).

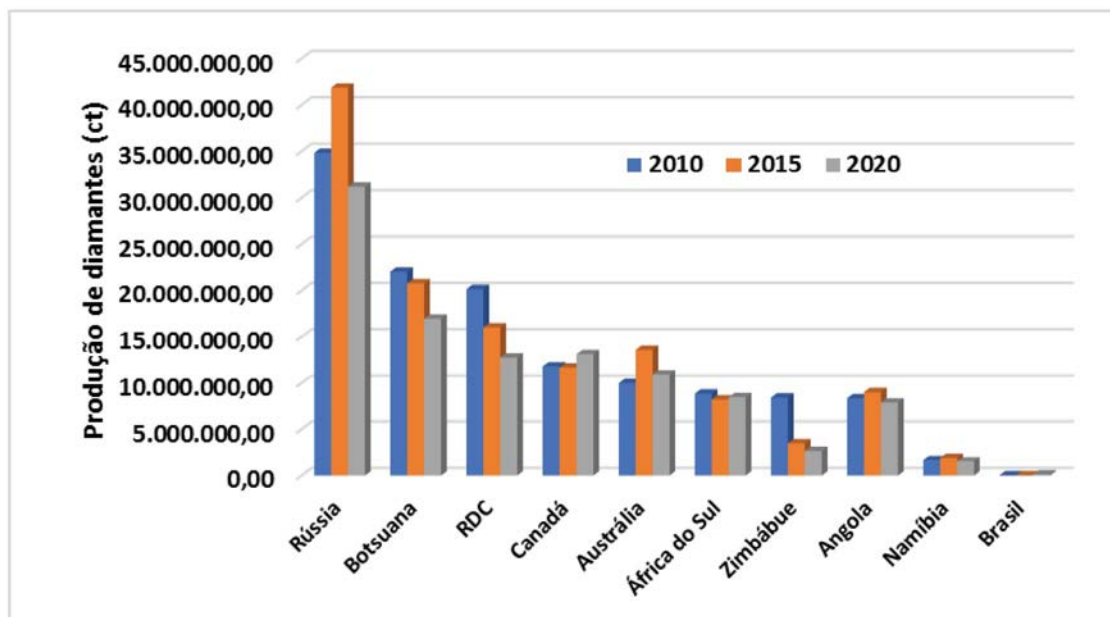
A produção nacional, coloca o Brasil, no ano de 2020, na 14ª posição no ranking mundial de produtores de diamante e a Tabela 4 e a Figura 4 mostra sua evolução no ranking mundial, juntamente com os 20 países com maiores produções no mundo.

Tabela 4. Ranking dos principais produtores mundiais de diamante.

	2010		2015		2020	
Colocação	Países	Produção (ct)	Países	Produção (ct)	Países	Produção (ct)
1º	Rússia	34.856.600	Rússia	41.912.390	Rússia	31.186.551
2º	Botsuana	22.018.000	Botsuana	20.778.642	Botsuana	16.940.705
3º	R.D. Congo	20.166.220	R.D. Congo	16.016.332	Canadá	13.103.546
4º	Canadá	11.804.095	Austrália	13.563.935	RDC	12.743.355
5º	Austrália	9.976.155	Canadá	11.677.472	Austrália	10.945.136
6º	África do Sul	8.862.912	Angola	9.016.343	África do Sul	8.478.398
7º	Zimbábue	8.435.224	África do Sul	8.232.734	Angola	7.909.155
8º	Angola	8.362.139	Zimbábue	3.490.881	Zimbábue	2.670.458
9º	Namíbia	1.692.579	Namíbia	1.936.984	Namíbia	1.549.732
10º	Serra Leoa	437.516	Serra Leoa	500.000	Serra Leoa	641.469
11º	R. Congo	381.242	Lesoto	304.232	Lesoto	481.243
12º	Guiné	374.096	Tanzânia	216.897	Tanzânia	147.299
13º	Gana	333.627	Gana	174.218	Guiné	128.575
14º	R. Centro-Africana	301.558	Guiné	166.881	Brasil	124.548
15º	Lesoto	108.827	Guiana	118.451	Libéria	58.762
16º	Tanzânia	70.802	Libéria	71.482	R. Centro-Africana	55.926
17º	Guiana	46.378	R. Congo	40.057	Gana	26.461
18º	Libéria	26.591	Índia	33.503	Índia	22.045
19º	Brasil	25.394	Brasil	31.826	Guiana	19.825
20º	Índia	18.084	Costa do Marfim	9.249	R. Congo	11.157

Fonte: KIM (2021).

Figura 4 Ranking dos principais produtores mundiais de diamante.



Fonte: KIM (2021).

Ao longo da década de 2010 a 2020, Rússia e Botsuana se mantiveram como os dois maiores produtores de diamante, respondendo por mais de 44% da produção mundial em todos os três anos analisados; chama atenção o fato de a produção da Rússia ter sido largamente superior, sendo 58,31% maior do que a de Botsuana em 2010, 101,71% maior em 2015 e 84,09% maior em 2020. República Democrática do Congo, Canadá e Austrália completaram os *top 5*, responsáveis por mais de 77% da produção mundial, nos três anos analisados. O Brasil, cuja produção cresceu 390,46% ao longo da década, em função dos eventos já discutidos, galgou cinco posições no ranking, de 2015 a 2020, passando da 19^a para a 14^a posição, em cinco anos.

2.2.1.18.3. Consumo de diamante

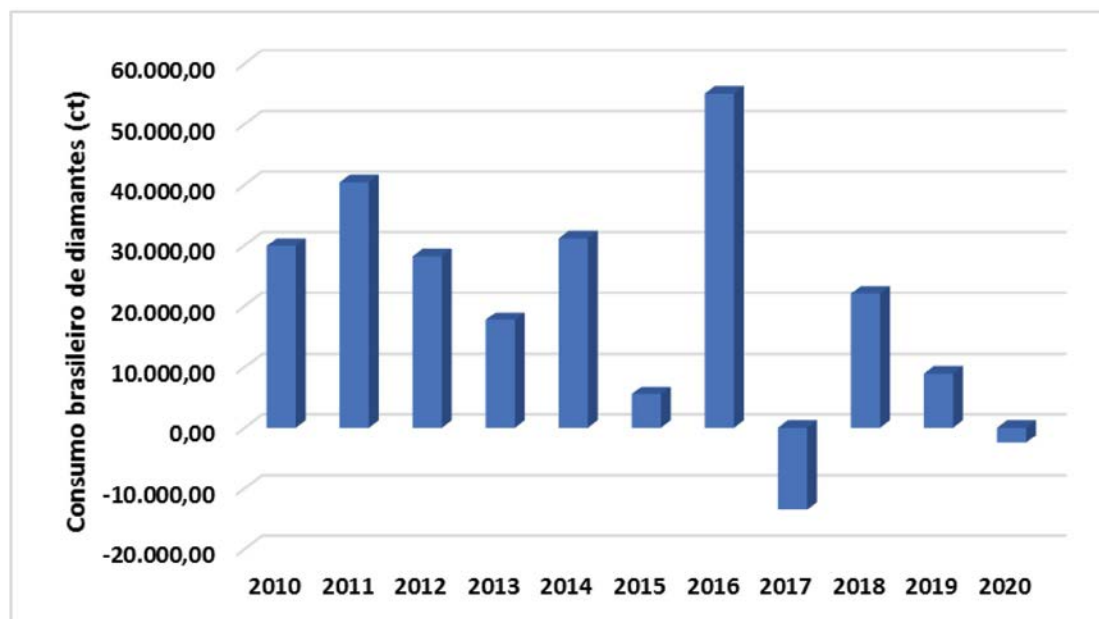
O consumo aparente no Brasil do diamante, a cada ano, desde 2010 até 2020, é mostrado na Tabela 5 e no gráfico da Figura 5. O consumo aparente é calculado somando a produção às importações e deduzindo as exportações, sendo que valores negativos de consumo aparente foram arredondados para zero.

Tabela 5. Consumo brasileiro aparente do diamante, calculado somando a produção às importações e deduzindo as exportações, de 2010 até 2020.

Consumo (ct)											
ANO	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
TOTAL	29.904	40.388	28.196	17.695	31.168	5.559	55.063	-	22.049	8.917	-

Fonte: KIM (2021).

Figura 5. Consumo aparente brasileiro, por ano, do diamante, de 2010 a 2020



Fonte: KIM (2021).

O consumo aparente indica um balanço entre produção e importações, de um lado, e exportações, do outro. De 2010 a 2014, a tendência foi de produção e importações superando significativamente as exportações. Em 2016, ano a partir do qual houve significativo aumento da produção, também. Já em 2017 e 2020, as exportações superaram a soma da produção com as importações, pois a partir de 2016 houve também aumento das exportações. Tais fatos, em 2017 e 2020, naturalmente, indicam, pelo menos, que parte da produção não vem sendo registrada adequadamente, uma vez que as importações e exportações devem contar com rígido controle aduaneiro.

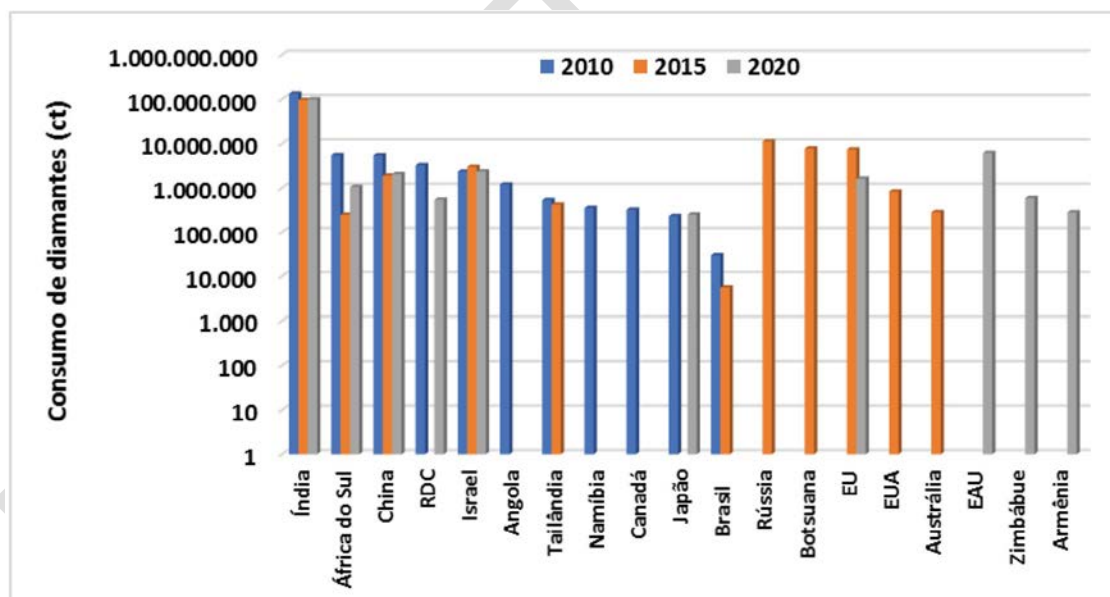
O consumo nacional coloca o Brasil, no ano de 2010, na 22ª posição no ranking mundial de consumidores de diamante e a Tabela 6 e a Figura 6 mostra sua evolução no ranking mundial, juntamente com os 10 países com maiores consumos no mundo.

Tabela 6. Ranking dos principais consumidores mundiais de diamante

	2010		2015		2020	
Colocação	Países	Consumo (ct)	Países	Consumo (ct)	Países	Consumo (ct)
1º	Índia	132.243.953	Índia	95.878.281	Índia	99.282.895
2º	África do Sul	5.503.947	Rússia	11.161.947	EAU	6.126.984
3º	China	5.477.701	Botsuana	7.753.763	Israel	2.311.059
4º	R.D. do Congo	3.202.823	União Europeia	7.372.399	China	2.034.482
5º	Israel	2.299.714	Israel	2.936.232	UE	1.604.441
6º	Angola	1.191.411	China	1.868.305	África do Sul	1.048.760
7º	Tailândia	518.020	EUA	828.927	Zimbábue	575.644
8º	Namíbia	346.857	Tailândia	413.987	RDC	528.916
9º	Canadá	318.252	Austrália	279.322	Armênia	277.642
10º	Japão	228.007	África do Sul	243.678	Japão	248.337
	Brasil (22º)	29.904	Brasil (35º)	5.559	Brasil	Consumo negativo

Fonte: KIM, (2021).

Figura 6. Evolução do mercado mundial de diamantes destacando os dez maiores consumidores em 2010, 2015 e 2020 e o Brasil.



Fonte: KIM, (2021).

Ao longo da década de 2010 a 2020, a Índia se manteve como o país com o maior consumo aparente de diamantes do mundo, com uma quantidade de quilates correspondente a muitas vezes o consumo registrado pelo segundo colocado,

o qual se alternou em 2010, 2015 e 2020. Israel, China e África do Sul são os outros países que integraram o top 10 em todos os três anos analisados. O Brasil, que experimentou aumento significativo da produção e das exportações a partir de 2016, com a balança pendendo mais para as exportações ao final da década, caiu da 22ª posição em 2010 para a 35ª em 2015 e na 47ª posição em 2020.

2.2.1.18.4. Importações de diamante

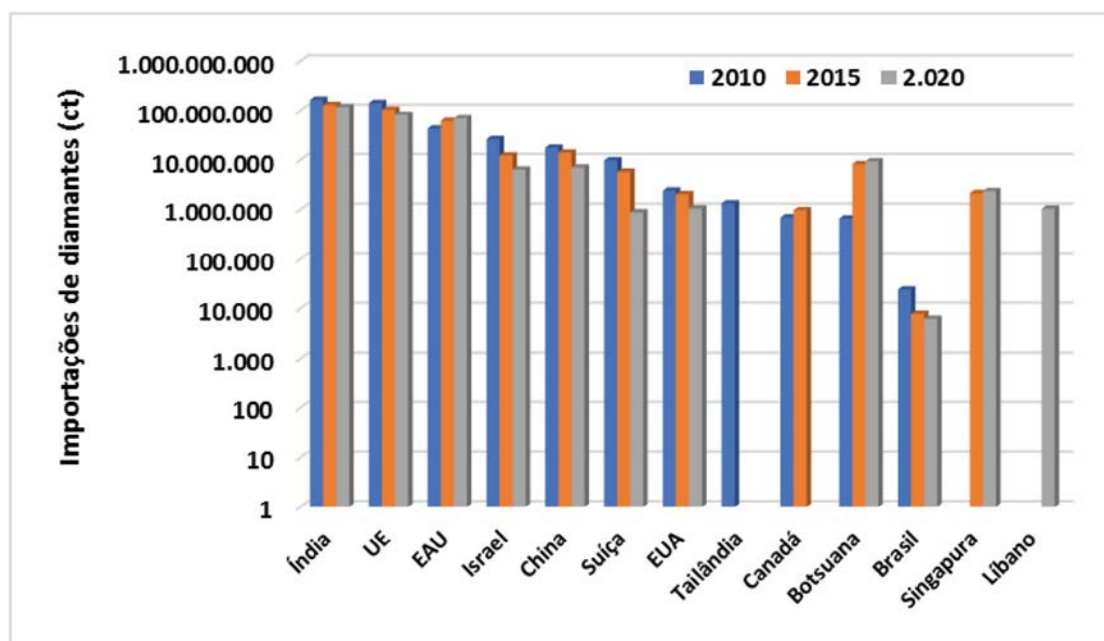
O volume de importações coloca o Brasil, no ano de 2020, na 30ª posição no ranking mundial de importadores de diamante e a Tabela 7 e a Figura 7 mostra sua evolução no ranking mundial, juntamente com os 10 países com maiores importações no mundo.

Tabela 7. Ranking dos principais importadores mundiais de diamante

Colocação	2010		2015		2020	
	Países	Importações (ct)	Países	Importações (ct)	Países	Importações (ct)
1º	Índia	165.219.030	Índia	130.100.336	Índia	117.885.714
2º	Comunidade Europeia	141.740.644	União Europeia	104.127.632	União Europeia	82.818.097
3º	Emirados Árabes Unidos	43.416.971	Emirados Árabes Unidos	61.997.025	Emirados Árabes Unidos	69.586.779
4º	Israel	26.746.359	China	14.013.980	Botsuana	9.416.708
5º	China	18.026.179	Israel	12.282.746	China	7.053.233
6º	Suíça	9.783.234	Botsuana	8.247.685	Israel	6.421.508
7º	EUA	2.384.278	Suíça	5.803.090	Singapura	2.325.273
8º	Tailândia	1.330.459	Singapura	2.131.230	EUA	1.056.026
9º	Canadá	697.996	EUA	2.022.209	Líbano	1.046.267
10º	Botsuana	663.475	Canadá	968.747	Suíça	882.684
	Brasil (26º)	24.547	Brasil (32º)	7.784	Brasil (30º)	6.255

Fonte: KIM (2021).

Figura 7. Evolução do mercado mundial de diamantes destacando os dez maiores importadores em 2010, 2015 e 2020 e o Brasil.



Fonte: KIM (2021).

Ao longo da década de 2010 a 2020, Índia, União Europeia/ Comunidade Europeia e Emirados Árabes Unidos se mantiveram como os três maiores importadores de diamante, respondendo juntos por mais de 84% das importações mundiais em todos os três anos analisados. A China é o outro país que integrou os *top 5*, responsáveis por mais de 93% das importações mundiais, nos três anos analisados. O Brasil, cujas importações decresceram 74,52% ao longo da década, caiu quatro posições no ranking de 2010 a 2020, passando da 26ª para a 30ª posição em dez anos.

2.2.1.18.5. Exportações de diamante

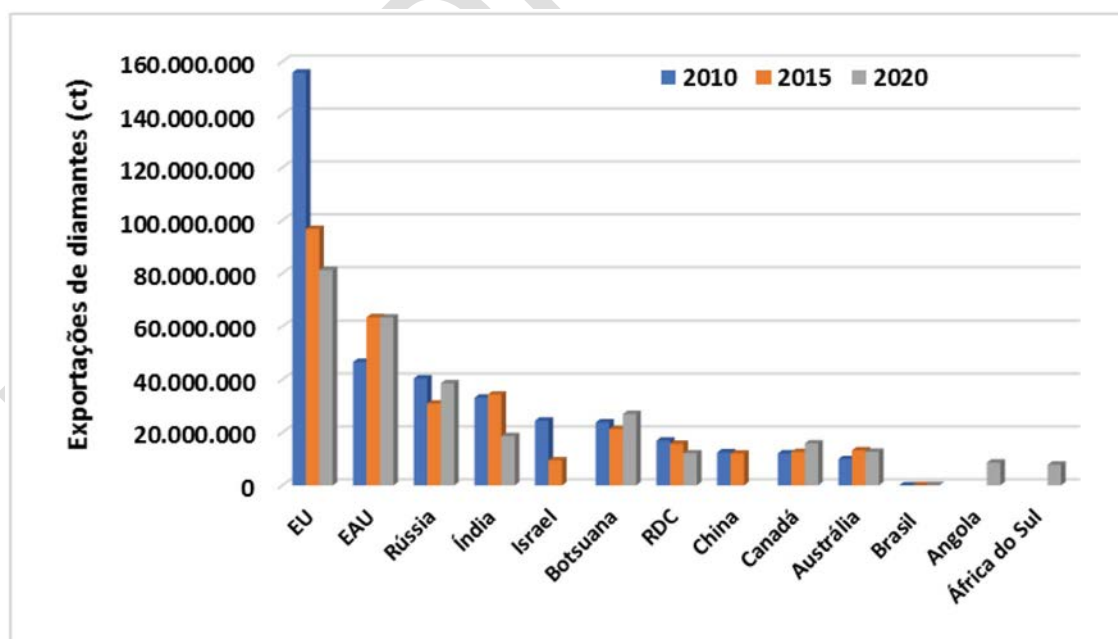
O volume de exportações coloca o Brasil, no ano de 2020, na 25ª posição no ranking mundial de diamante. Na Tabela 8 e na Figura 8 mostram sua evolução, juntamente com os 10 países com maiores exportações no mundo.

Tabela 8. Ranking dos principais exportadores mundiais de diamante

	2010		2015		2020	
Coloca- ção	Países	Exportações (ct)	Países	Exportações (ct)	Países	Exportações (ct)
1º	Comunidade Europeia	155.701.856	Comunidade Europeia	96.755.233	União Europeia	81.213.656
2º	Emirados Árabes Unidos	46.604.843	Emirados Árabes Unidos	63.574.292	Emirados Árabes Unidos	63.459.795
3º	Rússia	40.406.313	Índia	34.255.558	Rússia	38.586.245
4º	Índia	32.993.161	Rússia	30.802.603	Botsuana	26.892.062
5º	Israel	24.446.645	Botsuana	21.272.565	Índia	18.624.863
6º	Botsuana	23.744.706	RDC	15.781.559	Canadá	15.899.621
7º	R. D. Congo	16.963.397	Austrália	13.296.547	Austrália	12.783.029
8º	China	12.565.705	Canadá	12.698.308	R. D. Congo	12.214.439
9º	Canadá	12.183.839	China	12.145.675	Angola	8.533.041
10º	Austrália	9.903.544	Israel	9.346.514	África do Sul	7.712.504
	Brasil (32º)	20.037	Brasil (31º)	34.050	Brasil (25º)	133.259

Fonte: KIM, (2021).

Figura 8. Evolução do mercado mundial de diamantes destacando os dez maiores exportadores em 2010, 2015 e 2020 e o Brasil.



Fonte: KIM, (2021).

Ao longo da década de 2010 a 2020, a União Europeia/ Comunidade Europeia e os Emirados Árabes Unidos se mantiveram como os dois maiores exportadores de diamante, respondendo por mais de 46% das exportações mundiais em todos os três anos analisados. Rússia e Índia são os outros países que integraram os *top 5*, responsáveis por mais de 71% das exportações mundiais, nos três anos analisados. O Brasil, cujas exportações cresceram 565,05% ao longo da década, galgou sete posições no ranking de 2010 a 2020, passando da 32^a para a 25^a posição em dez anos.

Os dados apresentados foram obtidos a partir de consultas às seguintes fontes: ANM, 2022; BCO, 2021; GDI; KIM, 2021; LIP, 2022; SIL, 2018; AMB, 2022, MCS, 2022.

2.2.1.18.6. Porte das Empresas e Geração de Empregos

A empresa produtora de diamante mais relevante no Brasil é a Lipari Mineração, que opera a mina Braúna. A Mina Braúna é a primeira mina de diamantes na América do Sul desenvolvida a partir de um depósito em kimberlito, a rocha primária fonte do diamante. Trata-se de uma operação de mineração a céu aberto que utiliza frota e equipamentos próprios para alimentar uma planta de processamento de 2.000 toneladas de minério kimberlítico por dia, 24 horas por dia, 7 dias por semana, empregando mais de 300 colaboradores diretos e indiretos. A operação a céu aberto está concentrada no depósito de kimberlito Braúna 3, uma das 21 ocorrências de kimberlito atualmente pesquisadas e desenvolvidas pela Lipari Mineração (LIP, 2022).

De acordo com o Sumário Mineral de 2017, o início das operações da mina Braúna 3 foi responsável pelo significativo aumento da produção brasileira, observado em 2016, colocando o município de Nordestina como o principal produtor brasileiro, responsável por 64,24% do total, e elevando a participação do segmento empresarial para 85,71%, com apenas 14,29% da produção brasileira sendo provenientes de áreas de permissão de lavra garimpeira (ANM, 2019).

OBS: A Mina de Braúna é a primeira mina de diamante em fonte primária do Brasil. Ela é um marco para o setor, após 290 anos de produção em ambiente secundário (depósito aluvionar e paleoplacer). A Mina Braúna iniciou sua produção em 2016, com reservas da ordem de 13,5 M/Ton e teor entre 21 e 45,5 cph. A produção estimada de diamante é de 5 milhões de Cts, durante 7 anos, sendo que a mina

a céu-aberto encontra-se nas fases finais de lavra e deverá passar em breve por descomissionamento. No entanto, segundo informações da empresa, operação na mina de Braúna deve ser estendida para lavra subterrânea ao mesmo tempo que a empresa está investindo na pesquisa mineral de detalhe nos 21 alvos de kimberlitos mineralizados na região. Portanto, a expectativa da empresa é que a produção atual se mantenha nos próximos anos, seja com a expansão da operação de lavra subterrânea, ou com a entrada em operação da lavra dos alvos em pesquisa mineral e desenvolvimento (LIP 2022, e COM 2020).

2.2.1.18.7. Porte dos Projetos em Andamento e/ou Previstos

O Projeto Diamante Brasil foi um trabalho de pesquisa sistemático com atuação em âmbito nacional voltado à exploração do diamante. Executado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), o Projeto foi custeado com recursos do Programa de Aceleração do Crescimento 2 (PAC 2) e inserido na Ação Avaliação dos Recursos Minerais do Brasil, Programa Geologia do Brasil, alinhado ao PNM 2030. Foram cobertas áreas inseridas em 20 estados das cinco regiões: Norte (RO, AM, RR, PA, AP e TO), Nordeste (MA, PI, CE, RN, PE e BA), Sudeste (SP e MG), Centro-oeste (MT, GO e MS) e Sul (RS, SC e PR), definidas com base em histórico prévio da presença de diamantes e/ou de corpos kimberlíticos (Silveira, Neto e Cunha, 2018).

Esse projeto teve como principal objetivo gerar e organizar conhecimentos em geologia, mineralogia, geoquímica e geocronologia das intrusões kimberlíticas/lamproíticas e das áreas diamantíferas do Brasil. O resultado da pesquisa mostrou áreas potenciais para prospecção e exploração de diamantes, que estão registradas em produtos disponibilizados e de domínio público no sistema Rigeo da CPRM (Silveira, Neto e Cunha, 2018).

De modo complementar, conforme as mais recentes informações sobre o diamante junto à ANM, a agência aprovou, em 2016, oito relatórios finais de pesquisa para diamante, todos no estado de Minas Gerais, com reserva medida aprovada de cerca de 23.000 quilates. Dentre as reservas aprovadas, destacou-se a de Romaria, em Minas Gerais, correspondente a um projeto em fonte primária. Outros projetos em fonte primária encontravam-se em desenvolvimento nos estados de Minas Gerais (projetos Maravilha e Monte Carmelo), Goiás (projetos Catalão e Veríssimo), Bahia (projeto Alecrim) e Pará (projeto Jaibaras)

(ANM, 2019). Além disso, há outros projetos em desenvolvimento para lavra de diamantes, como por exemplo o projeto Carolina (Rondônia), o projeto Cullier (Mato Grosso) e o projeto Catalão/Five Star (GO).

Em relação aos empregos diretos e indiretos, usando a Lipari Mineração como referência, estima-se que a produção atual de diamantes no Brasil oferece aproximadamente 470 empregos diretos e 1410 empregos indiretos (LIP, 2022 e ANM 2022).

2.2.1.18.8. Projeções para o Brasil até 2050

As projeções estimadas para diamante no Brasil, até 2050, considerando o cenário atual e o cenário de pleno investimento no setor, são apresentados na Tabela 9 e Figuras 9a, 9b e 9c.

Tabela 9. Projeções estimadas para diamante no Brasil, até 2050, considerando o cenário atual e o cenário de pleno investimento no setor

	2022	2026	2030	2034	2038	2042	2046	2050
Reservas Medidas (kct contidos) (1)	41.494	42.648	43.781	44.888	45.971	47.025	48.041	49.009
Produção (kct contidas) (2)	125,0	140,7	159,0	175,7	193,1	212,4	233,5	256,7
Consumo (kct contidas) (2) (3)	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
Importações (kct contidas) (2)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Exportações (kct contidas) (2)	125,0	140,6	158,9	175,5	193,0	212,2	233,3	256,5
Empregos diretos (2) (4)	470	529	595	655	720	791	870	957
Empregos indiretos (2) (4)	1.410	1.587	1.786	1.964	2.159	2.374	2.610	2.870

- (1) Considerando as reservas atualizadas de diamante para 2020, com depleção anual da produção e reposição média de 1% aa das reservas medidas, convertidas a partir de novos projetos de pesquisa mineral.
- (2) Considerando que a produção anual de diamante no Brasil crescerá conforme o cenário transformador até 2050, levando em conta a manutenção da produção anual da LIPARI a partir da nova operação subterrânea e da entrada em operação de novas minas a partir dos 21 kimberlitos mineralizados já identificados na região, e considerando a entrada gradual da operação de novos empreendimentos em fases avançadas de desenvolvimento dentro do cenário de pleno investimento no setor, como por exemplo os projetos Carolina (RO), Cullier (MT) e Fiver Star (GO).
- (3) Considerando que o consumo, assim como a produção, irá crescer conforme o cenário transformador, e com isso, não haverá importações de diamante no país.
- (4) Considerando o aumento de empregos conforme o aumento previsto da produção de acordo com o cenário de pleno investimento no setor.

Figura 9a. Projeções estimadas para as reservas medidas de diamante no Brasil, até 2050, considerando o cenário atual e o cenário de pleno investimento no setor.

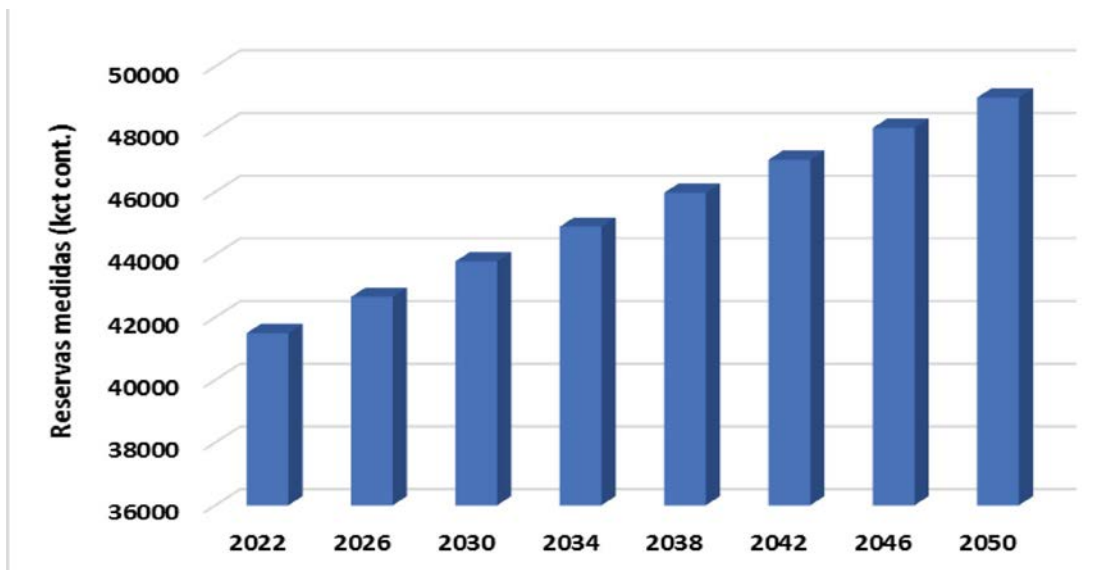


Figura 9b Projeções estimadas para a produção, o consumo, as importações e as exportações de diamante no Brasil, até 2050, considerando o cenário atual e o cenário de pleno investimento no setor.

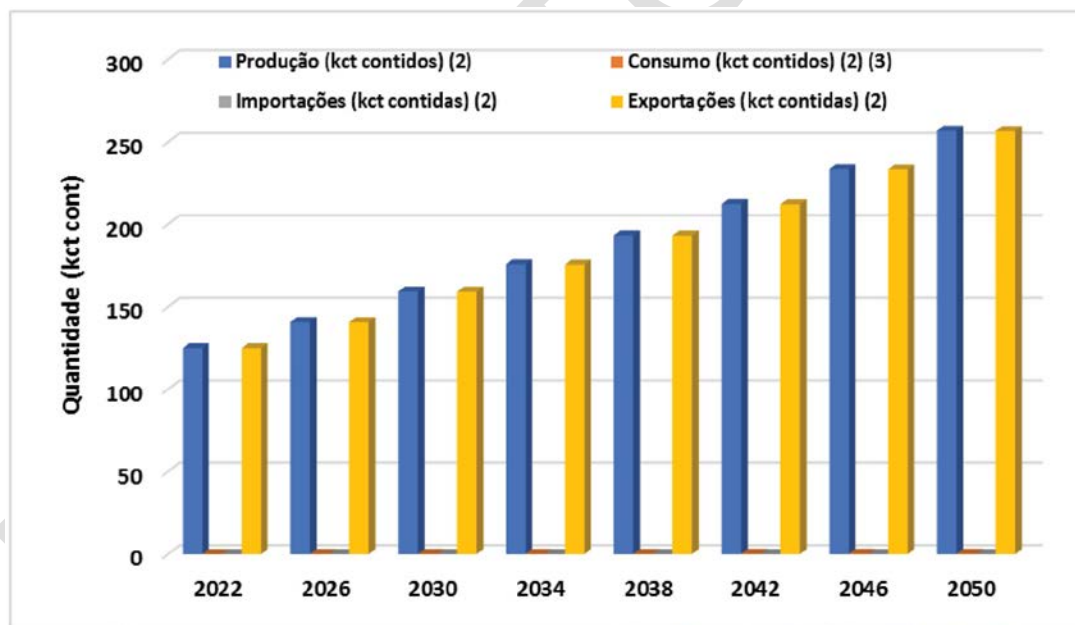
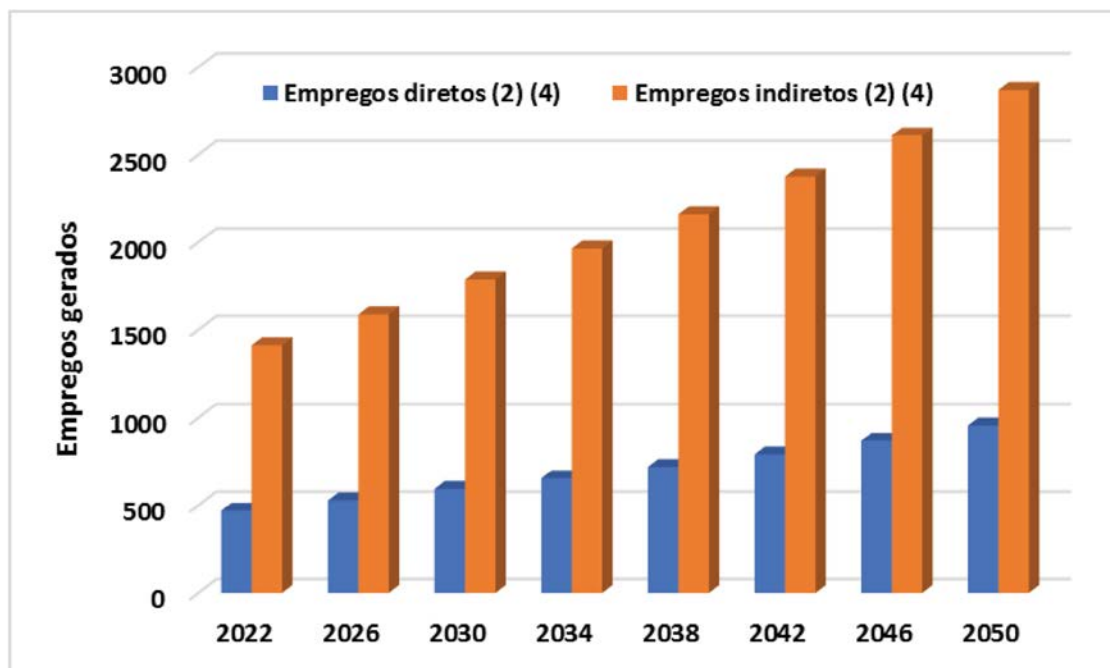


Figura 9c. Projeções estimadas para a geração de empregos diretos e indiretos na mineração de diamante no Brasil, até 2050, considerando o cenário atual e o cenário de pleno investimento no setor.



2.2.1.18.9. Projeções para o mundo até 2050

As projeções estimadas para diamante no mundo, até 2050, considerando o cenário atual e o cenário, são apresentados na Tabela 10 e Figura 10.

Tabela 10. Projeções estimadas para diamante no Mundo, até 2050, considerando o cenário atual e o cenário futuro.

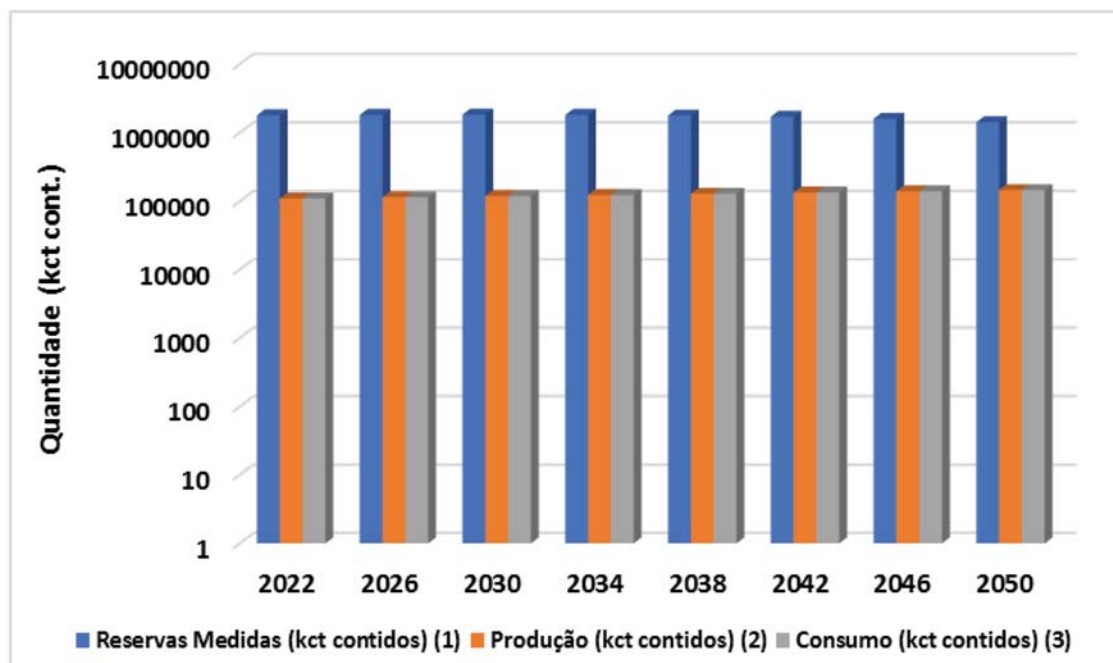
	2022	2026	2030	2034	2038	2042	2046	2050
Reservas Medidas (kct contidos) (1)	1.790.000	1.811.050	1.818.164	1.806.540	1.769.965	1.700.415	1.587.529	1.417.942
Produção (kct contidas) (2)	110.000	114.466	119.114	123.951	128.984	134.221	139.671	145.342
Consumo (kct contidas) (3)	110.000	114.466	119.114	123.951	128.984	134.221	139.671	145.342

Notas:

- (1) Considerando as reservas atualizadas de diamante no mundo em 2020, com depleção anual da produção e reposição média de 6,5% aa das reservas medidas, convertidas a partir de novos projetos para manutenção do nível de reservas internacionais até 2050.
- (2) Considerando as previsões de aumento da demanda do diamante no mundo, de aproximadamente 5,7% ao ano até 2050 (STA, 2022; BCO, 2022). No entanto, a maior parte desse aumento será suprida por diamantes sintéticos. A proporção de crescimento da produção de diamantes naturais foi

- estimada em 18% do crescimento da demanda, resultando na previsão de crescimento da produção de diamantes naturais de 1% ao ano até 2050 no mundo.*
- (3) *Considerando que a produção acompanhará o consumo.*

Figura 10. Projeções estimadas para as reservas medidas, a produção e o consumo de diamante no Mundo, até 2050, considerando o cenário atual e o cenário futuro.



Especificamente para diamantes industriais, a literatura indica que os EUA devem continuar a ser um dos principais mercados mundiais na próxima década, bem como um dos maiores produtores e exportadores de diamantes industriais sintéticos. A demanda dos EUA por diamantes industriais, provavelmente, será forte no setor de construção, à medida que o país continue ampliando e reparando o sistema rodoviário nacional, pois o diamante industrial reveste a ponta das serras usadas para cortar concreto na construção e reparo de rodovias (MCS, 2022).

Lista de Referências:

AMB 2022: Sistema AMBWeb, 2022. Planilha complementar - produção beneficiada. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiZTRkNjI3MWEtMGI3My00ZTgzLWlyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2liwidCI6ImEzMDgzZTlxLTc0OWltNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a>. Acesso em: 11 Abr. 2022.

ANM 2019: Agência Nacional de Mineração, 2019. Sumário Mineral 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/>



serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral -> https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumariomineral_2017 . Acesso em: 11 mar. 2022.

ANM 2022: Agência Nacional de Mineração, 2022. Consulta por e-mail.

BCO 2021: Bain & Company, Inc. & AWDC, 2021. The Global Diamond Industry 2020–21. Disponível em: <https://www.bain.com/insights/global-diamond-industry-2020-21>. Acesso em: 12 Abr. 2022.

KIM 2021: Kimberley Process Rough Diamond Statistics, 2021. Disponível em: https://kimberleyprocessstatistics.org/public_statistics. Acesso em: 11 Abr. 2022.

LIP 2022: Lipari Mineração (2022). Disponível em: <http://lipari.com.br/#quem-somos>. Acesso em: 23 Fev. 2022.

MCS 2022: U.S. Geological Survey. Mineral Commodity Summaries 2022. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2022/mcs2022.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2022.

Silveira, F. V., Neto, I. C., Cunha, L. M., 2018: PROJETO DIAMANTE BRASIL. In 7th Simpósio Brasileiro de Geologia do Diamante, Salvador, BA.

STA 2020: Forecast rough diamond demand worldwide from 2014 to 2050. Statista; em: <https://www.statista.com/statistics/584801/forecast-rough-diamond-demand-worldwide/>. Acesso em: 30 jul. 2022.

PLANO NACIONAL DE MINERAÇÃO 2050
PNM 2050

SINOPSE 44: Gemas Coradas

CADERNO 2: Pesquisa e Produção Mineral

SINOPSE 44: Gemas Coradas	781
2.2. Análise-síntese dos Segmentos da Mineração Brasileira	782
2.2.1. Tipo Mineral	782
2.2.1.44. Gemas coradas	782
2.2.1.44.1. Reservas de gemas coradas	783
2.2.1.44.2. Produção de gemas coradas	785
2.2.1.44.3. Consumo de gemas coradas	786
2.2.1.44.4. Importações de gemas coradas	787
2.2.1.44.5. Exportações de gemas coradas	788
2.2.1.44.6. Porte das empresas e geração de empregos	789
2.2.1.44.7. Porte dos projetos em andamento e/ou previstos e geração de empregos	791
2.2.1.44.8. Projeções para o Brasil até 2050 de gemas coradas	792
2.2.1.44.9. Projeções para o mundo até 2050	794

2.2. Análise-síntese dos Segmentos da Mineração Brasileira

2.2.1. Tipo Mineral

Gemas

Os materiais gemológicos naturais são aqueles inteiramente formados pela natureza, sem interferência do homem. Podem ser de origem inorgânica, como os minerais e as rochas, ou orgânica, de origem animal ou vegetal. Quando as substâncias naturais orgânicas ou inorgânicas, por suas características intrínsecas (cor, brilho, raridade, dureza e outros), são utilizadas principalmente como adorno pessoal, estas são denominadas de gemas naturais.

2.2.1.19. Gemas coradas

A indústria e o comércio de joias reconhecem duas categorias de materiais: materiais naturais e materiais artificiais. De maneira que, são considerados materiais naturais, e tratados como gemas coradas, objeto do presente relatório, os que foram formados completamente pela natureza sem interferência humana e, posteriormente, modificados apenas por meio de corte e polimento (CIBJO, 2007).

Desde o período colonial, a busca por riquezas minerais no Brasil levou a descoberta de diversas ocorrências, que fazem do Brasil um dos maiores produtores e exportadores de minerais-gema do mundo (Enríquez, 2011).

O potencial brasileiro neste setor é crescente, considerando a melhoria nos processos de produção e a qualidade dos produtos, que vêm permitindo ao Brasil concorrer em condições de igualdade com nações de muita tradição no setor de joias, como Itália, Tailândia e Índia. Aliado a isso, o Brasil é um dos principais produtores de pedras preciosas, tanto em termos de quantidade como de variedade, extraídas e beneficiadas, conforme o IBGM (2018).

O Brasil se destaca como o único produtor mundial de topázio imperial, o único produtor de turmalina Paraíba e segundo maior produtor de esmeralda, sendo responsável por cerca de 1/3 da produção mundial de gemas. Algumas gemas produzidas são ametistas, esmeraldas, rubis, turmalinas, ágatas, águas-

marinhas, âmbar, granadas, jades, jaspe, lápis-lazúli, opalas, pérolas, topázios, turmalinas e turquesas (IBGM).

Storti e Mazon (2011) afirmam que grande parte das empresas que comercializam pedras preciosas no mercado internacional, adquirem a gemas na forma de pedra bruta, diretamente dos polos de extração.

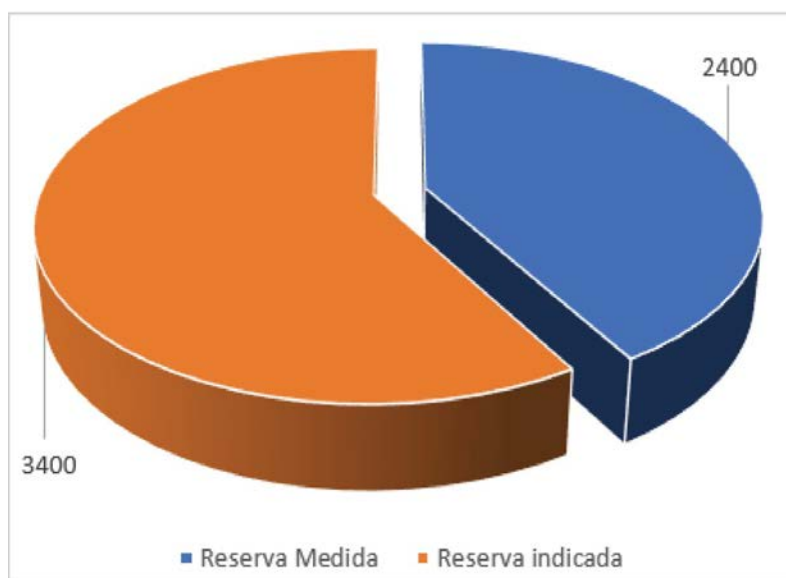
Ainda que beleza e raridade sejam os primeiros fatores que vêm à mente quando se fala em valorar uma gema, eles não são os únicos. Na verdade, o processo de valoração depende de um conjunto de propriedades, os chamados 4Cs, color (cor), clarity (pureza), cut (lapidação) e carat (peso), medido em quilates – sendo que 0,2 gramas equivalem a um quilate (ct).

2.2.1.19.1. Reservas de gemas coradas

O Brasil é marcado por uma grande geodiversidade, com uma produção expressiva de gemas, tanto em variedade quanto em quantidade. No Brasil são extraídos cerca de 100 tipos diferentes de gemas coradas, com a produção realizada por milhares de garimpeiros e também por empresas formais de mineração. A grande diversidade do perfil dos produtores resulta em um controle limitado do governo sobre a produção e o comércio de pedras preciosas (BARRETO&BITTAR, 2010)

A Figura 1 apresenta as reservas medida e indicada de gemas no Brasil, que correspondem a 2,4 mil toneladas e 3,4 mil toneladas, respectivamente. A dificuldade de definir as reservas de gemas no país decorre da elevada informalidade do setor e das características geológicas da grande maioria dos depósitos de gemas. Além disso, não há parâmetros técnicos e científicos que possam, a priori, definir o grau gemológico das gemas em depósitos aluvionares, coluvionares ou mesmo em rocha primária.

Figura 1: Reservas medida e indicada de gemas coradas no Brasil, em 2020.*



Fonte: MME - ANM 2022

**Embora os dados relativos a reservas as considerem como medidas, indicadas e inferidas, é importante ressaltar que, a partir de 2022, as classificações obedecerão ao estabelecido pela “Resolução nº 94, de 7 de fevereiro de 2022, do Ministério de Minas e Energia, Agência Nacional de Mineração”.*

O setor de gemas, joias e metais preciosos é um dos mais complexos do país, principalmente porque existe um elevado grau de informalidade nos segmentos de extração e comercialização de pedras preciosas, o que dificulta o desenvolvimento de estudos e geração de informações referentes ao quantitativo das reservas de gemas. Apesar da complexidade, este é um dos setores tradicionais da economia brasileira e que recebe grande atenção internacional.

O Brasil detém grande patrimônio mineral de gemas, e é um dos maiores produtores e exportadores de minérios do mundo (Enríquez, 2011), sendo, historicamente, considerado um de seus setores básicos e responsável por parte da ocupação territorial. Apesar dos avanços no setor, ainda são evidentes as questões a serem investigadas em toda a cadeia do segmento – da exploração mineral, passando pela extração mineral até a comercialização dos produtos, tais como inovação, tecnologia, informalidade, políticas públicas, reduzida agregação de valor, bem como as estratégias de governança dos atores com vistas à maior projeção e competitividade do segmento.

É notório que o setor de gemas, carece de maiores iniciativas, tanto dos agentes particulares, quanto dos públicos, tendo, portanto, espaços promissores de mercado para as pequenas, médias e grandes empresas, além de iniciativas individuais. A verticalização do setor de gemas é entendida como essencial; sua

necessidade e urgência estão amplamente justificadas, pois, a verticalização repercute em várias possibilidades de negócios, auxilia na formalização do setor, geração de informações mais assertivas, a promoção e o crescimento das iniciativas individuais e coletivas do empreendedorismo empresarial e acelera o desenvolvimento socioeconômico. (Barbosa, Sobrinho, 2019).

2.2.1.19.2. Produção de gemas coradas

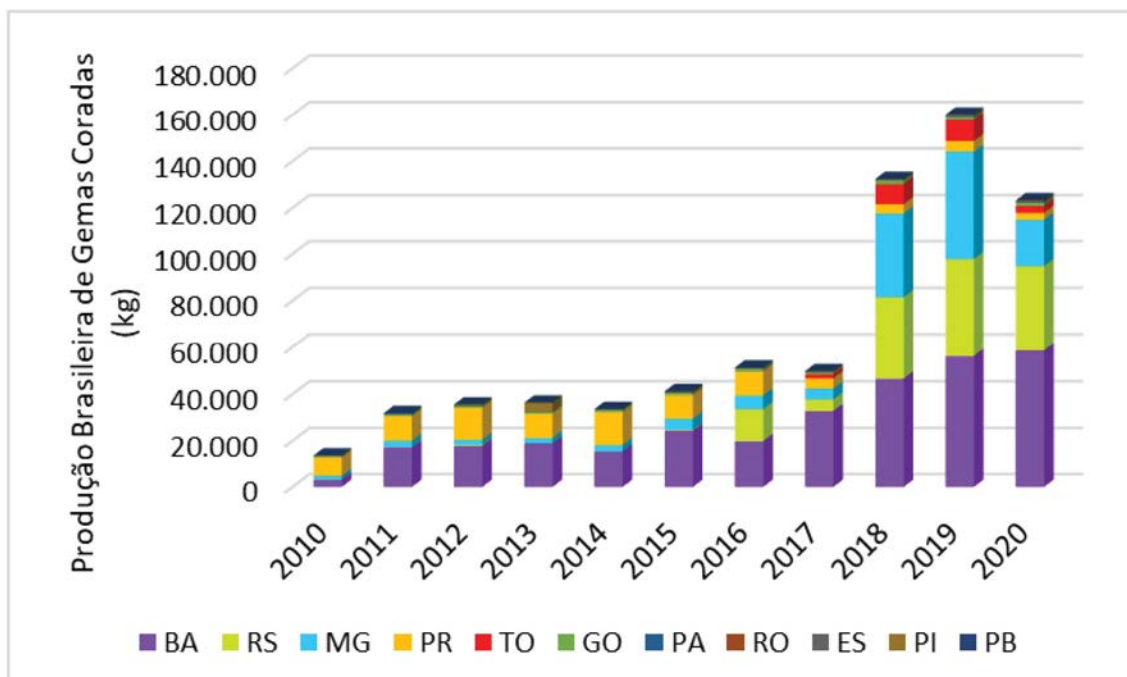
A maior parcela da produção de gemas no Brasil é realizada em garimpos ou por pequenas empresas e cooperativas de mineração. A produção no Brasil de gemas coradas, a cada ano, desde 2010 até 2020, é apresentada na Tabela 1 e na Figura 2, por estado da federação, com os totais consolidados para o país.

Tabela 1. Produção brasileira de gemas coradas em kg, de 2010 a 2020.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
BA	3.065,1	16.998,0	17.734,0	18.710,0	15.378,0	24.185,0	19.804,0	32.669,0	46.514,0	56.031,0	58.418,0
RS	176,6	212,9	552,0	132,0	120,2	467,1	13.721,1	5.057,0	34.921,4	41.792,8	36.331,0
MG	1.460,2	2.714,3	2.079,3	2.243,5	2.604,8	4.714,2	5.782,5	4.545,7	36.030,2	46.175,2	20.090,1
PR	8.170,6	10.652,1	13.759,5	10.518,3	14.188,0	10.083,8	10.310,4	4.512,4	4.142,0	4.628,1	3.064,8
TO	112,7	-	-	-	-	29,7	95,5	1.639,2	8.427,4	8.983,3	2.912,2
GO	509,3	601,4	693,5	785,6	877,7	969,8	1.061,9	873,9	1.693,8	1.282,8	1.317,9
PA	226,0	599,0	316,0	203,0	243,0	373,0	473,9	210,1	284,3	527,0	562,3
RO	5,5	61,0	13,2	66,4	69,6	389,2	98,4	242,1	277,5	312,9	348,3
ES	5,0	4,0	34,7	5,6	85,5	8,5	20,2	99,1	71,2	79,4	87,7
PI	18,5	14,5	387,2	3.652,0	7,9	5,5	3,0	10,3	35,2	291,2	78,8
PB	-	-	-	-	32,0	28,6	25,3	22,0	18,7	15,1	12,0
BRA-SIL	13.749,4	31.857,2	35.569,3	36.316,5	33.606,7	41.254,3	51.396,2	49.880,8	132.415,6	160.118,7	123.223,2

Fonte: ANM 2022

Figura 2. Produção brasileira de gemas coradas, de 2010 a 2020.



Fonte: ANM 2022

A produção de gemas coradas no Brasil na última década está concentrada nos estados da Bahia, Rio Grande do Sul e Minas Gerais, que juntos respondem por mais de 90% da produção no período.

Considerando o volume exportado, os maiores produtores mundiais são Moçambique, Brasil, Madagascar e Uruguai. O Brasil se destaca nesse segmento como um importante player, em quantidade, diversidade e qualidade de gemas de maior valor (IBGM 2019).

2.2.1.19.3. Consumo de gemas coradas

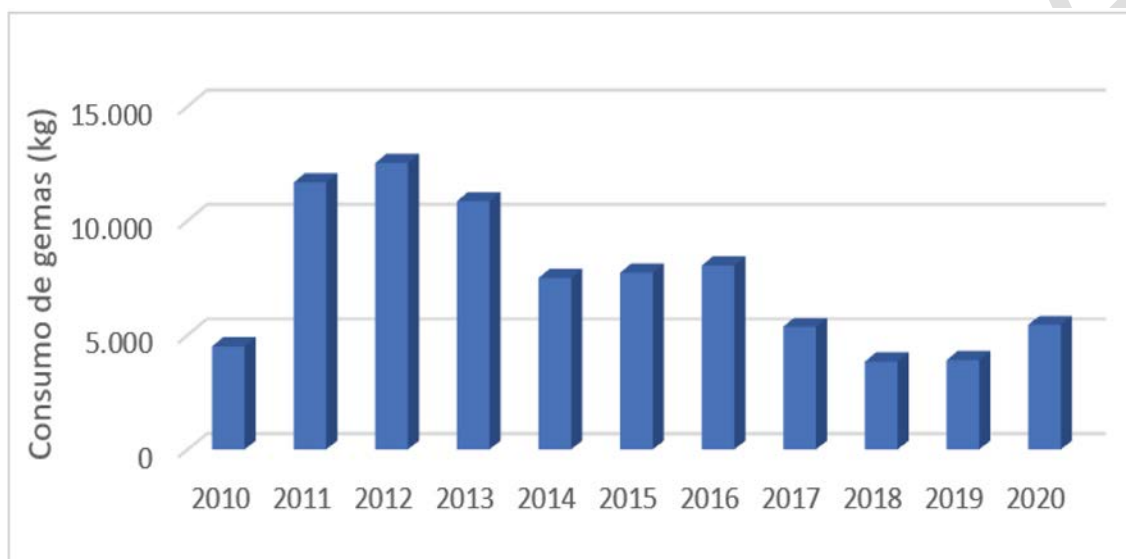
O consumo no Brasil de gemas coradas, de 2010 a 2020, é mostrado na Tabela 2 e na Figura 3. O consumo de gemas demonstra que além de um grande produtor o Brasil se coloca como um grande consumidor de gemas coradas.

Tabela 2. Consumo brasileiro de gemas coradas em kg, de 2010 a 2020.

Consumo de gemas coradas (kg)											
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
BRASIL	4.509	11.683	12.525	10.845	7.494	7.721	8.034	5.362	3.851	3.914	5.445

Fonte: AMB 2022

Figura 3. Consumo brasileiro de gemas coradas, em kg, de 2010 a 2020.



Fonte: AMB 2022

O consumo aparente foi calculado com base na produção anual (P) e nos volumes de exportação (E) e de importação (I) no respectivo ano. O cálculo do consumo aparente (CA) é: $CA(ano) = P(ano) + I(ano) - E(ano)$. Não são considerados os estoques.

2.2.1.19.4. Importações de gemas coradas

Em 2020, o Brasil se colocou na 4ª posição no ranking mundial de importadores de gemas coradas. A Tabela 3 mostra a evolução do ranking mundial, juntamente com os 5 países maiores importadores.

Tabela 3. Ranking dos principais importadores mundiais de gemas coradas.

Colocação	Importações	Colocação	Importações	Colocação	Importações
País 2010	(kg)	País 2015	(kg)	País 2020	(kg)
Hong Kong	1.579.759	Brasil	1.222.344	Tailândia	102.045.644
Alemanha	1.278.623	Alemanha	1.096.960	China	72.420.127
Brasil	1.187.902	África do Sul	880.416	Índia	1.965.962
Itália	1.054.543	França	571.310	Brasil	1.709.237
Austrália	793.407	Filipinas	529.020	África do Sul	1.162.185

Fonte: (UN 2022)

As informações oficiais sobre o volume das importações de gemas coradas apresentaram divergências e imprecisões, que afetam a análise dos dados. Assim, as informações obtidas em relação ao volume devem ser analisadas juntamente com os valores das operações, permitindo, assim, uma visão mais realista. Em 2010, a importação de gemas coradas brutas e lapidadas, é liderada pelos Estados Unidos (US\$ 832 milhões), seguido por Hong Kong (US\$ 465 milhões), China (US\$ 443 milhões), Suíça (US\$ 403 milhões) e Tailândia (US\$ 273 milhões). Os 5 países concentram 65% das importações em termos de valores de operação. Em 2015, a China liderou as importações (US\$ 4.031 milhões), seguido pelos Estados Unidos (US\$ 1.815 milhões), Índia (US\$ 1.591 milhões), Hong Kong (US\$ 1.262 milhões) e Suíça (US\$ 873 milhões), respondendo por 81% das importações globais. No ano de 2020, os maiores importadores responderam por 69% das importações, com Hong Kong (US\$ 1.076 milhões), Estados Unidos (US\$ 885 milhões), Índia (US\$ 493 milhões) e Suíça (US\$ 454 milhões), (U21 2022).

2.2.1.19.5. Exportações de gemas coradas

Em 2020, o Brasil se colocou na 3ª posição no ranking mundial de exportadores de gemas coradas. A Tabela 4 mostra a evolução no ranking, juntamente com os 5 países com maiores exportações.

Tabela 4. Ranking dos principais exportadores mundiais de gemas coradas.

Colocação	Exportações	Colocação	Exportações	Colocação	Exportações
País 2010	(kg)	País 2015	(kg)	País 2020	(kg)
Brasil	20.685.285	Madagascar	17.037.949	Moçambique	67.867.748
Uruguai	17.310.686	Brasil	16.638.982	África do Sul	15.627.526
Madagascar	10.785.604	Uruguai	15.720.176	Brasil	11.089.504
África do Sul	6.591.217	África do Sul	7.970.732	Madagascar	8.396.740
Zâmbia	2.998.926	Coreia do Sul	3.013.412	Uruguai	8.042.469

Fonte: (UN 2022)

Considerando o volume exportado em toneladas, com exceção dos diamantes, rubis e esmeraldas, no ano de 2020, o Brasil se posiciona em 2º lugar no ranking dos maiores exportadores de pedras coradas. A tradição do Brasil nesse segmento o torna um importante player, sendo referência de diversidade, qualidade no atendimento e lapidação de pedras de maior valor.

Em relação às exportações de gemas coradas, considerando gemas brutas e lapidadas, o valor das operações apresentou a seguinte configuração, em 2010: Mianmar (US\$ 1.721 milhões), Hong Kong (US\$ 691 milhões), Estados Unidos (US\$ 666 milhões), Tailândia (US\$ 473 milhões) e Suíça (US\$ 366 milhões), representando 71% das transações globais. Em 2015, os principais exportadores, levando-se em conta os valores das operações, foram: Hong Kong (US\$ 2.063 milhões), Estados Unidos (US\$ 1.609 milhões), Tailândia (US\$ 1.041 M), Suíça (US\$ 797 milhões) e Mianmar (US\$ 602 milhões), compreendendo 65% do mercado no ano. Por fim, no ano de 2020 as exportações ficaram concentradas nos 5 países, representando 73% das operações internacionais. O protagonismo das exportações naquele ano ficou a cargo de Hong Kong (US\$ 1.165 M), seguido pelos Estados Unidos (US\$ 1.091 milhões), Tailândia (US\$ 549 milhões), Suíça (US\$ 515 milhões) e Índia (US\$ 251 milhões) (U21 2022).

2.2.1.19.6. Porte das empresas e geração de empregos

A Tabela 5, mostra um panorama das empresas produtoras de gemas coradas no Brasil, no ano de 2020, conforme seu porte em termos de produção, e listando ainda os estados da federação onde estão instaladas suas operações e os números de empregos diretos e indiretos gerados.

Tabela 5: Panorama de empresas formais produtoras de gemas coradas no Brasil, por porte de produção, no ano de 2020.

Projetos de Pequeno Porte de Produção (<100ta e > 10ta)				
Empresa	Produção*	Estado	Empregos diretos*	Empregos indiretos*
BELMONT MINERAÇÃO LTDA	38,06	MG	70	210
HL GEMAS E MINERAIS INDUSTRIA E COMERCIO LTDA	19,86	RS	37	110
BORTOLUZZI COMERCIO E EXPORTACAO DE PEDRAS PRECIOSAS LTDA	15,69	RS	29	87
MV LODI PEDRAS PRECIOSAS BRASIL LTDA.	14,19	RS	26	78
COOPERATIVA MINERAL DA BAHIA CMB	13,52	BA	25	75
Total	101,34	Brasil	186	559
Projetos de Micro Porte de Produção (< 10ta)				
Empresa	Produção*	Estado	Empregos diretos*	Empregos indiretos*
PEDRA AZUL MINERADORA LTDA	7,68	RN	14	42
MINERAÇÃO RODOLITA LTDA	6,67	TO	12	37
H & R EXPORTACAO E IMPORTACAO DE MINERIOS LTDA	6,51	RN	12	36
LEGEPE MINERAÇÃO LTDA	6,17	RS	11	34
DIJHAL GEMAS - INDUSTRIA, COMERCIO E EXPORTACAO LTDA - EPP	3,33	RS	10	30
MINERAÇÃO CANAA INDUSTRIA E COMERCIO EIRELI	3,17	MG	10	30
Outras empresas de baixo porte	32,05		59	177
Total	65,61	Brasil	129	386
Total dos Projetos por Porte de Produção				
Empresa	Produção*	Estado	Empregos diretos*	Empregos indiretos*
Pequeno	101,34	-	186	559
Micro	65,61	-	129	386
Total	166,95	Brasil	315	945

Fonte: (ANM/CEFEM)

*Estimados, conforme a quantidade comercializada em relação ao valor pago do CFEM, conforme verificado no Observatório do CFEM. As empresas foram identificadas através do CNPJ e, a produção considerada, equivalente à quantidade comercializada em toneladas.

A Tabela 6 e a Figura 4 apresentam informações de geração de empregos na lapidação e extração de gemas, considerando todo o setor e não somente as empresas acima listadas, de 2010 a 2020.

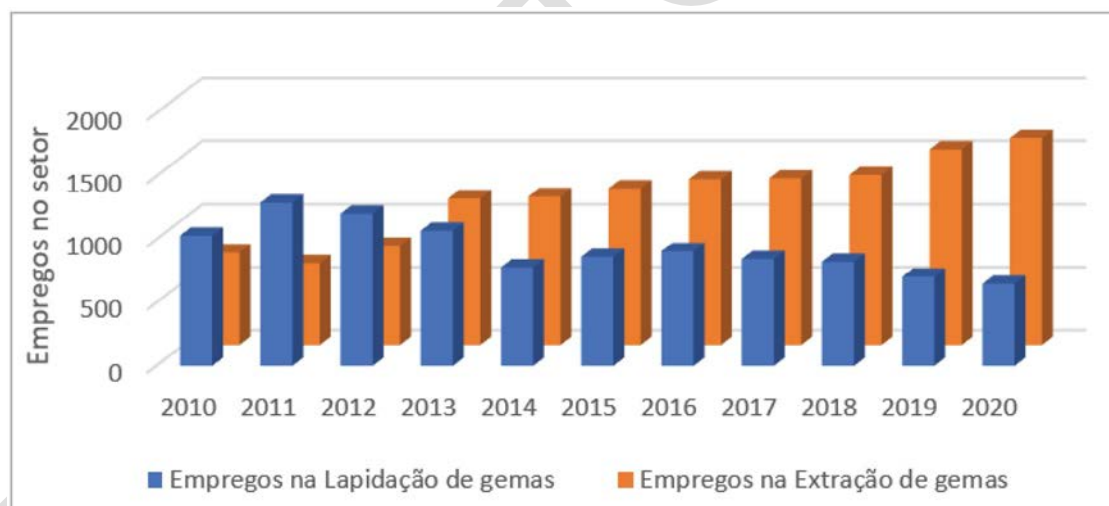
Tabela 6: Geração de empregos na extração e lapidação de gemas.

ATIVIDADE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	*2020
Empregos na extração de gemas	733	648	786	1.162	1.177	1.240	1.313	1.320	1.347	1.548	1.641
Empregos na lapidação de gemas	1.032	1.293	1.207	1.071	780	864	909	847	825	706	651
Empregos na fabricação de artefatos	10.008	10.154	9.718	9.999	10.214	11.056	12.010	12.414	11.405	10.588	10.523

Fonte: IBGM 2020

As estimativas de geração de empregos, embora muito imprecisas, apontam para algo entre 300 e 500 mil trabalhadores no setor de gemas coradas (IBGM, 2019). Ainda segundo o IBGM, há de se desconsiderar a informalidade, especialmente na mineração e extração de minerais de alto valor unitário como as gemas, que engloba um contingente de mão de obra distribuída pelos 5.584 municípios brasileiros e que não aparece nas estatísticas oficiais.

Figura 4: Geração de empregos na extração e lapidação de gemas.



Fonte: IBGM 2020

2.2.1.19.7. Porte dos projetos em andamento e/ou previstos e geração de empregos

A Tabela 7 apresenta, segundo a base de dados ANM 2022, os 13 requerimentos de lavra para gemas, que indicam possíveis projetos no futuro. Observe-se

que não há dados oficiais divulgados de tais possíveis projetos, com relação a produção ou geração de empregos.

Tabela 7: Projetos futuros – Empresas com requerimentos de lavra visando a produção de gemas no Brasil.

Projetos futuros: requerimentos de lavra para gemas		
MG	Antônio Dias	Mineração Itaitinga Ltda
MG	Santa Maria De Itabira	Mineração Itaitinga Ltda
MG	Santa Maria De Itabira	Aquamarine Stone Mineração Ltda
MG	Ninheira	Clayde de Freitas Guimarães Almeida
MG	Virgolândia	Currais Brasil Premoldados Ltda
MG	Coronel Murta	Halba Comercio E Industria De Pedras Preciosas
MG	Divino Das Laranjeiras	Mineração Leste Ltda
MG	Governador Valadares	Mineração Minas Gerais Ltda
MG	Andrelândia	Mineração Monte Carmelo Ltda
MG	Ouro Preto	Mineração Serra Do Itatiaia Ltda
MG	Itabira	Ruby Red Do Brasil Mineração Comercio & Industria
MG	Novo Cruzeiro	Novo Cruzeiro

Fonte: ANM 2022.

De acordo com dados do IBRAM, no período de 2020 a 2025 empresas do setor mineral de gemas coradas deverão investir, em projetos cerca de 41,3 milhões de reais, sendo que cerca de 19,4 milhões estão em execução e 21,9 milhões programados.

2.2.1.19.8. Projeções para o Brasil até 2050 de gemas coradas

As projeções para o Brasil, até 2050, são apresentados na Tabela 8 e na Figura 5.

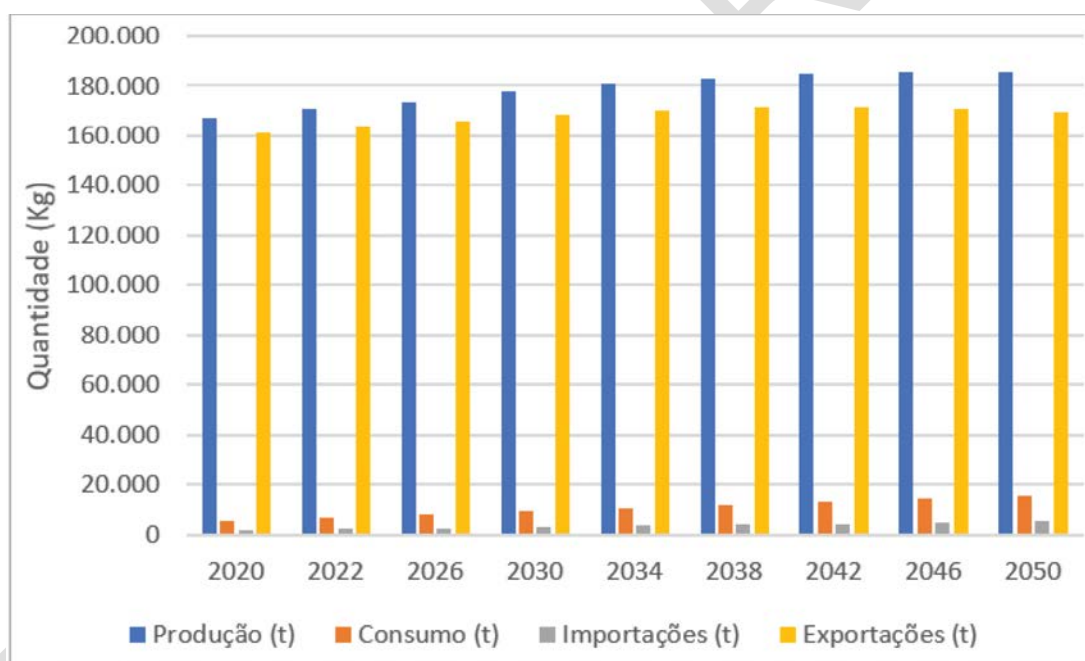
Tabela 8. Projeções de gemas coradas para o Brasil, até 2050, em kg

	2020	2022	2026	2030	2034	2038	2042	2046	2050
Reservas Medidas ¹	2.400.000	2.233.043	2.062.270	1.888.714	1.711.263	1.530.631	1.347.694	1.163.167	977.924
Produção ²	166.957	170.773	173.556	177.451	180.632	182.937	184.527	185.243	185.322
Consumo ³	5.445	6.794	7.982	9.278	10.547	11.815	13.084	14.353	15.621
Importações ⁴	1.709	2.196	2.683	3.170	3.657	4.144	4.631	5.118	5.605
Exportações ⁵	161.512	163.979	165.574	168.173	170.085	171.122	171.443	170.890	169.701

¹ Considerando as reservas das empresas já em operação, juntamente com as dos projetos já divulgados, para evidenciar a necessidade de exploração de novos depósitos.

² Considerando manutenção do consumo atual, com aumento de 0,2% ao ano, para atender ao mercado e o aumento da população urbana.

Figura 5. Estimativas das projeções de gemas coradas para o Brasil, de 2020 a 2050.



Segundo o Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos (IBGM), o Brasil é um importante exportador de gemas coradas, e vem ao longo do tempo, se especializando na produção de itens de maior valor agregado, em busca de aumentar sua participação no setor e alcançar mercados de jóias de alta qualidade.

2.2.1.19.9. Projeções para o mundo até 2050

Segundo USGS 2022 não existem dados de reservas e produção mundial disponíveis para gemas coradas, com isso, não é possível fazer uma estimativa assertiva para as projeções mundiais até 2050.

Lista de referências:

AMB 2022: Anuário Mineral Brasileiro em: https://app.anm.gov.br/DadosAbertos/AMB/Producao_Bruta.csv

ANM 2022: Dados Abertos Arrecadação CFEM em: <https://app.anm.gov.br/DadosAbertos/ARRECADACAO/>

Barbosa, V.B.; Sobrinho, M. V. Governança e desenvolvimento territorial: a cadeia produtiva de gemas no estado do Pará. X Colóquio Organizações, Desenvolvimento e Sustentabilidade – CODS 2019. Belém/PA, 2019

Barreto, S.B.; Bittar, S.M.B. The gemstone deposits of Brazil: occurrences, production and economic impact. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana Volume 62, núm. 1, 2010

Enríquez, M.A. A mineração as grandes minas e as dimensões da sustentabilidade. In: F.R.C. FERNANDES; M.A. ENRÍQUEZ; R.C.J. ALAMINO, Recursos minerais e sustentabilidade territorial. Rio de Janeiro, CETEM/MCDI, p. 1-17. 2011.

IBGM - Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos – O Setor em Grandes Números: Gemas, Joias e Metais Preciosos. Brasília, 2019. Disponível em <https://ibgm.com.br/publicacao>

IBGM - Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos – O Setor em Grandes Números: Gemas, Joias e Metais Preciosos. Brasília, 2021. Disponível em <https://ibgm.com.br>

IBRAM – Informações sobre a economia mineral brasileira – Ano base 2019 Instituto Brasileiro de Mineração; organizador, Instituto Brasileiro de Mineração. 1.ed. - Brasília, 2020.

MCS 2012: MINERAL COMMODITY SUMMARIES 2012, USGS em <https://s3-us-west-2.amazonaws.com/prd-wret/assets/palladium/production/mineral-pubs/mcs/mcs2012.pdf>



MCS 2017: MINERAL COMMODITY SUMMARIES 2017, USGS em <https://s3-us-west-2.amazonaws.com/prd-wret/assets/palladium/production/mineral-pubs/mcs/mcsapp2017.pdf>

MCS 2021: MINERAL COMMODITY SUMMARIES 2021, USGS em <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2021/mcs2021.pdf>

MCS 2022: MINERAL COMMODITY SUMMARIES 2022, USGS em <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2022/mcs2022.pdf>

Storti, A. T., Mazon, F. S - Estudo sobre o setor de pedras em Soledade (RS) sob a ótica das teorias dos distritos industriais - Perspectiva Econômica, 7(1):27-41, - doi: 10.4013/pe.2011.71.03 – Unisinos, 2011.

UN Comtrade Database – Department of economic and social affairs – Statistics Division, Trade Estatistics 2022 - <https://comtrade.un.org/data/>

USGS Mineral Commodity Summaries – Gemstones - 2022

U37 2022: United Nations Department of Economic and Social Affairs | Comtrade Database. SH (6): 2530.10

U38 2022: United Nations Department of Economic and Social Affairs | Comtrade Database. SH (6): 2530.10



PLANO NACIONAL DE MINERAÇÃO 2050
PNM 2050

SINOPSE 45. Pedras Ornamentais

SINOPSE 45. Pedras Ornamentais	796
2.2. Análise-síntese dos Segmentos da Mineração Brasileira	797
2.2.1. Tipo Mineral	797
2.2.1.45. Pedras ornamentais	797
2.2.1.45.1. Reservas de pedras ornamentais.....	797
2.2.1.45.2. Produção de pedras ornamentais	798
2.2.1.45.3. Consumo de pedras ornamentais	800
2.2.1.45.4. Importações de pedras ornamentais	801
2.2.1.45.5. Exportações de pedras ornamentais	802
2.2.1.45.6. Porte das Empresas e Geração de Empregos	804
2.2.1.45.7. Porte dos Projetos em Andamento e/ou Previstos	805
2.2.1.45.8. Projeções para o Brasil até 2050.....	805
2.2.1.45.9. Projeções mundiais até 2050.....	807

2.2. Análise-síntese dos Segmentos da Mineração Brasileira

2.2.1. Tipo Mineral

Gemas

2.2.1.20. Pedras ornamentais

As pedras ornamentais, especificamente geodos de ametista, ágatas, calcedônias e assemelhados, são encontrados no Brasil principalmente na região do Alto e Médio Uruguai, no Rio Grande do Sul. São lavrados exclusivamente por cooperativas de mineração e a quase totalidade da produção (95%) é exportada, em forma bruta, com uma pequena parte beneficiada. O beneficiamento inclui o corte dos geodos e o “martelamento” dos cristais de ametista (extração). Os processos mais sofisticados de beneficiamento e acabamento são realizados no exterior. Da produção que é comercializada no mercado interno, 50% são utilizados em forma bruta na construção civil, 25% em ornamentação, 10% em artesanato, 5% em bijuteria, 5% em coleção de minerais e 5% em adorno. Na forma beneficiada, 60% no artesanato, 15% em ornamentação, 10% em adorno, 10% em coleção de minerais e 5% em bijuteria.

2.2.1.20.1. Reservas de pedras ornamentais

As reservas medidas no Brasil de pedras ornamentais, em 2020, foram estimadas em 700.610 t (ANM, 2022a e AMB, 2010). As informações disponíveis das reservas indicadas e inferidas são de 16.781 t de reservas indicadas e de 5.446 t de reservas inferidas conforme mostrado na Tabela 1 e na Figura 1.

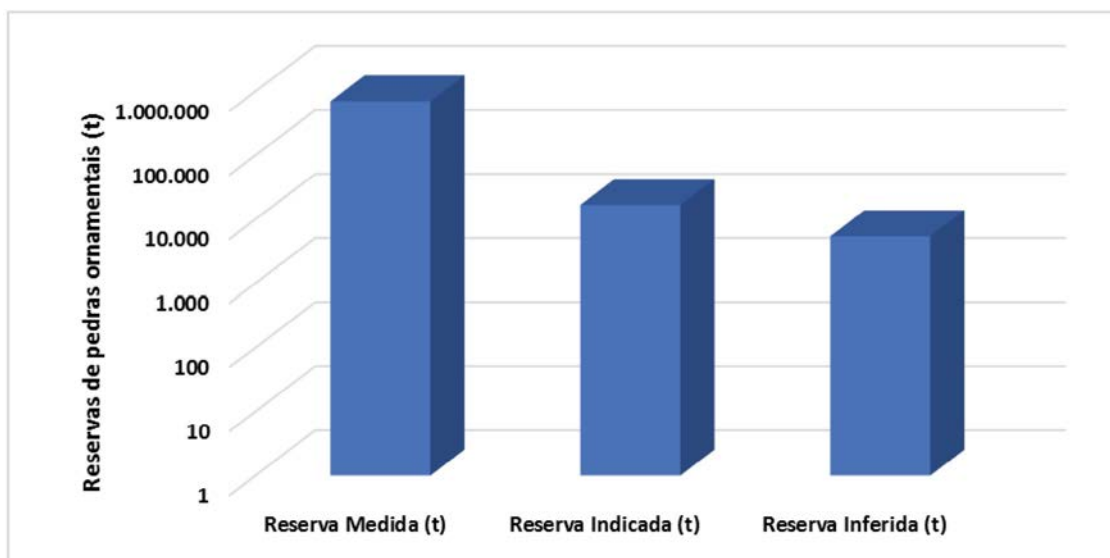
Tabela 1. Reservas brasileiras de pedras ornamentais.

	Reserva Medida (t)*	Reserva Indicada (t)*	Reserva Inferida (t)*
Brasil	700.610	16.781	5.446

Fontes: ANM (2022a) e AMB (2010)

Nota: * Embora os dados relativos a reservas as considerem como medidas, indicadas e inferidas, é importante ressaltar que, a partir de 2022, as classificações obedecerão ao estabelecido pela “Resolução nº 94, de 7 de fevereiro de 2022, do Ministério de Minas e Energia, Agência Nacional de Mineração”

Figura 1. Reservas brasileiras de pedras ornamentais.



Fontes: ANM (2022a).

Em relação às reservas mundiais, as fontes internacionais não incluem dados públicos sobre reservas de pedras ornamentais.

2.2.1.20.2. Produção de pedras ornamentais

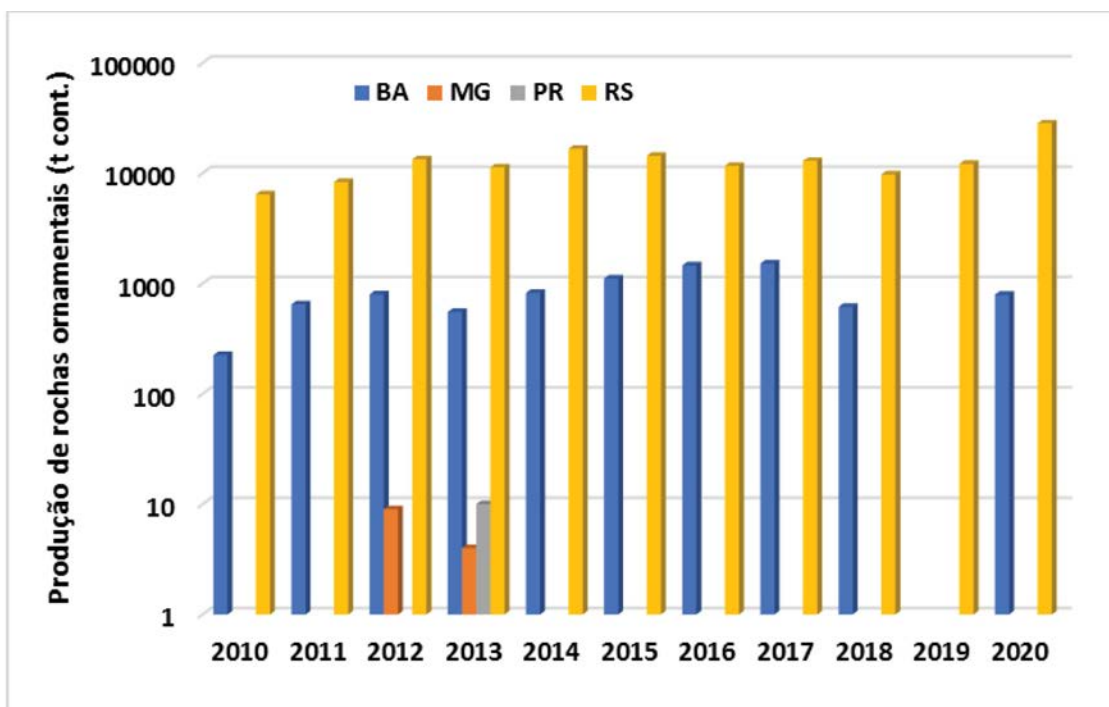
A produção no Brasil de pedras ornamentais, a cada ano, desde 2010 até 2020, é mostrada na Tabela 2, por estado da federação, e nas Figuras 2a e 2b, com os totais consolidados para o país.

Tabela 2. Produção brasileira de pedras ornamentais, por estado, de 2010 até 2020.

Produção (t)											
Estado	2010	2 011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
BA	224	652	800	550	826	1.106	1.469	1.528	620		794
MG			9	4							
PR				10							
RS	6.480	8.342	13.404	11.254	16.709	14.460	11.612	12.979	9.727	12.072	28.353
BRASIL	6.704	8.994	14.213	11.818	17.535	15.566	13.081	14.507	10.347	12.072	29.147

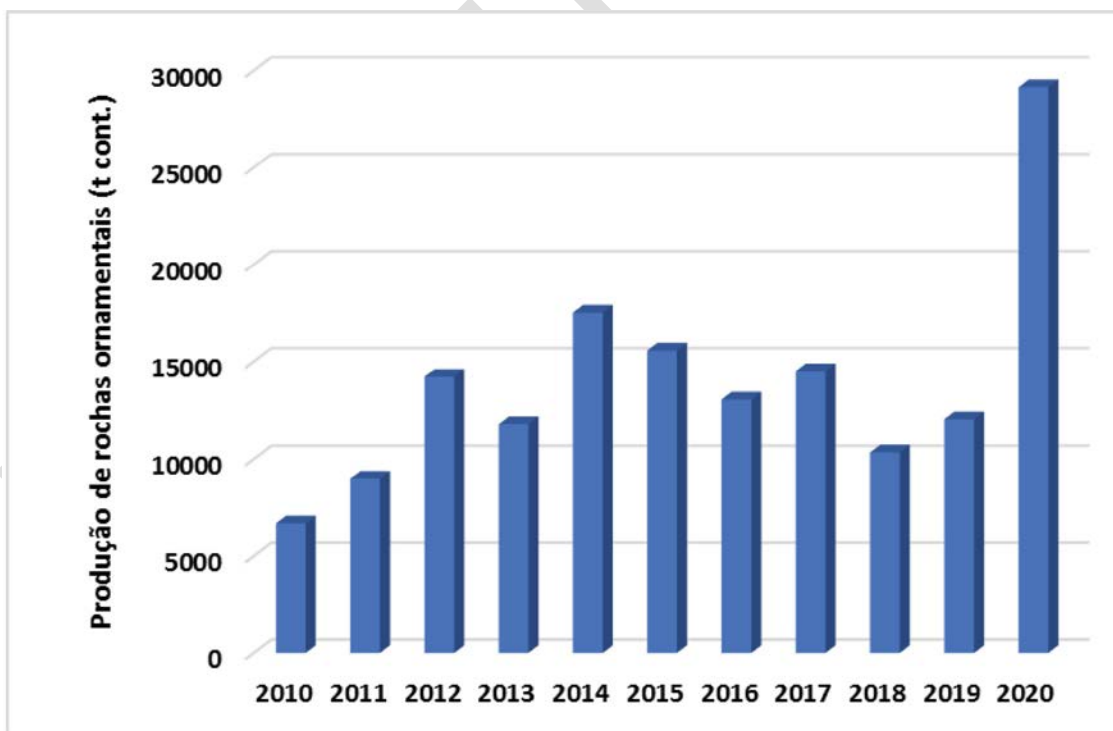
Fonte: AMB (2022).

Figura 2a. Produção brasileira, por estado, por ano, de pedras ornamentais de 2010 a 2020



Fonte: AMB (2022).

Figura 2b. Produção brasileira de pedras ornamentais, por ano, de 2010 a 2020



Fonte: AMB (2022).

No ano de 2020, o estado do Rio Grande do Sul respondeu por 97,3% da produção nacional de pedras ornamentais. De 2010 a 2020, a produção média nacional foi de 14 kt anuais.

2.2.1.20.3. Consumo de pedras ornamentais

O consumo aparente no Brasil de pedras ornamentais, a cada ano, desde 2010 até 2021, é mostrado na Tabela 3 e na Figura 3, com os totais consolidados para o país.

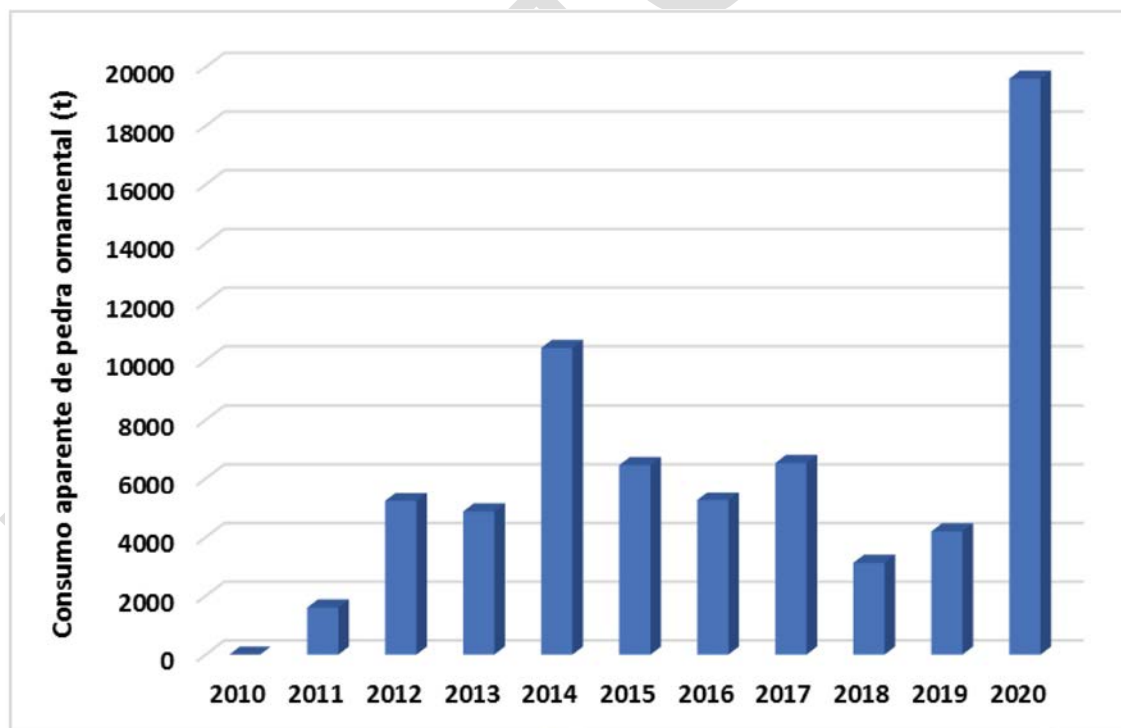
Tabela 3. Consumo aparente brasileiro de pedras ornamentais, por estado, de 2010 a 2020

Consumo aparente (t) ^(e)											
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
BRASIL	-	1.608	5.232	4.870	10.425	6.452	5.256	6.527	3.116	4.199	19.589

(e) Consumo aparente = produção + importações – exportações. Estoques não foram considerados.

Fonte: AMB (2020); COMEXSTAT MDIC (2022); U47 (2022)

Figura 3. Consumo aparente brasileiro de pedras ornamentais, por ano, de 2010 a 2020.



Fonte: AMB (2020) e U47 (2022)

O consumo de pedras ornamentais no Brasil foi calculado como o saldo da produção subtraída da exportação. A exemplo das reservas, não existem fontes públicas de dados de consumo mundial de pedras ornamentais. Segundo dados históricos do CIE (1994), os geodos de ametista são exportados pelo Brasil, maior produtor mundial, principalmente para os Estados Unidos, a Alemanha e o Japão, seguidos pela França, Itália, Suíça, Canadá, China, Tailândia, Coreia, Austrália, Índia e Espanha. Isso sugere que esses são os países de maior consumo mundial de pedras ornamentais.

Observa-se que nos anos de 2010 e 2011, a produção foi menor que as exportações listadas do COMEXSTAT MDIC. Essa situação possivelmente ocorreu pela exportação dos estoques acumulados do país e pela falta de apontamento de produção nos R.A.L., devido à alta informalidade do setor na época.

2.2.1.20.4. Importações de pedras ornamentais

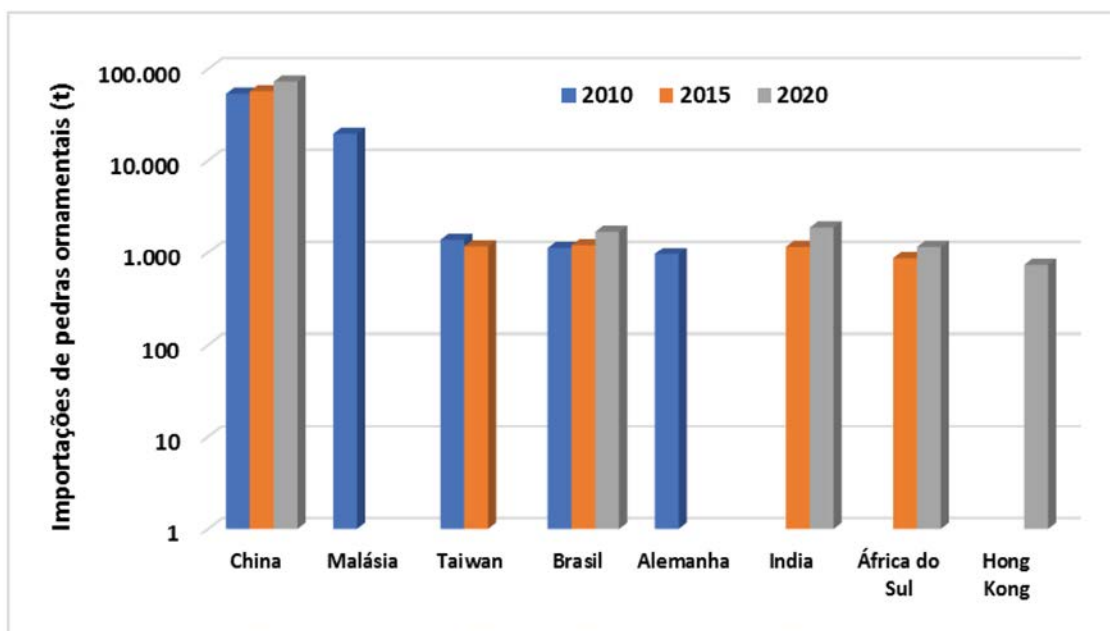
Os dados do ranking dos principais importadores de pedras ornamentais são apresentados na Tabela 4 e na Figura 4.

Tabela 4. Classificação dos principais importadores mundiais de pedras ornamentais em 2010, 2015 e 2020.

Colocação	2010		2015		2020	
	País	Importação (t)	País	Importação (t)	País	Importação (t)
1º	China	53.650	China	56.878	China	72.159
2º	Malásia	19.656	Brasil	1.207	Índia	1.867
3º	Taiwan	1.378	Taiwan	1.170	Brasil	1.682
4º	Brasil	1.128	Índia	1.158	África do Sul	1.157
5º	Alemanha	965	África do Sul	863	Hong Kong	733

Fonte: U47 (2022).

Figura 4. Principais importadores mundiais de pedras ornamentais em 2010, 2015 e 2020.



Fonte: U47 (2022).

A China tem sido o maior importador de pedras ornamentais do mundo ao longo da última década. No ano de 2020, o país foi responsável 88,2% das importações mundiais no segmento. O Brasil se mostrou um importador consistente dessas rochas, chegando a ocupar o segundo lugar em 2015 e o terceiro lugar em 2020, com 2% das importações.

2.2.1.20.5. Exportações de pedras ornamentais

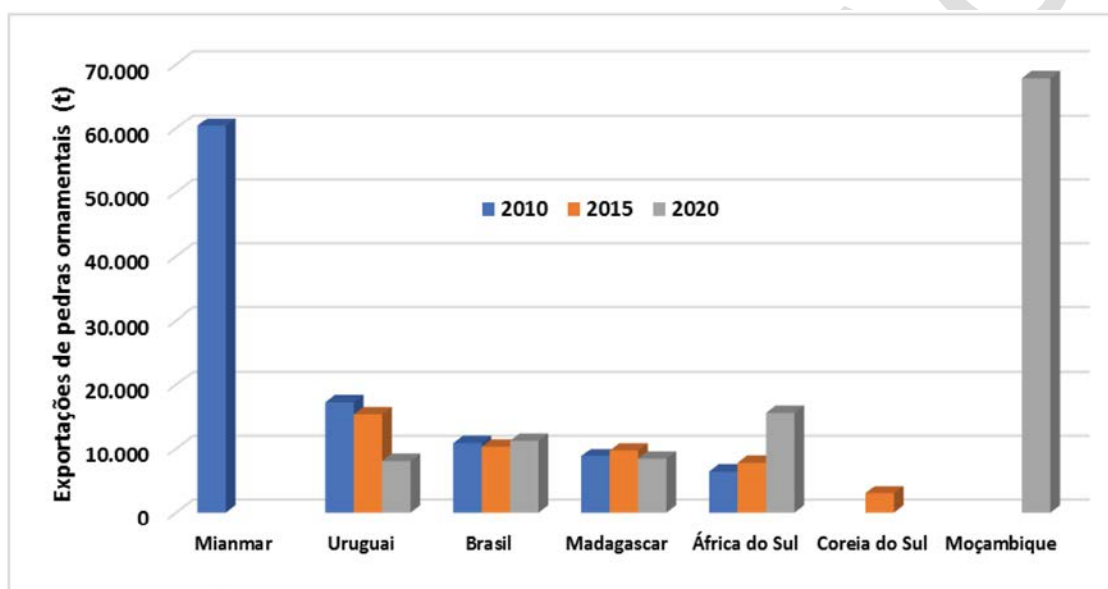
O volume de exportações colocou o Brasil, no ano de 2020, na 3ª posição no ranking mundial de exportadores de pedras ornamentais. A Tabela 5 e a Figura 5 mostram a evolução do ranking mundial dos 5 países com maiores exportações no mundo.

Tabela 5. Classificação dos principais exportadores mundiais de pedras ornamentais em 2010, 2015 e 2020.

Colocação	2010		2015		2020	
	País	Exportação (t)	País	Exportação (t)	País	Exportação (t)
1º	Mianmar	60.399	Uruguai	15.393	Moçambique	67.868
2º	Uruguai	17.270	Brasil	10.321	África do Sul	15.628
3º	Brasil*	10.893	Madagascar	9.729	Brasil	11.239
4º	Madagascar	8.815	África do Sul	7.761	Madagascar	8.397
5º	África do Sul	6.423	Coreia do Sul	3.013	Uruguai	8.042

Fontes: U47 (2022); *COMEXSTAT MDIC (2022).

Figura 5. Principais exportadores mundiais de pedras ornamentais em 2010, 2015 e 2020.



Fontes: U47 (2022) e COMEXSTAT MDIC (2022).

O Brasil, no ano de 2020, contribuiu com 9% das exportações mundiais de pedras ornamentais. No mesmo ano, Moçambique apresentou uma exportação extraordinária, com 54% das exportações mundiais. Moçambique começou a mostrar volumes expressivos de exportação a partir de 2016, se tornando líder das exportações em 2020.

Conforme mostrado na Tabela 2, no ano de 2010, a produção foi menor que a exportação listada do COMEXSTAT MDIC. Essa situação possivelmente ocorreu pela exportação dos estoques acumulados do país e pela falta de apontamento de produção nos R.A.L., devido à alta informalidade do setor na época.

2.2.1.20.6. Porte das Empresas e Geração de Empregos

A Tabela 6, mostra um panorama das empresas produtoras de gemas coradas no Brasil em 2020, conforme seu porte, em termos de produção (Médio Porte <1Mta > 100kta; Pequeno Porte <100kta e > 10kta; e Microempresas < 10kta; ANM, 2019), e os respectivos estados da federação onde estão suas operações e os números de empregos diretos e indiretos gerados.

Tabela 6. Panorama das empresas produtoras de gemas coradas no Brasil, por porte de produção, no ano de 2020.

Empresas de Microporte					
Empresa	Produção (t)	Estado	Empregos diretos	Empregos indiretos	Ref
COOPERATIVA DE GARIMPEIROS DO MÉDIO ALTO URUGUAI	6.000	Rio Grande do Sul	1.500	3.000	COG 2022, AMB 2010
SOMIBRAS SOCIEDADE DE MINERACAO BRASILEIRA EIRELI	2.389	Bahia	150	300	ANM 2022
EMPRESA MINERAÇÃO BADIM LTDA	361	Bahia	200	400	ANM 2022
MV LODI PEDRAS PRECIOSAS LTDA	1.106	Rio Grande do Sul	200	400	ANM 2022
SODALITA MINERAÇÃO LTDA	130	Bahia	100	200	ANM 2022
Outras empresas de micro porte de produção	19.161		1.150	2.491	
Total	29.147	Brasil	3.300	6.971	
Total das Empresas por Porte de Produção					
Porte	Produção (t)	Brasil	Empregos diretos	Empregos indiretos	Ref
Pequeno	29.147	BR	3.300	2.491	ANM 2022
Total	29.147	Brasil	3.300	6.971	

Fontes: ANM (2022b) e COG (2022).

A produção atual de geodos está concentrada na cooperativa COOGAMAI, situada na região do alto e médio Uruguai, no RS. A produção é de 6.000 t/ano (micro porte), feita de forma semiartesanal por cooperativa de garimpeiros. Já a produção de ágatas e calcedônias se divide entre Bahia e Rio Grande do Sul.

2.2.1.20.7. Porte dos Projetos em Andamento e/ou Previstos

Segundo a base de dados de requerimentos de lavra da ANM, existem 14 projetos em fase de requerimento de lavra que podem indicar futuros projetos potenciais de produção de pedras ornamentais. Os requerimentos foram apresentados pelas seguintes empresas: Lamar Mineração, na Bahia; Serrano Pedras, na Bahia; Cooperativa de Brejinho das Ametistas, na Bahia; Scorpion Mineração, na Bahia; Granistone Mineração, no Ceará; Sucuri Granitos, no Ceará; Stone Mineração, em Minas Gerais; Empresa Areial, em Mato Grosso do Sul; Casa Grande Mineração, na Paraíba; Mineração Costa Marques, em Rondônia; Tacutu Mineração, em Roraima; Empresa Sbruzzi, no Rio Grande do Sul; Empresa Areial, em São Paulo, SP. Não há dados oficiais sobre previsão de entrada em operação, produção, ou geração de empregos nos possíveis projetos acima.

2.2.1.20.8. Projeções para o Brasil até 2050

As projeções para o Brasil, no período de 2022 a 2050, considerando o cenário de pleno investimento no setor, são apresentados na Tabela 7 e na Figura 6.

Tabela 7. Estimativas das projeções para o Brasil, até 2050

	2022	2026	2030	2034	2038	2042	2046	2050
Reservas Medidas (kt) (1)	700.610	721.001	731.100	727.039	703.927	655.617	574.404	450.668
Produção (kt) (1) (2)	29.147	32.425	36.071	40.127	44.640	49.660	55.244	61.456
Consumo (kt) (2) (3)	19.589	21.604	23.844	26.336	29.109	32.193	35.624	39.441
Importações (kt) (2) (3)	1.682	1.682	1.682	1.682	1.682	1.682	1.682	1.682
Exportações (kt) (2) (4)	11.239	12.503	13.909	15.473	17.213	19.149	21.302	23.697
Empregos diretos (2)	3.300	3.671	4.084	4.543	5.054	5.622	6.255	6.958
Empregos indiretos (2)	6.971	7.755	8.627	9.597	10.676	11.877	13.213	14.698

1. Considerando as reservas atualizadas de pedras ornamentais para 2020, com depleção anual da produção e reposição média de 5% aa das reservas medidas, convertidas a partir das reservas indicadas e inferidas, além de novos projetos.
2. Considera o cenário de crescimento da demanda de pedras ornamentais conforme a projeção da variação de PIB dos países importadores, que incluem os países do G7, além da China e da Índia. A taxa ponderada de variação foi estimada em 2,7% aa até 2050 (PWC 2015).
3. Considerando que as importações se manterão sem crescimento significativo em função do crescimento da produção local.
4. Considerando que a produção nacional suprirá as demandas de exportações e do mercado local.

Figura 6a. Estimativas das projeções das reservas medidas para o Brasil, até 2050

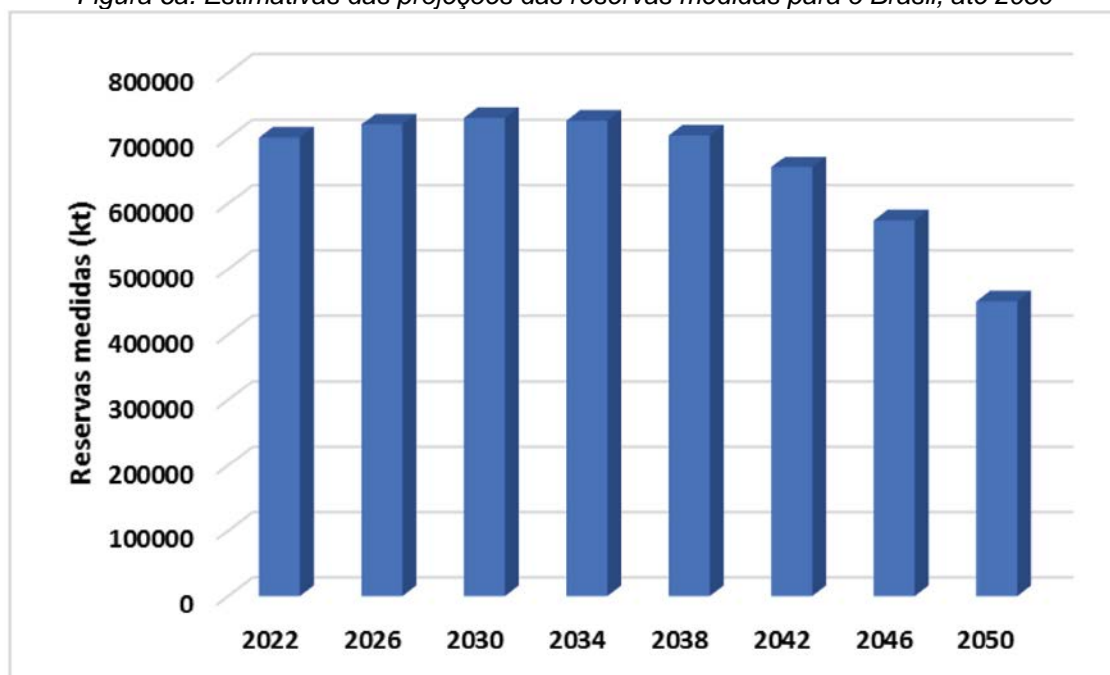


Figura 6b. Estimativas das projeções da produção, do consumo, das importações e das exportações para o Brasil, até 2050

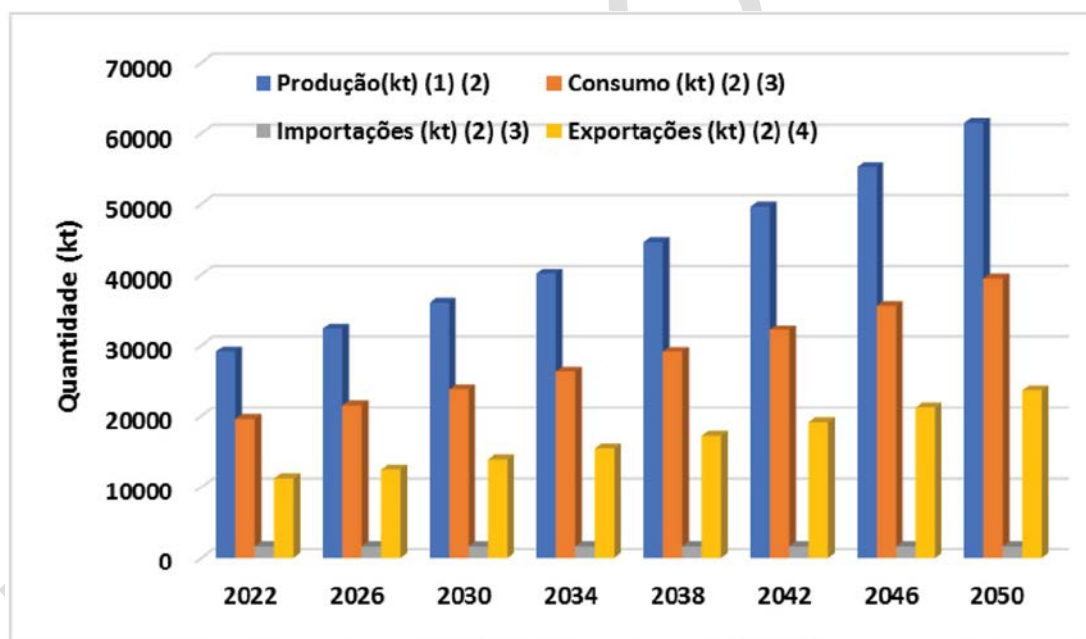
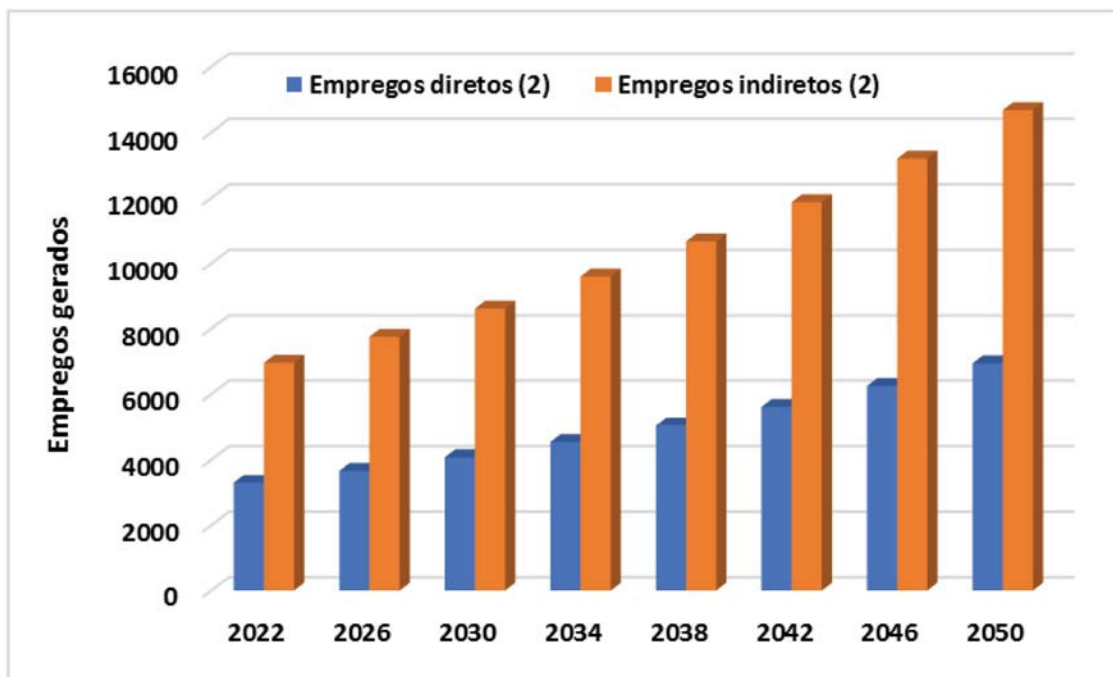


Figura 6c. Projeções da geração de empregos diretos e indiretos no Brasil no período de 2022 até 2050.



2.2.1.20.9. Projeções mundiais até 2050.

Os dados de consumo e produção de pedras ornamentais não são disponibilizados pelas bases de dados internacionais. Portanto, as fontes de informações quantitativas disponíveis para análises internacionais são limitadas e não permitem a geração de estimativas e projeções globais de projeção e consumo.

Lista de referências:

AMB 2010: Anuário Mineral Brasileiro 2010 em:

<https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/dnpm/paginas/anuario-mineral/resolveuid/cb249a54264e4b6b989b1b09714d6886>

ANM 2019: Anuário Mineral Brasileiro: Principais Substâncias Metálicas em: https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/amb_2018_ano_base_2017

AMB 2022: Anuário Mineral Brasileiro em:

https://app.anm.gov.br/DadosAbertos/AMB/Producao_Bruta.csv

ANM 2022a: Consulta com a ANM por email.



ANM 2022b: Dados Abertos Arrecadação CFEM em:
<https://app.anm.gov.br/DadosAbertos/ARRECADACAO/>

CIE 1994: CIENTEC - FUNDAÇÃO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL (1994). Projeto ametista do Alto Uruguai: aproveitamento e perspectivas de desenvolvimento. Relatório final. V. 1. P. Alegre, 129 inédito.

COG 2022: Site da COOPERATIVA DE GARIMPEIROS DO MÉDIO ALTO URUGUAI em: <https://www.coogamai.com.br/sobre.php>

COMEXSTAT MDIC 2022: Exportação e Importação Geral SH6: 710310 em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>

PWC 2015: The World in 2050 PWC em:
<https://www.pwc.com/gx/en/issues/the-economy/assets/world-in-2050-february-2015.pdf#page=19&zoom=100,64,98>

U47 2022: United Nations Department of Economic and Social Affairs | Comtrade Database. SH (6): 710310. Em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>

PLANO NACIONAL DE MINERAÇÃO 2050
PNM 2050

SINOPSE 46. Carvão

CADERNO 2: Pesquisa e Produção Mineral

SINOPSE 46. Carvão	809
2.2. Análise-síntese dos Segmentos da Mineração Brasileira.....	810
2.2.1. Tipo Mineral.....	810
2.2.1.46. Carvão	810
2.2.1.46.1. Reservas de carvão.....	810
2.2.1.46.2. Produção de carvão	813
2.2.1.46.3. Consumo de carvão	815
2.2.1.46.4. Importações de carvão	818
2.2.1.46.5. Exportações de carvão	819
2.2.1.46.6. Porte das Empresas e Geração de Empregos.....	820
2.2.1.46.7. Porte dos Projetos em Andamento e/ou Previstos.....	822
2.2.1.46.8. Projeções para o Brasil até 2050	822
2.2.1.46.9. Projeções mundiais de carvão até 2050.....	826

2.2. Análise-síntese dos Segmentos da Mineração Brasileira

2.2.1. Tipo Mineral

Carvão.

2.2.1.21. Carvão

Carvão mineral é um termo que designa um conjunto de rochas de origem sedimentar, com propriedades combustíveis que correspondem a um importante insumo energético aplicado na geração de termoeletricidade. O carvão também é utilizado na indústria siderúrgica, além de servir como insumo para a indústria química. Apontada como impulsionadora da Revolução Industrial, e amplamente desenvolvida nos séculos XIX e XX, a indústria do carvão tem buscado novas formas sustentáveis para sua evolução, em função das iniciativas atuais de descarbonização e de controle de emissão gases efeito estufa. Há grandes reservas de carvão em todo o mundo, sendo que em muitos países as obras de infraestrutura e atividades industriais estão atreladas à contínua utilização do carvão. O carvão economicamente viável para exploração encontrado no Brasil não possui qualidade suficiente para fins metalúrgicos, mas a geração de energia a partir do carvão mineral tem um papel estratégico. O Brasil tem a oportunidade de aproveitar suas reservas de carvão, principalmente com o foco regional, tanto para a geração de energia, quanto como insumo da cadeia carboquímica, principalmente em regiões de pequena disponibilidade de outras fontes de energia e fonte de matérias primas.

2.2.1.21.1. Reservas de carvão

As reservas medidas de carvão no Brasil, em 2020, somavam aproximadamente 7.856 milhões de toneladas, as reservas indicadas 11.945 milhões de toneladas e as inferidas 7.518 milhões de toneladas (Agência Nacional de Mineração-2020).

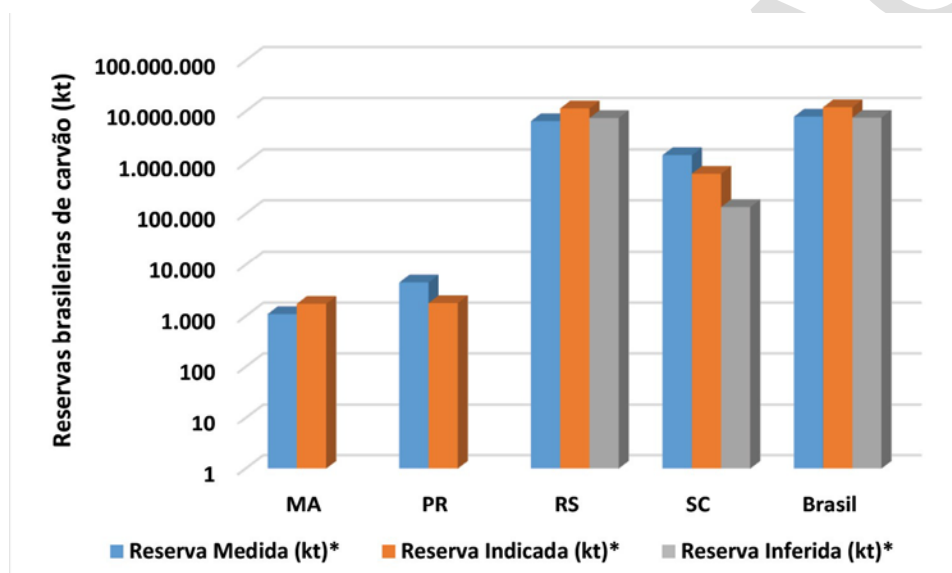
Tabela 1. Reservas brasileiras de carvão, dados de 2020.

Estado	Reserva Medida (kt)*	Reserva Indicada (kt)*	Reserva Inferida (kt)*
MA	1.092	1.729	
PR	4.488	1.785	
RS	6.441.268	11.328.596	7.383.644
SC	1.409.109	613.265	134.063
BRASIL	7.855.957	11.945.375	7.517.707

* Embora os dados relativos a reservas as considerem como medidas, indicadas e inferidas, é importante ressaltar que, a partir de 2022, as classificações obedecerão ao estabelecido pela "Resolução nº 94, de 7 de fevereiro de 2022, do Ministério de Minas e Energia, Agência Nacional de Mineração"

Fonte: ANM, (2020).

Figura 1. Reservas brasileiras de carvão, dados de 2020.



Fonte: ANM, (2020).

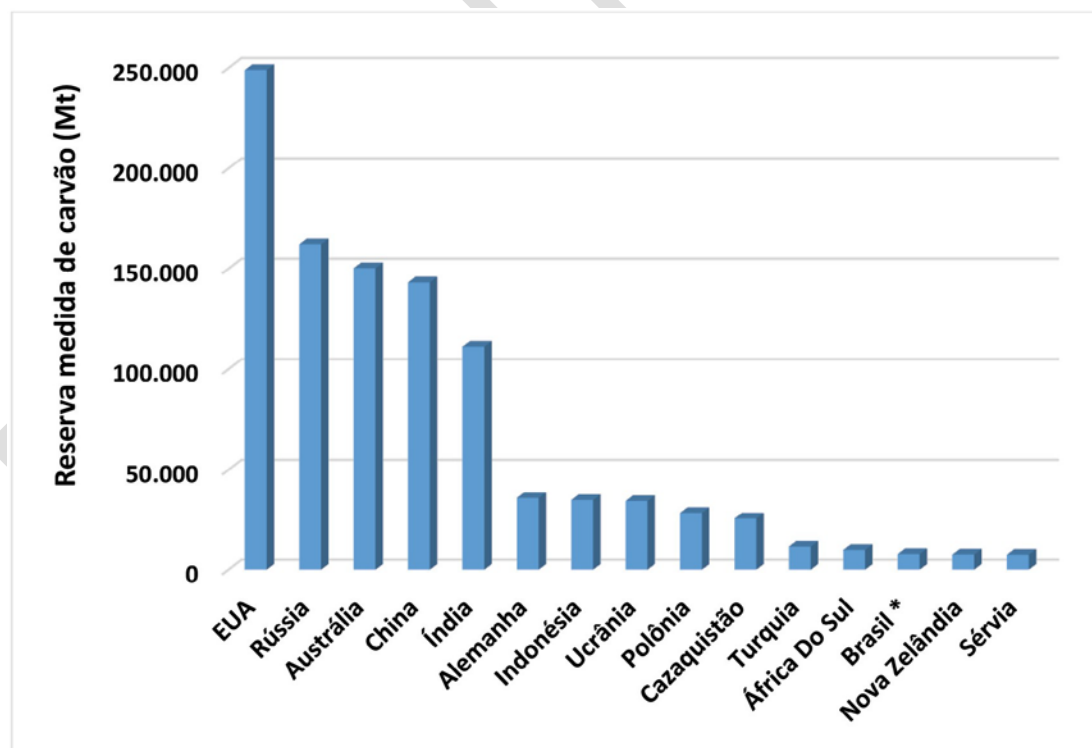
As reservas mundiais de carvão mineral são da ordem de 1.074.108 milhões de toneladas, segundo o *BP Statistical Review of World Energy* (BPS, 2021). Das reservas internacionais, 76% se concentram em 5 países: Estados Unidos, Rússia, Austrália, China e Índia. O Brasil ocupa a 13ª posição do ranking das maiores reservas de carvão, com 7.856 milhões de toneladas de reservas medidas, suficientes para mais de 1.000 anos, considerando a produção nacional de 6 milhões de toneladas por ano de minério de carvão como mostra a Tabela 2 e Figura 2.

Tabela 2. Ranking dos principais países detentores de reservas de carvão, dados de 2020.

Colocação	País - 2020	Reserva Medida (Mt)
1º	EUA	248.941
2º	Rússia	162.166
3º	Austrália	150.227
4º	China	143.197
5º	Índia	111.052
6º	Alemanha	35.900
7º	Indonésia	34.869
8º	Ucrânia	34.375
9ª	Polônia	28.395
10ª	Cazaquistão	25.605
11º	Turquia	11.525
12º	África Do Sul	9.893
13º	Brasil *	7.856
14º	Nova Zelândia	7.575
15º	Sérvia	7.514

Fontes: BPS, (2021); *ANM (2020).

Figura 2. Ranking dos principais países detentores de reservas de carvão, dados de 2020.



Fontes: BPS, (2021); ANM, (2022) e ANM, (2022).

Regionalmente, as reservas globais se concentram na Ásia e Pacífico (43%), seguidas à distância pela Europa (13%).

2.2.1.21.2. Produção de carvão

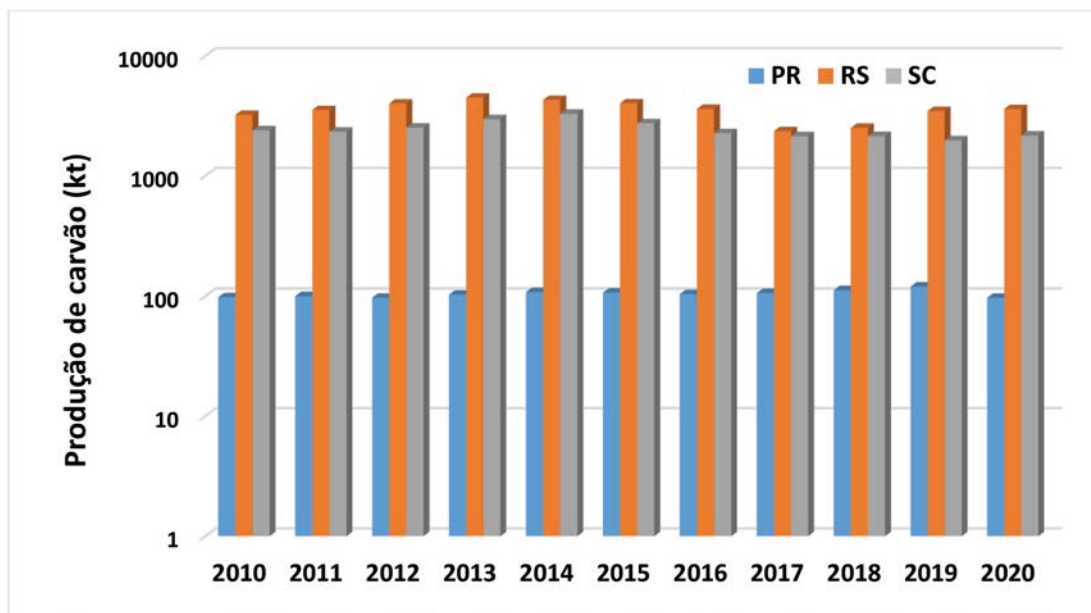
A produção de carvão no Brasil de 2010 a 2020, é mostrada na Tabela 3 e nas Figuras 3a e 3b. Está concentrada na região sul do país, com todos os seus estados participando na produção. O estado do Rio Grande do Sul é o maior produtor, representando 40% em média da produção nacional, seguido por Santa Catarina. O Paraná responde por cerca de 3% da produção nacional. O produto gerado é aplicado para uso energético e é consumido em usinas termelétricas da região.

Tabela 3. Produção brasileira de carvão, de 2010 a 2020.

Produção (kt)											
Estado	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
PR	98	100	97	103	108	107	104	106	112	120	97
RS	3.238	3.551	4.018	4.503	4.306	4.034	3.626	2.370	2.523	3.482	3.618
SC	2.408	2.348	2.535	2.976	3.309	2.758	2.280	2.153	2.158	1.986	2.180
BRA-SIL	5.743	5.999	6.650	7.582	7.723	6.899	6.010	4.629	4.792	5.589	5.895

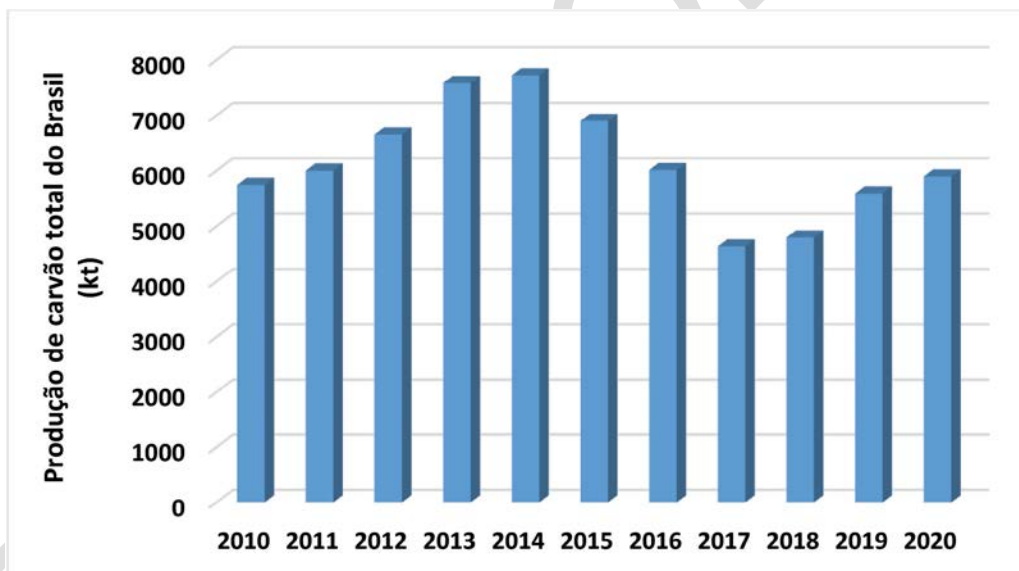
Fonte: AMB, (2022)

Figura 3a. Produção brasileira de carvão, de 2010 a 2020.



Fonte: AMB, (2022)

Figura 3b. Produção brasileira de carvão dados de 2010 a 2020.



Fonte: AMB, (2022)

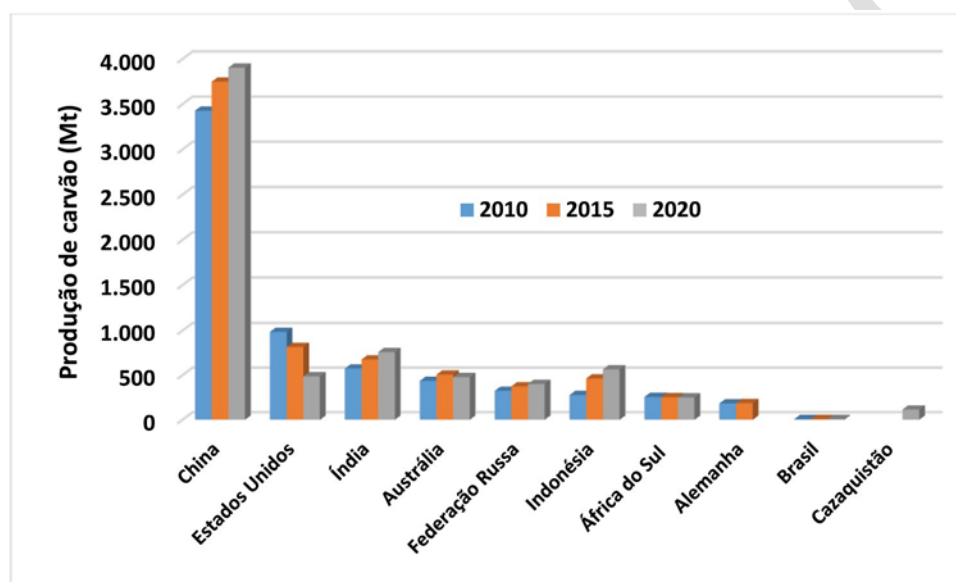
Essa produção coloca o Brasil, no ano de 2020, na 29ª posição no ranking de países produtores de carvão. A Tabela 4 e a Figura 4 mostram a evolução do ranking mundial, juntamente com os 8 países com maiores produções no mundo.

Tabela 4. Ranking dos principais países produtores de carvão.

Colocação	2010		2015		2020	
	Países	Produção (Mt)	Países	Produção (Mt)	Países	Produção (Mt)
1º	China	3.428	China	3.747	China	3.902
2º	EUA	984	EUA	814	Índia	757
3º	Índia	573	Índia	674	Indonésia	563
4º	Austrália	434	Austrália	504	EUA	485
5º	Rússia	323	Indonésia	462	Austrália	477
6º	Indonésia	275	Rússia	373	Rússia	400
7º	Áfr. Do Sul	255	Áfr. Do Sul	252	Áfr. Do Sul	248
8º	Alemanha	182	Alemanha	184	Cazaquistão	113
	Brasil	6	Brasil*	7	Brasil (29º)*	6

Fontes: BPS, (2011); BPS, (2016); BPS, (2021); *AMB (2022)

Tabela 4. Principais países produtores de carvão.



Fontes: BPS, (2011); BPS, (2016); BPS, (2021) e AMB, (2022).

No cenário internacional, a China é o principal produtor de carvão, responsável por mais de 50% da produção mundial. Seguidos por Índia (10%), Indonésia (7,5%) e Estados Unidos (6,5%). O Brasil tem produção pouco expressiva, ocupando o 29º lugar no ranking.

2.2.1.21.3. Consumo de carvão

O consumo aparente de carvão no Brasil, a cada ano, desde 2010 até 2020, é mostrado na Tabela 5 e na Figura 5, com os totais consolidados para o país.

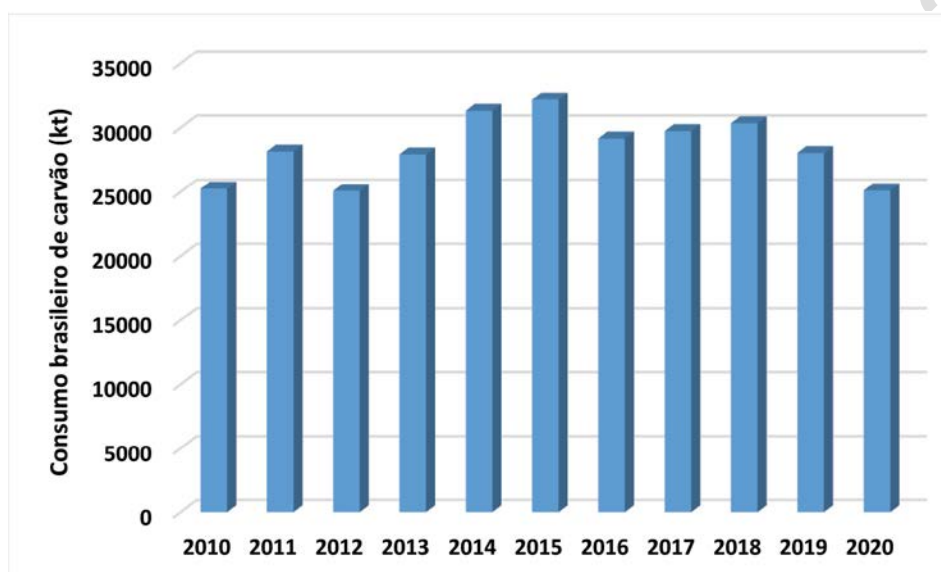
Tabela 5. Consumo brasileiro de carvão, 2010 até o ano de 2020.

Consumo aparente de carvão (kt) ^(e)											
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
BRA-SIL	25.236	28.112	25.074	27.897	31.299	32.181	29.164	29.732	30.340	28.005	25.097

(e) - Consumo aparente = Produção + Importação – Exportação.

Fontes: AMB, (2022), U15, (2022) e U16, (2022)

Figura 5. Consumo aparente brasileiro de carvão, por ano, desde 2010 até o ano de 2020.



Fontes: AMB, (2022), U15, (2022) e U16, (2022)

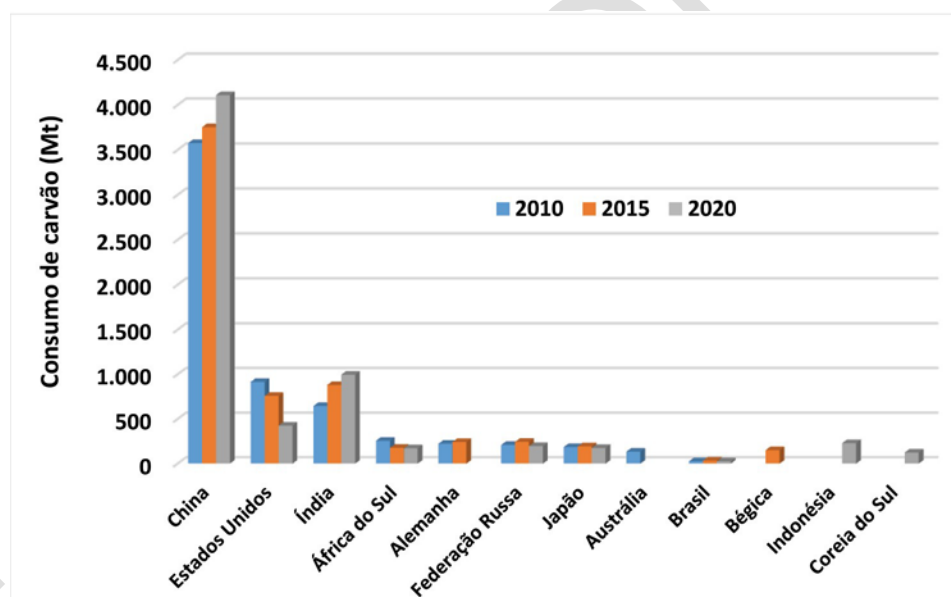
Como se observa na Tabela 5, o consumo aparente de carvão no Brasil esteve próximo de 30 milhões de toneladas ao longo da década. Esse consumo coloca o Brasil, no ano de 2020, na 16ª posição no ranking de países consumidores de carvão. A Tabela 6 e a Figura 6 mostram a evolução no ranking de países consumidores de carvão,

Tabela 6. Ranking dos principais países consumidores de carvão.

Coloca- ção	2010		2015		2020	
	País	Consumo (kt)	País	Consumo (kt)	País	Consumo (kt)
1º	China	3.574	China	3.750	China	4.108
2º	Eua	914	Índia	879	Índia	993
3º	Índia	643	Eua	757	Eua	424
4º	Áfr. Do Sul	255	Rússia	242	Indonésia	228
5º	Alemanha	222	Alemanha	241	Rússia	195
6º	Rússia	208	Japão	191	Japão	174
7º	Japão	185	Áfr. Do Sul	175	Áfr. Do Sul	171
8ª	Austrália	133	Bélgica	150	Coreia Do Sul	123
	Brasil (11º)	25	Brasil (14º)	32	Brasil (16º)	25

Fontes: BPS, (2011); BPS, (2016) e BPS, (2021).

Figura 6. principais consumidores mundiais de carvão.



Fontes: BPS, (2011); BPS, (2016) e BPS, (2021).

No ano de 2020, o consumo mundial de carvão foi de aproximadamente 7.560 milhões de toneladas, sendo a China o país com maior consumo, seguido por Índia, EUA e Indonésia. Durante a última década houve redução de consumo nos EUA, África do Sul e Alemanha. Com a questão geopolítica associada à guerra iniciada em 2022 na Ucrânia, espera-se um reposicionamento estratégico nos próximos anos, principalmente por parte de países da Europa Ocidental.

Em relação ao Brasil, a produção de 5,9 milhões de toneladas representa apenas 23,5% do consumo nacional. Isso significa que o país importa uma quantidade significativa do carvão para consumo interno.

2.2.1.21.4. Importações de carvão

O volume de importações coloca o Brasil, no ano de 2020, na 11ª posição no ranking de países importadores. A Tabela 7 e a Figura 7 mostram a evolução no ranking dos principais países importadores de carvão.

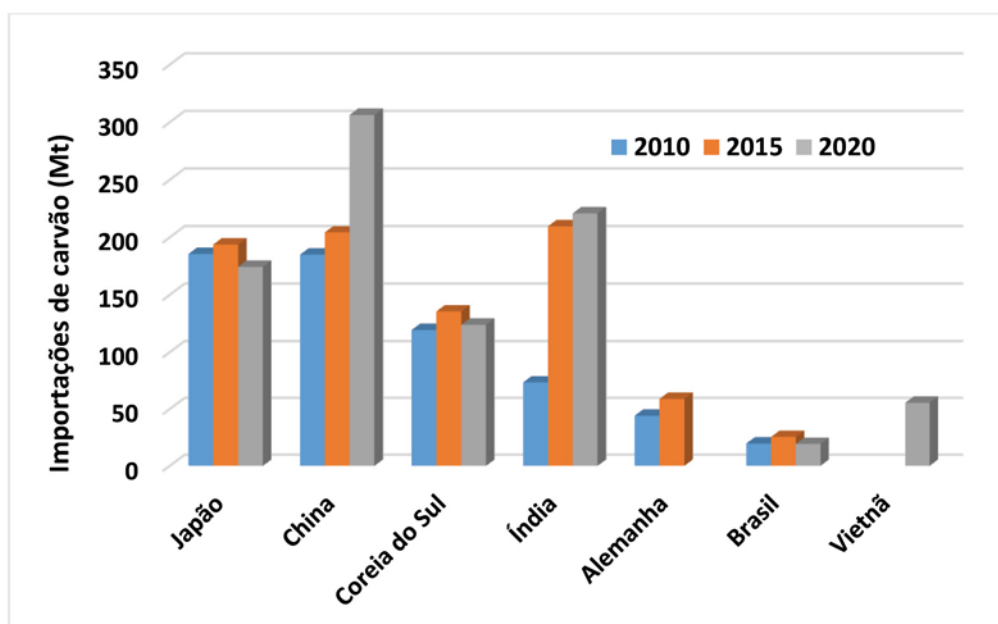
O Brasil importa todo o volume de carvão para fins metalúrgicos para atender sua demanda interna, mas também importa carvão energético para abastecer as termelétricas na Região Norte do país.

Tabela 7. Ranking dos principais países importadores de carvão.

	2010		2015		2020	
Colocação	País	Importação (Mt)	País	Importação (Mt)	País	Importação (Mt)
1º	Japão	185	Índia	209	China	306
2º	China	185	China	204	Índia	221
3º	Coreia do Sul	119	Japão	194	Japão	174
4º	Índia	73	Coreia do Sul	136	Coreia do Sul	124
5º	Alemanha	44	Alemanha	59	Vietnã	55
	Brasil (11º)	20	Brasil (9º)	25	Brasil (10º)	19

Fonte: U15, (2022).

Figura 7. Principais países importadores de carvão.



Fonte: U15, (2022).

A demanda por energia tem mantido o crescimento do comércio internacional de carvão, principalmente na região Ásia/Pacífico. A desaceleração esperada pelas questões ambientais e a substituição da matriz energética, ainda não se consolidou a ponto de afetar o volume das importações no mercado global. As importações de carvão apresentam um comportamento estável, mantendo os principais importadores representando a mesma participação no mercado ao longo da última década. Índia, China, Japão e Coreia do Sul concentraram 65% das transações globais em 2020.

2.2.1.21.5. Exportações de carvão

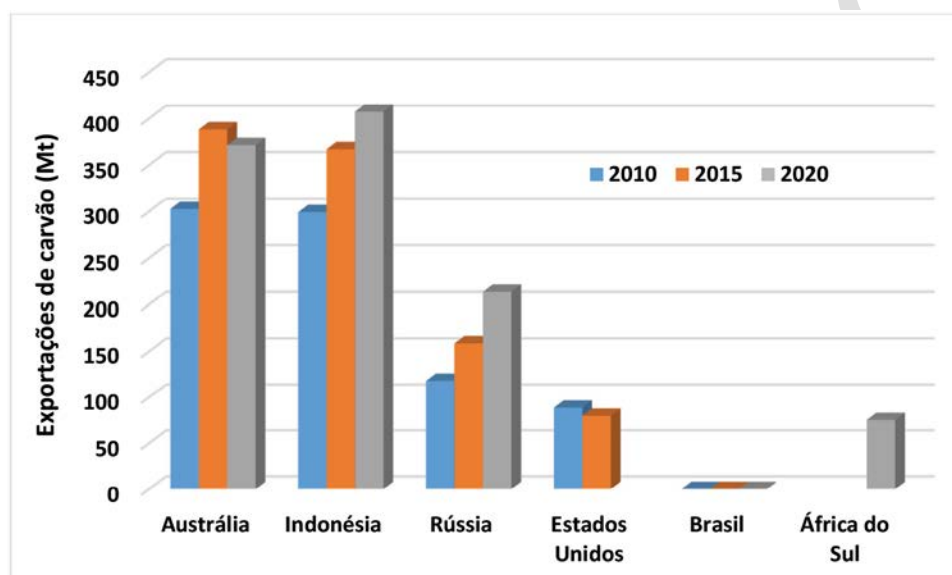
O volume de exportações não coloca o Brasil em posição de destaque no ranking de países exportadores. No ano de 2020, o Brasil ocupou a 54ª posição no ranking. A Tabela 8 e a Figura 8 mostram a evolução do ranking dos principais países exportadores.

Tabela 8. Ranking dos principais países exportadores de carvão.

Colocação	2010		2015		2020	
	País	Exportação (Mt)	País	Exportação (Mt)	País	Exportação (Mt)
1º	Austrália	303	Austrália	388	Indonésia	407
2º	Indonésia	299	Indonésia	367	Austrália	371
3º	Rússia	118	Rússia	159	Rússia	214
4º	EUA	89	Áfr. do Sul	80	Áfri. do Sul	75
	Brasil	0	Brasil (62º)	0,002	Brasil	0,02

Fonte: U16, (2022).

Figura 8. Principais países exportadores de carvão e a posição do Brasil.



Fonte: U16, (2022).

As exportações de carvão se mantiveram constantes na última década, com Austrália, Indonésia e Rússia concentrando 74% das transações globais em 2020. Austrália e Indonésia configuram como maiores exportadores de carvão, tendo como mercado consumidor a região Ásia/Pacífico e a Europa.

2.2.1.21.6. Porte das Empresas e Geração de Empregos

A Tabela 9 mostra um panorama das principais empresas produtoras de carvão no Brasil no ano de 2020, conforme seu porte, em termos de produção, e listando ainda os estados da federação onde estão instalados suas operações e os números de empregos diretos e indiretos gerados.

Os dados de produção do carvão demonstram que 62% da produção ocorre pelas três empresas classificadas como de grande porte. A produção de carvão se encontra concentrada na Região Sul, principalmente no Estado do Rio Grande Sul, com cerca de 68%. Produção e empregos de carvão foram estimados com base na contribuição CFEM de cada empresa (ANM, 2022), dada a produção nacional de ROM

Tabela 9. Panorama das empresas produtoras de carvão no Brasil, por porte de produção, no ano de 2020

Empresas de Grande Porte de Produção (>1 Mta)					
Empresa	Produção (t minério)	Estado	Empregos diretos	Empregos indiretos	
COPELMI MINERAÇÃO	1.544.000	RS	200	500	
COMPANHIA NACIONAL DE MINERAÇÃO CANDIOTA	1.156.000	RS	150	375	
COMPANHIA RIOGRANDENSE DE MINERAÇÃO CRM	1.089.000	RS	150	375	
Total	3.789.000	Brasil	500	1250	
Empresas de Médio Porte de Produção (<1 Mta e > 100 kta)					
Empresa	Produção (t minério)	Estado	Empregos diretos	Empregos indiretos	
CARBONÍFERA METROPOLITANA S/A	512.000	SC	200	500	
INDUSTRIA CARBONIFERA RIO DESERTO LTDA	500.000	SC	180	450	
CARBONÍFERA BELLUNO LTDA	375.000	SC	200	500	
CARBONIFERA DO CAMBUI LTDA	234.000	PR	200	500	
CARBONÍFERA PALERMO LTDA	232.000	RS	100	250	
CARBONIFERA CATARINENSE LTDA	183.000	SC	180	450	
Total	2.036.000	Brasil	960	2650	
Empresas de Pequeno Porte de Produção (<100 kta e > 10 kta)					
Empresa	Produção	Estado	Empregos diretos	Empregos indiretos	
CARBONIFERA SIDEROPOLIS LTDA	55.000	SC	100	250	
Total	55.000	Brasil	100	250	
Empresas de Microporte (<10 kta)					
Empresa	Produção (t)	Estado	Empregos diretos	Empregos indiretos	
COPELMI MINERACAO LTDA	8.000	RS	50	200	
COMERCIO DE CARVAO CRICIUMENSE LTDA	5.000	SC	35	140	
Outras empresas de baixo porte	2.000	SC	45	180	
Total	15.000	Brasil	130	520	
Total das Empresas por Porte de Produção					
Porte	Produção	Brasil	Empregos diretos	Empregos indiretos	Ref
Grande	3.789.000		500	1250	
Médio	2.036.000		960	2650	
Pequeno	55.000		100	250	

Micro	15.000		130	520	
Total	5.895.000	Brasil	1690	4670	

2.2.1.21.7. Porte dos Projetos em Andamento e/ou Previstos

Segundo a base de dados de requerimentos de lavra da ANM, existem 130 projetos em fase de requerimento de lavra, com 68 deles no estado do Rio Grande do Sul, que representam 52% do total, e 59 no estado de Santa Catarina, com 45% dos requerimentos. O restante se divide entre o estado de São Paulo e Paraná, sendo duas de São Paulo e uma do Paraná. A região Sul concentra 98% dos requerimentos de lavra. Os requerimentos são distribuídos entre 39 empresas diferentes.

Encontra-se em fase de projeto a Mina de Guaíba, para lavra e beneficiamento de 8 milhões de toneladas de minério carvão. Segundo informa a Copelmi, serão investidos US\$ 175 milhões na mina que deverá estar concluída até 2024. Essa produção foi agregada gradualmente nas projeções do mercado brasileiro de carvão até 2030.

2.2.1.21.8. Projeções para o Brasil até 2050

Os dados de estimativas das projeções para o Brasil até 2050, são apresentados na Tabela 10 e nas Figuras 9a, 9b, 9c, 9d e 9e.

Tabela 10. Projeções de carvão para o Brasil até 2050.

	2022	2026	2030	2034	2038	2042	2046	2050
Reservas Medidas (Mt) (1)	7856	7824	7767	7704	7636	7566	7492	7414
Produção (Mt) (2)	5,9	12	16	17	17	18	19	20
Consumo Nacional:								
<i>Metalúrgico</i> (Mt) (3) (4)	12,1	13,1	14,2	15,1	15,9	16,6	17,3	18,0
<i>Energético</i> (Mt) (4) (5)	13,0	14,1	15,2	16,2	17,0	17,8	18,6	19,3
Consumo total (Mt)	25,1	27,2	29,3	31,2	32,9	34,4	35,9	37,3
Importações:								
<i>Metalúrgico</i> (Mt) (6)	12,1	13,1	14,2	15,1	15,9	16,6	17,3	18,0

Energético (Mt) (7)	7,1	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Importações total (Mt)	19,2	15,0	14,2	15,1	15,9	16,6	17,3	18,0
Exportações (Mt) (8)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Empregos diretos (9)	1690	3504	4452	4744	4990	5227	5455	5665
Empregos indiretos (9)	4670	9684	12303	13109	13788	14445	15073	15654

1. Considerando as reservas atualizadas de carvão, consideradas abundantes, com depleção anual da produção.
2. Considerando o cenário de crescimento de 20% a produção nacional com a entrada em operação dos novos projetos reportados até 2027. A partir de 2028, o crescimento da produção acompanhará o cenário de referência.
3. Considerando o aumento do consumo de carvão metalúrgico acompanhando o cenário de referência.
4. Considerando que o consumo de carvão metalúrgico no Brasil foi equivalente a 48% do consumo total (BEN, 2021).
5. Considerando o aumento do consumo de carvão energético acompanhando o ritmo de crescimento da produção (?) nacional (ver nota 2).
6. Considerando que o consumo de carvão metalúrgico no Brasil foi equivalente a 48% do consumo total (BEN, 2021).
7. Considerando a redução das importações de carvão energético até a autossuficiência prevista para 2027.
8. Considerando que as importações de carvão energético serão reduzidas até a autossuficiência prevista para 2027. A partir daí, as importações voltarão a crescer acompanhando o cenário de referência.
9. Considerando que os empregos acompanharão o ritmo de crescimento da produção nacional.

Figura 9a. Projeções de reservas medidas para o Brasil até 2050.

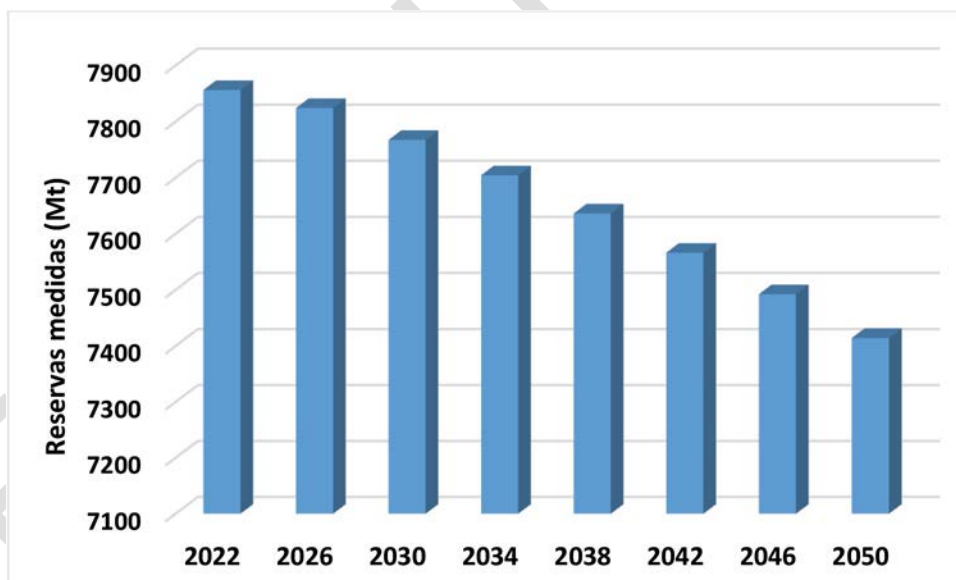


Figura 9b. Projeções da produção, do consumo total, das importações totais e das importações para o Brasil até 2050.

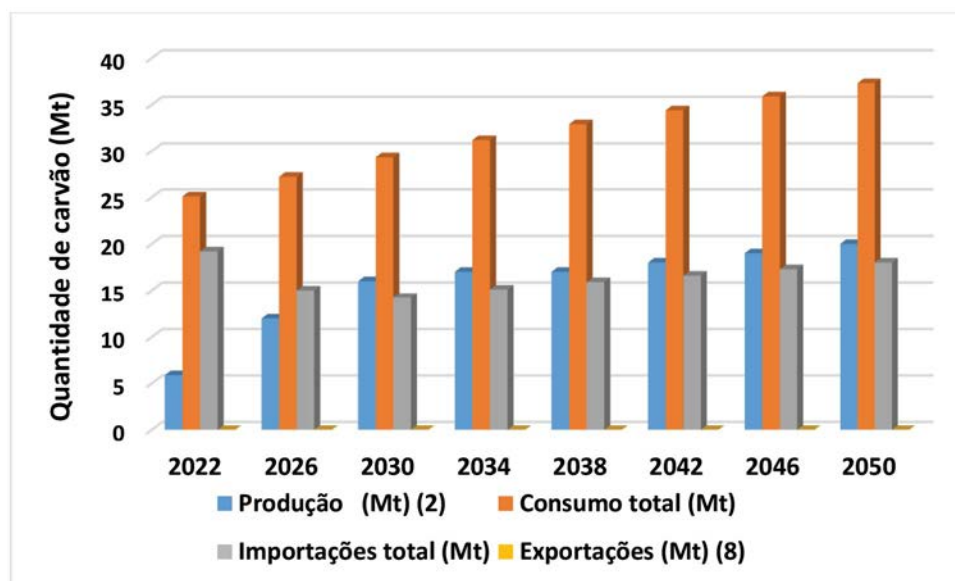


Figura 9c. Projeções do consumo de carvão tipo metalúrgico e tipo energético para o Brasil, até 2050.

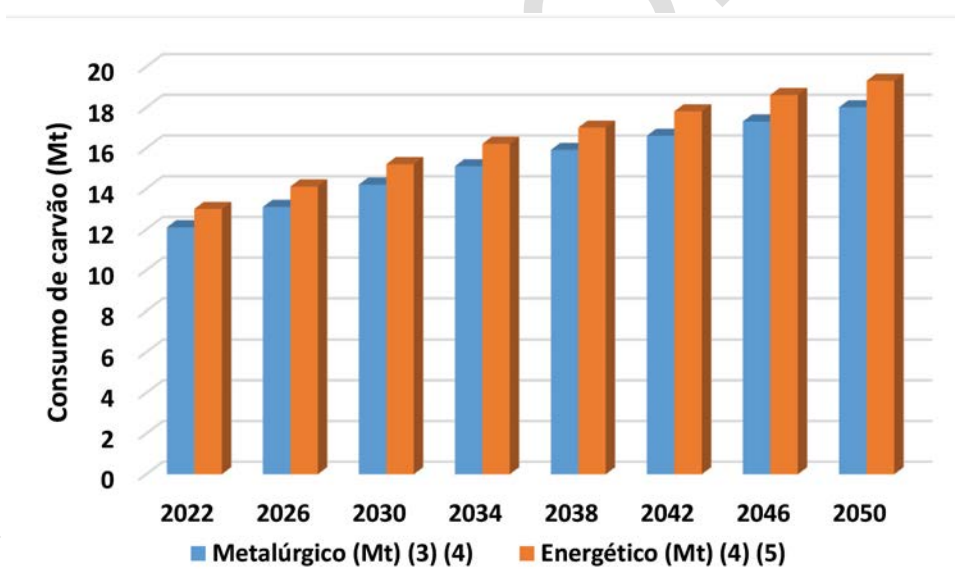


Figura 9d. Projeções da importação de carvão tipo metalúrgico e tipo energético para o Brasil até 2050.

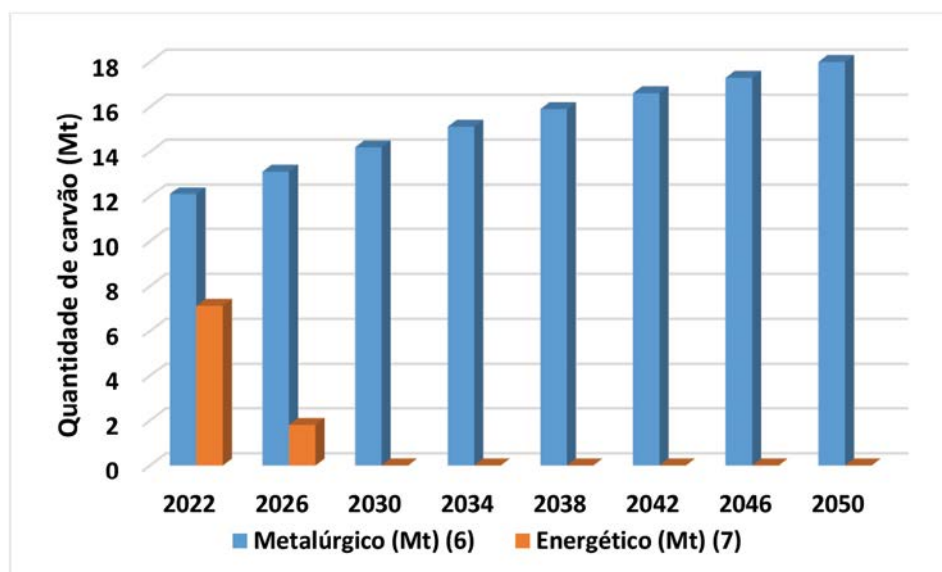
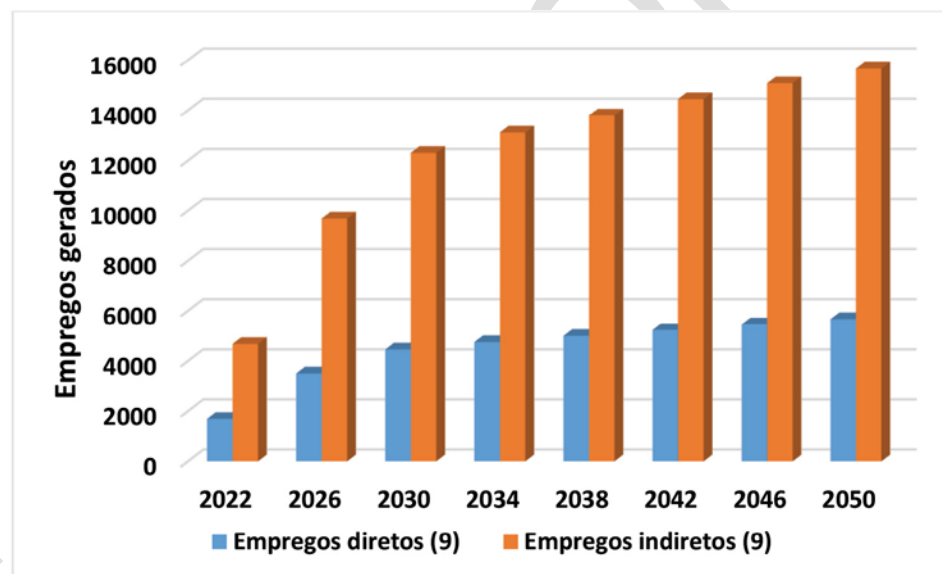


Figura 9e. Projeções da geração de empregos diretos e indiretos para o Brasil até 2050.



A projeção de produção e consumo de carvão considera de forma segmentada o mercado energético e o mercado siderúrgico. O mercado energético consome o carvão de menor poder calorífico, que pode ser encontrado no mercado nacional. Uma parcela do carvão consumido na geração de termoeletricidade no Maranhão e em Pernambuco ainda é importado, principalmente da Colômbia. Já o mercado de carvão para metalurgia é abastecido por carvão importado.

2.2.1.21.9. Projeções mundiais de carvão até 2050

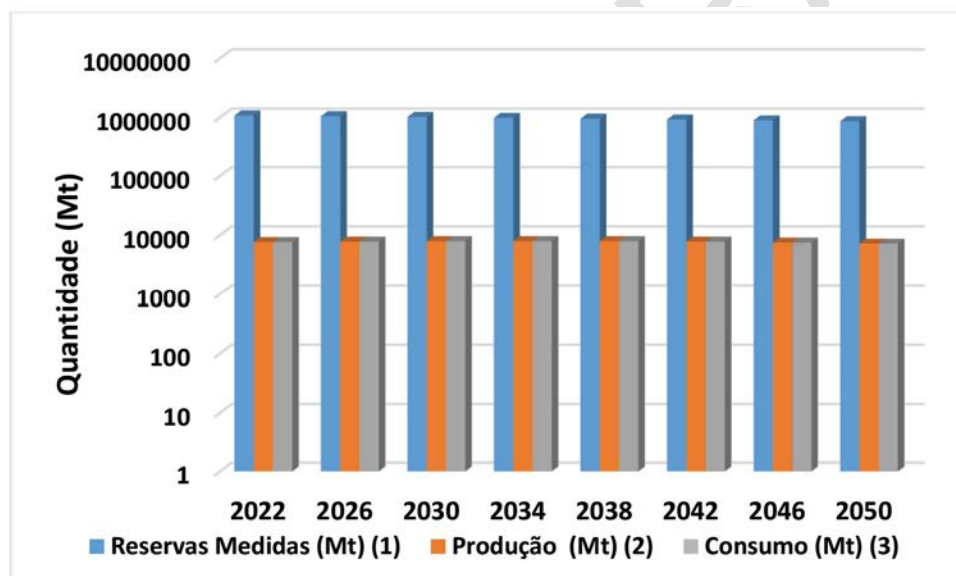
Os dados das projeções mundiais até 2050, são apresentados na Tabela 11 e Figura 10.

Tabela 11. Projeções para o mundo até 2050.

	2022	2026	2030	2034	2038	2042	2046	2050
Reservas Medidas (Mt) (1)	1.075.000	1.044.371	1.013.125	981.488	949.850	918.292	887.746	858.404
Produção (Mt) (2)	7.600	7.753	7.909	7.909	7.909	7.752	7.447	7.153
Consumo (Mt) (3)	7.600	7.753	7.909	7.909	7.909	7.752	7.447	7.153

1. Considerando as reservas atualizadas para 2020, consideradas abundantes, e depleção anual da produção.
2. Considerando o cenário de variação da produção mundial de 0,5% aa nessa década (BST 2021), de 0% aa até 2040 e de -1% aa até 2050.
3. Considerando que a produção acompanhará o consumo

Figura 10. Projeções para o mundo até 2050, considerando o cenário atual e o cenário futuro.



Lista de referências:

U15 2022: United Nations Department of Economic and Social Affairs | Comtrade Database. SH(4): 2701 e 2704.

U16 2022: United Nations Department of Economic and Social Affairs | Comtrade Database. SH(4): 2701 e 2704.

AMB 2022: Anuário Mineral Brasileiro em:
https://app.anm.gov.br/DadosAbertos/AMB/Producao_Beneficiada.csv



BPS 2011: BP Statistical Review of World Energy June 2011 em:
<http://large.stanford.edu/courses/2011/ph240/goldenstein1/docs/bp2011.pdf>

BPS 2016: BP Statistical Review of World Energy June 2016 em:
<http://large.stanford.edu/courses/2016/ph240/stanchi2/docs/bp-2016.pdf>

BPS 2021: BP Statistical Review of World Energy June 2021 em:
<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>

ANM 2022: Dados Abertos Arrecadação CFEM em:
<https://app.anm.gov.br/DadosAbertos/ARRECADACAO/>

BST 2021: Business Standard: Coal demand to peak in India by 2030 em:
https://www.business-standard.com/article/economy-policy/coal-demand-to-peak-in-india-by-2030-will-back-up-renewables-niti-report-121122001169_1.html

ANM 2020: Contato com ANM

PLANO NACIONAL DE MINERAÇÃO 2050
PNM 2050

SINOPSE 47. Água Mineral

CADERNO 2: Pesquisa e Produção Mineral

SINOPSE 47. Água Mineral.....	828
2.2. Análise-síntese dos Segmentos da Mineração Brasileira	829
2.2.1. Tipo Mineral	829
2.2.1.47. Água mineral.....	829
2.2.1.47.1. Reservas de água mineral.....	829
2.2.1.47.2. Produção de água mineral.....	833
2.2.1.47.3. Consumo de água mineral	835
2.2.1.47.4. Importações de água mineral.....	838
2.2.1.47.5. Exportações de água mineral	839
2.2.1.47.6. Porte das Empresas e Geração de Empregos	840
2.2.1.47.7. Porte dos Projetos em Andamento e/ou Previstos	841
2.2.1.47.8. Projeções para o Brasil até 2050 de água mineral.....	842
2.2.1.47.9. Projeções para o mundo até 2050 de água mineral.....	843

2.2. Análise-síntese dos Segmentos da Mineração Brasileira

2.2.1. Tipo Mineral

Água Mineral

2.2.1.22. Água mineral

De acordo com Jeber e Profeta (2018), no Brasil a água mineral natural é considerada um recurso mineral e é definida como água de origem subterrânea, que pode ser obtida de fontes naturais ou artificialmente captada. Caracteriza-se pelo conteúdo definido e constante de determinados sais minerais, oligoelementos e outros constituintes. Sua exploração e comercialização podem se dar por meio da ingestão na fonte, envase, fabricação de outras bebidas e uso em balneários.

O aproveitamento de águas minerais ou potáveis de mesa depende de concessão da União Federal, segundo legislação estabelecida no Código de Águas e nas suas regulamentações. A pesquisa e a lavra de águas minerais são outorgadas pela Agência Nacional de Mineração (ANM) e pelo Ministério de Minas e Energia (MME), respectivamente (JEBER E PROFETA, 2018).

2.2.1.22.1. Reservas de água mineral

Segundo o Relatório Técnico 57 dos Estudos para Elaboração do Plano Duodecenal (2010 - 2030) de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, a legislação voltada à água mineral ou potável de mesa permite que qualquer água subterrânea potável captada que obedeça às regras impostas pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), atual ANM, e pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) seja envasada e comercializada como um produto mineral. Desse modo, as reservas brasileiras de águas minerais são as reservas brasileiras de recursos hídricos subterrâneos, caracterizadas pelas Províncias Hidrogeológicas ou por Domínios Hidrogeológicos (MME, 2009). Por outro lado, o mesmo documento menciona que as reservas brasileiras de água mineral são determinadas pelo somatório das vazões definidas pelo DNPM, atual ANM, no momento da aprovação do relatório final de pesquisa (MME, 2009), indicando uma maneira de quantificá-las. A Tabela 1, complementada pelas Figuras 1a e

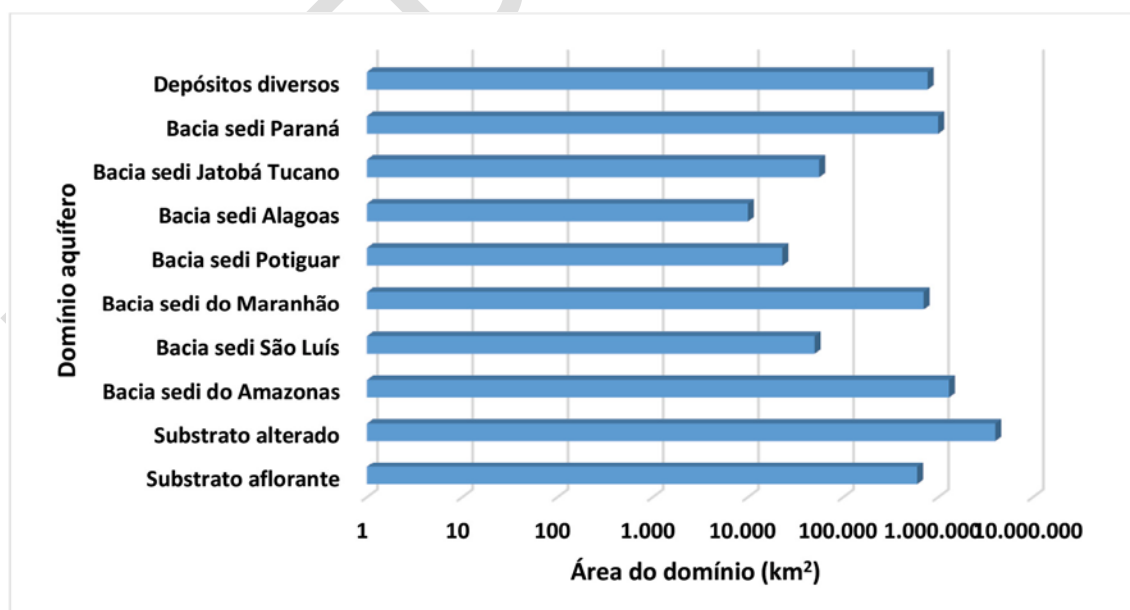
1b, apresenta as reservas brasileiras de água subterrânea, sua área, volume de água e intervalo de vazão dos poços de captação instalados.

Tabela 1. Reservas brasileiras de água subterrânea.

Domínio aquífero	Área (km²)	Volume de água (km³)	Intervalo de vazão dos poços (m³/h)
Substrato aflorante	600.000	80	< 1 - 5
Substrato alterado	4.000.000	10.000	5 - 10
Bacia Sedimentar do Amazonas	1.300.000	32.500	10 - 400
Bacia Sedimentar São Luís - Barreirinhas	50.000	250	10 - 150
Bacia Sedimentar do Maranhão	700.000	17.500	10 - 1.000
Bacia Sedimentar Potiguar - Recife	23.000	230	5 - 550
Bacia Sedimentar Alagoas - Sergipe	10.000	100	10 - 350
Bacia Sedimentar Jatobá - Tucano - Recôncavo	56.000	840	10 - 500
Bacia Sedimentar do Paraná (na parte brasileira)	1.000.000	50.400	10 - 700
Depósitos diversos	773.000	411	2 - 40
Totais	8.512.000	112.000	Não se aplica

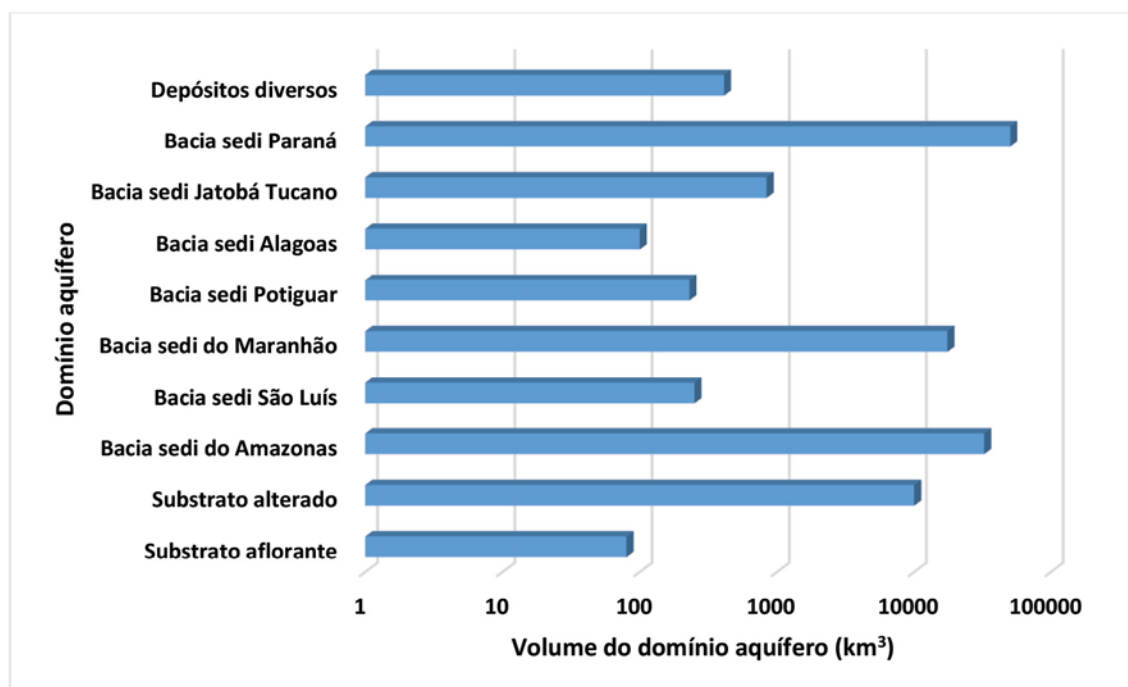
Fonte: MME (2009).

Figura 1a. Área dos domínios aquíferos brasileiros



Fonte: MME (2009).

Figura 1b. Volume dos domínios aquíferos brasileiros



Fonte: MME (2009).

Os domínios aquíferos brasileiros mais promissores são as áreas das Bacias Sedimentares, com a Bacia do Paraná sendo responsável por praticamente 50% de todo o volume de água subterrânea estocado. Esse volume é muito expressivo, todavia é necessário atentar-se para a sua preservação, pois fenômenos como o uso intensivo de insumos químicos na agricultura e a intensa migração da população interiorana para os aglomerados urbanos, onde ocorrem lançamentos de esgotos domésticos e de efluentes industriais não tratados, além de deposição de lixo de forma inadequada, podem causar a contaminação e consequente inviabilização do uso dessas reservas (MME, 2009).

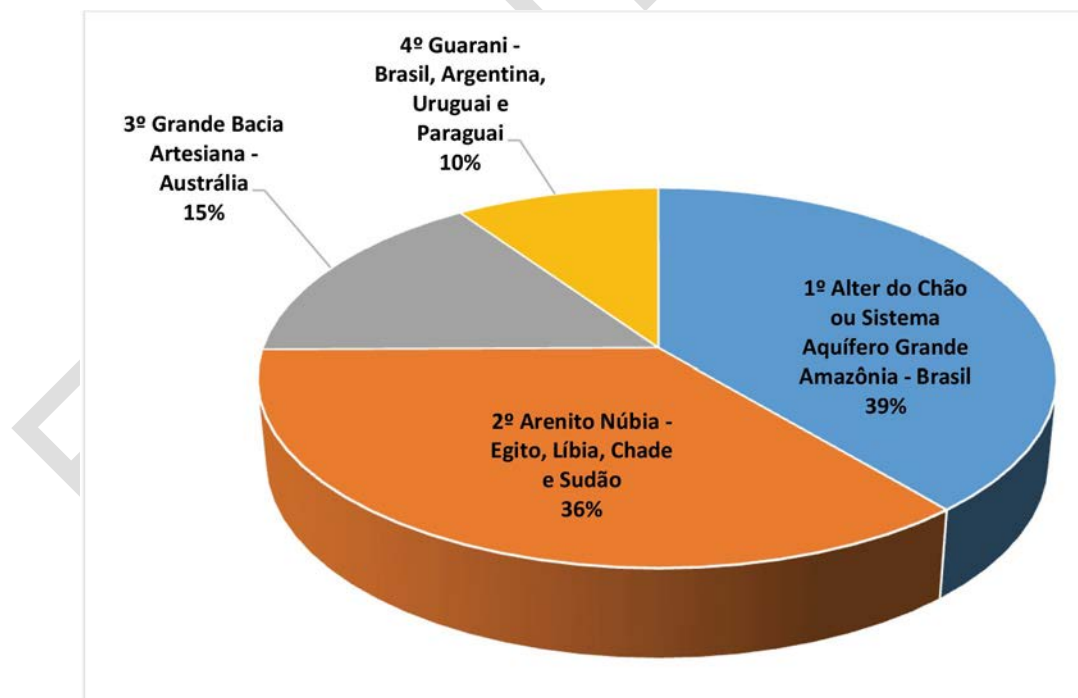
A Tabela 2 e os gráficos das Tabelas 2a e 2b apresentam os oito maiores aquíferos globais, como proxy das reservas de águas subterrâneas e, portanto, das reservas de água mineral do mundo.

Tabela 2. Ranking dos principais aquíferos globais.

Aquíferos	Países	Reserva em volume (km ³)	Reserva em área (km ²)
1º Alter do Chão ou Sistema Aquífero Grande Amazônia	Brasil	162.520	-
2º Arenito Núbia	Egito, Líbia, Chade e Sudão	150.000	2.000.000
3º Grande Bacia Artesiana	Austrália	65.000	1.700.000
4º Guarani	Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai	40.000	1.200.000
5º Bacia Murray-Darling	Austrália	-	297.000
6º Kalahari / Karoo	Namíbia, Botsuana e África do Sul	-	135.000
7º Digitalwaterway Vechte	Alemanha e Holanda	-	7.500
8º Praděd	República Tcheca e Polônia	-	3.300

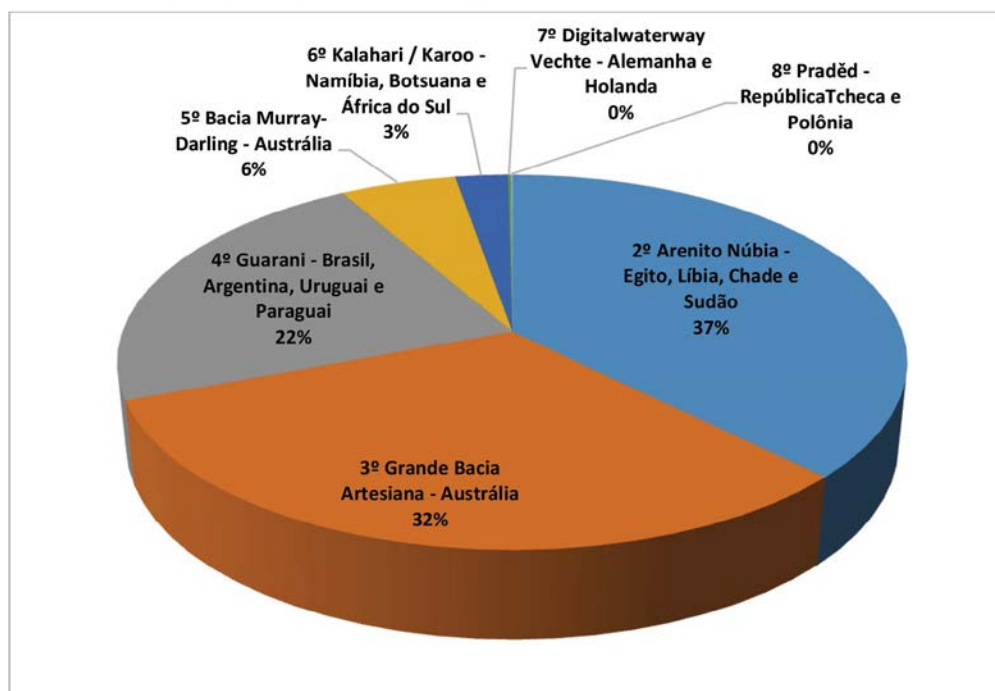
Fonte: JUNTOS PELA ÁGUA (2017)

Figura 2a. Ranking dos principais aquíferos globais em volumes das reservas e suas localizações.



Fonte: JUNTOS PELA ÁGUA (2017)

Figura 2b. Ranking dos principais aquíferos globais em áreas das reservas e suas localizações.



Fonte: JUNTOS PELA ÁGUA (2017)

O panorama das principais reservas mundiais de água subterrânea reforça a posição privilegiada do Brasil. É importante observar que os aquíferos Arenito Núbia e Grande Bacia Artesiana, a exemplo de outros que existem no mundo, não são reabastecidos por precipitação, constituindo reservas não renováveis (VRBA, 2004). Além disso, em muitos casos as águas desses grandes aquíferos são empregadas para atividades como agricultura, por exemplo em sistemas de irrigação, de modo que a quantidade disponível para uso como água mineral é significativamente inferior à capacidade total.

2.2.1.22.2. Produção de água mineral

A produção no Brasil de água mineral, a cada ano, desde 2010 até 2020, é mostrada na Tabela 3 e no gráfico da Figura 3. São discriminadas as produções de água mineral engarrafada, ingerida na fonte e utilizada para Composição de Produtos Industrializados (CPI).

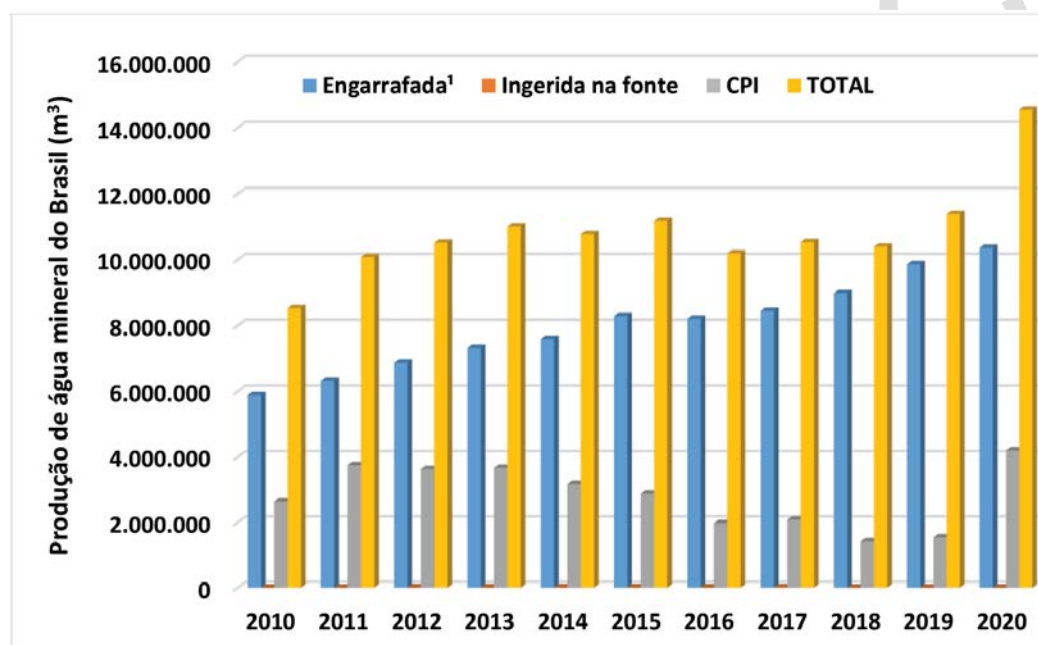
Tabela 3. Produção brasileira de água mineral, desde 2010 até 2020

Tipo/ Ano	Produção (m³)										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Engarra- fada¹	5.887.902	6.327.283	6.874.586	7.322.877	7.594.071	8.292.087	8.206.601	8.439.989	8.982.515	9.859.708	10.359.983
Ingerida na fonte	98	0	6.818	6.373	7.624	9.849	10.225	10.949	-	-	-
CPI	2.639.159	3.752.048	3.632.655	3.671.438	3.179.578	2.874.837	1.976.696	2.080.836	1.410.811	1.532.423	4.196.017
TOTAL	8.527.159	10.079.331	10.514.059	11.000.688	10.781.273	11.176.773	10.193.522	10.531.774	10.393.326	11.392.131	14.556.000

*Valores para os anos de 2018 a 2020 calculados como a soma das quantidades envasadas em garrafão, garrafa plástica, garrafa de vidro, copo e outras embalagens (AMB, 2020).

Fonte: DNPM (2013); DNPM (2014); DNPM (2016); DNPM (2018); ANM (2019); AMB (2020); ANM (2021).

Figura 3. Produção brasileira, por ano, de água mineral, desde 2010 até 2020.



Fonte: DNPM (2013); DNPM (2014); DNPM (2016); DNPM (2018); ANM (2019); AMB (2020); ANM (2021).

A produção brasileira de água mineral, considerando todos os tipos discriminados, cresceu 70,7% na década, a uma taxa anual composta (CAGR, do inglês *compound annual growth rate*) de 5,5%. A produção de água mineral engarrafada, que representa a maior parte do total, cresceu 76% no período, a CAGR de 5,8%, enquanto a produção para CPI cresceu 59% (CAGR de 4,7%). Para os anos de 2018 a 2020, não foram encontrados dados para a produção de água mineral ingerida na fonte (AMB, 2020). Há indícios de que pode haver subdeclaração da produção, considerando os dados de consultoria estrangeira para o consumo de água mineral no Brasil e aqueles relacionados a operações de comércio exterior, como será detalhado no tópico seguinte.

2.2.1.22.3. Consumo de água mineral

O consumo aparente (quantidade total produzida somada à importada, deduzidas as exportações) no Brasil de água mineral, a cada ano, desde 2010 até 2017, é mostrado na Tabela 4 e no gráfico da Figura 4. As quantidades importadas e exportadas nos anos de 2018, 2019 e 2020 não foram encontradas, impossibilitando o cálculo do consumo aparente.

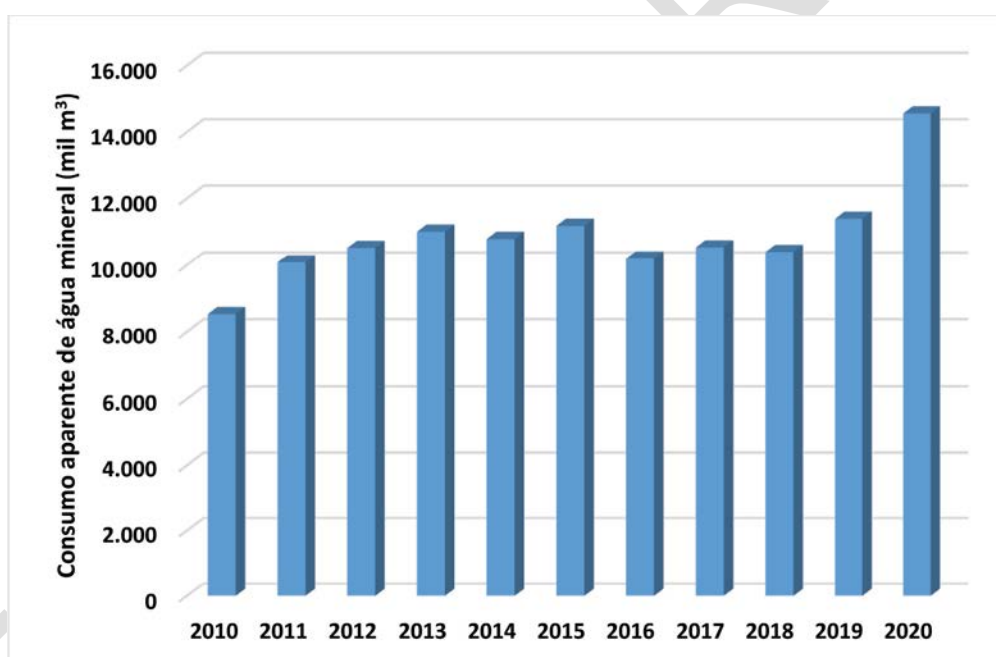
Tabela 4. Consumo brasileiro aparente de água mineral, desde 2010 até 2017

Consumo aparente (mil m ³) ^(e)											
Ano	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
TOTAL	8.528	10.081	10.515	11.003	10.784	11.179	10.194	10.533	10.394	11.388	14.552

Notas: (e) - Estimado, Consumo aparente = produção + importações – exportações

Fonte: DNPM (2013); DNPM (2014); DNPM (2016); DNPM (2018); ANM (2019); AMB (2020); ANM (2021); COMEXSTAT MDIC (2022)

Figura 4. Consumo brasileiro aparente, por ano, de água mineral, desde 2010 até 2017.



Fonte: DNPM (2013); DNPM (2014); DNPM (2016); DNPM (2018); ANM (2019); AMB (2020); ANM (2021); COMEXSTAT MDIC (2022)

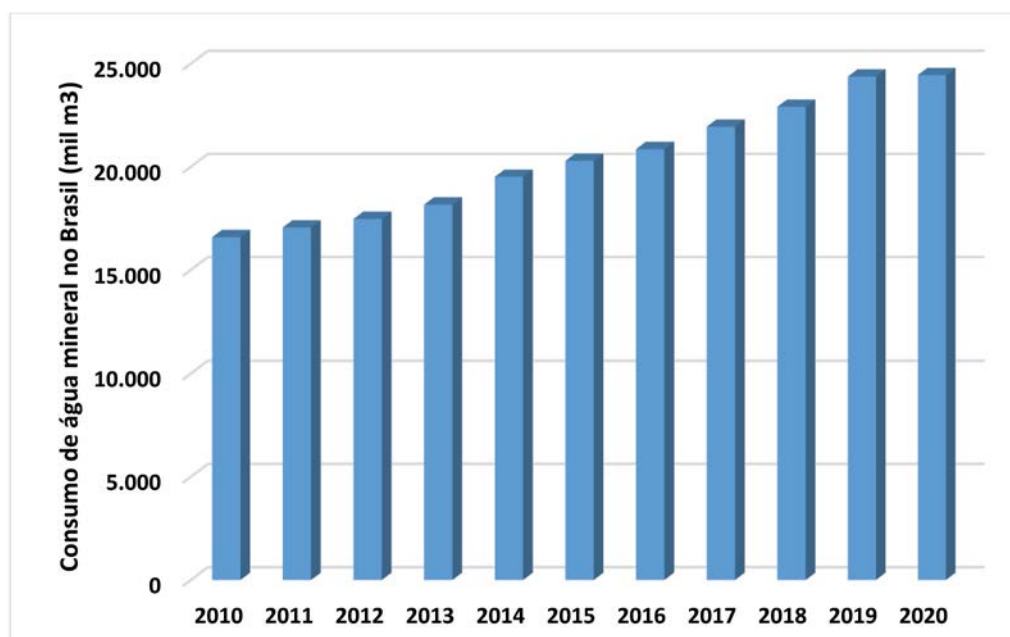
A consultoria *Beverage Marketing Corporation* (BMC) também disponibiliza dados de consumo de água engarrafada no Brasil, indicados na Tabela 5 e na Figura 5.

Tabela 5. Consumo brasileiro de água mineral, desde 2010 até 2020

Consumo (mil m ³)											
Ano	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
TOTAL	16.575	17.049	17.458	18.156	19.500	20.280	20.848	21.935	22.900	24.365	24.439

Fonte: BMC (2016); BMC (2017); BMC (2018); BMC (2019); BMC (2020); BMC (2021).

Figura 5. Consumo brasileiro, por ano, de água mineral, desde 2010 até 2020.



Fonte: BMC (2016); BMC (2017); BMC (2018); BMC (2019); BMC (2020); BMC (2021).

Comparando os dados de consumo aparente e aqueles disponibilizados pela BMC, observa-se que o consumo aparente em um ano varia entre 48% e 61% do consumo indicado pela BMC para aquele mesmo ano, no período de 2010 a 2020. Isso sugere que pode haver uma subdeclaração da produção, visto que os valores para essa grandeza são computados a partir de Relatórios Anuais de Lavra (RALs) e que os números de comércio exterior são pouco significativos (ANM, 2019). Considerando os dados da BMC, o consumo de água mineral engarrafada no Brasil cresceu 47,4% de 2010 a 2020, a uma CAGR de 3,96%, enquanto para o consumo aparente de 2010 a 2017 o crescimento foi de 23,5% (CAGR de 2,13%).

Adicionalmente, de acordo com o Sumário Mineral Brasileiro 2018, em 2017 os balneários declararam uso de 82,2 milhões de m³ de água mineral em 83 concessões, distribuídas nos estados de Goiás (92,7% do volume utilizado declarado), Santa Catarina (2,5%), São Paulo (2,0%), Mato Grosso do Sul

(1,4%), Paraná (1,3%), Rio Grande do Sul e Pernambuco (os dois últimos com menos de 1% cada) (ANM, 2021).

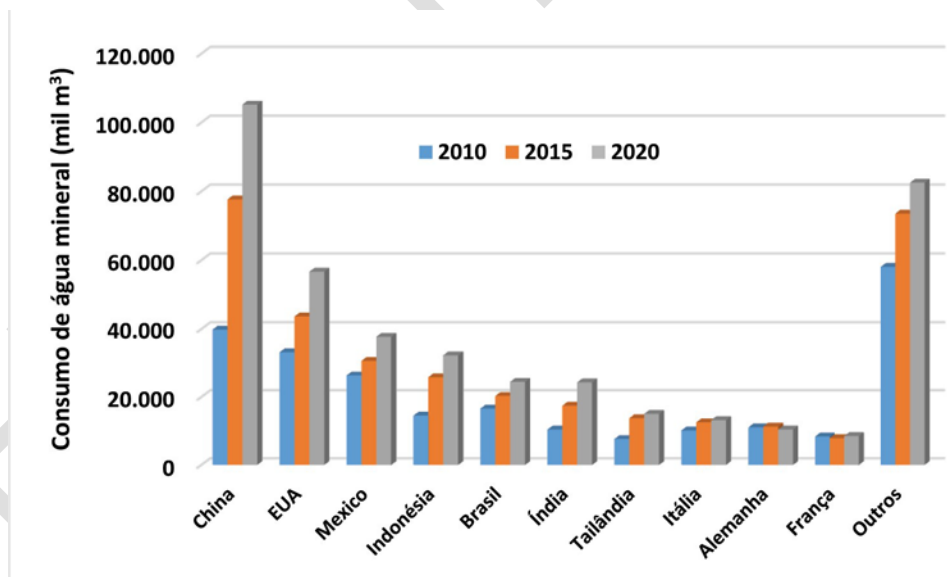
Em termos globais, o consumo de água mineral no mundo em 2010, 2015 e 2020 está descrito na Tabela 6 e na Figura 6 (BMC, 2016; BMC, 2021).

Tabela 6. Dados de consumo de água mineral no mundo em 2010, 2015 e 2020, em mil m³

Colocação	2010		2015		2020	
	País	Consumo (mil m ³)	País	Consumo (mil m ³)	País	Consumo (mil m ³)
1º	China	39.820	China	77.626	China	105.161
2º	EUA	33.146	EUA	43.622	EUA	56.622
3º	México	26.306	México	30.591	México	37.699
4º	Indonésia	14.500	Indonésia	25.800	Indonésia	32.230
5º	Brasil	16.575	Brasil	20.280	Brasil	24.439
6º	Índia	10.392	Índia	17.399	Índia	24.288
7º	Tailândia	7.602	Tailândia	13.718	Tailândia	14.988
8º	Itália	10.116	Itália	12.500	Itália	13.154
9º	Alemanha	11.029	Alemanha	11.244	Alemanha	10.400
10º	França	8.327	França	7.873	França	8.472
	Subtotal Top 10	177.815	Subtotal Top 10	260.653	Subtotal Top 10	327.453
	Todos os outros	58.038	Todos os outros	73.513	Todos os outros	82.484
	Total global	235.853	Total global	334.166	Total global	409.937

Fonte: BMC (2021).

Figura 6. Consumo de água mineral no mundo em 2010, 2015 e 2020, em mil m³



Fonte: BMC (2021).

O consumo de água mineral nos países que representam os dez maiores mercados responde por mais de 75% do total global em todos os anos considerados.

Integram os *top 10* seis dos países mais populosos do mundo: China (1º), Índia (2º), Estados Unidos (3º), Indonésia (4º), Brasil (6º) e México (10º) e quatro dos países com maior consumo per capita: Itália (2º), Tailândia (3º), França (7º) e Alemanha (9º) (BMC, 2021). Comparando as CAGRs dos períodos 2010 a 2015 e 2015 a 2020, na maioria dos casos, a taxa foi menor no período posterior, refletindo possivelmente a desaceleração do crescimento da população mundial (BANCO MUNDIAL apud GOOGLE, 2022).

2.2.1.22.4. Importações de água mineral

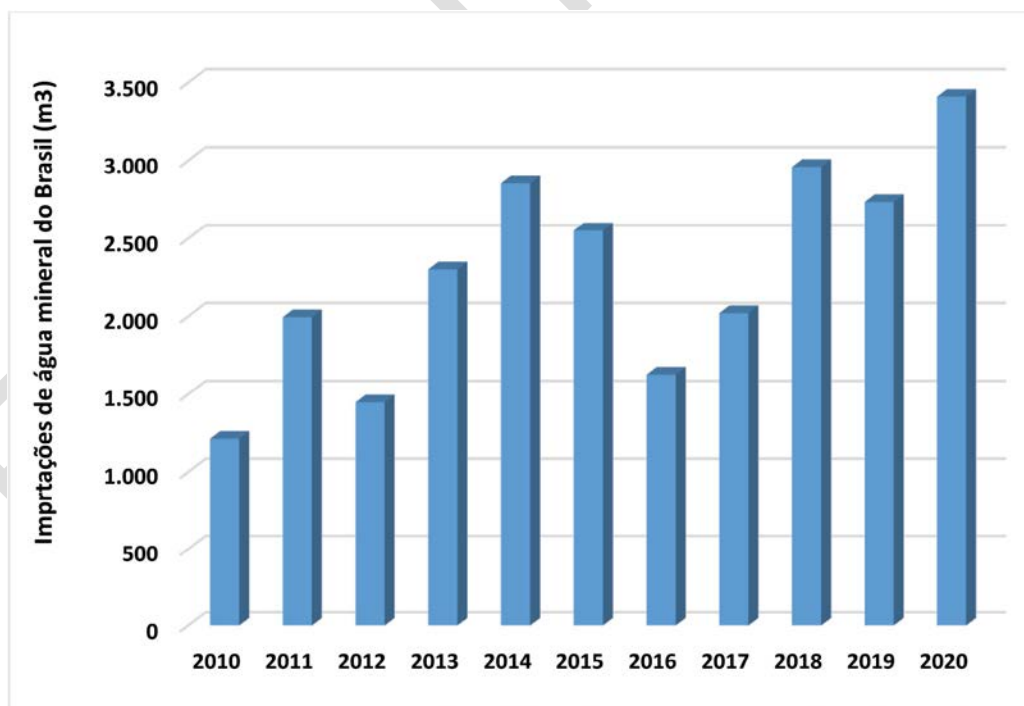
As quantidades de água mineral engarrafada importadas para o Brasil a cada ano, desde 2010 até 2017, são mostradas na Tabela 7 e no gráfico da Figura 7. As quantidades importadas nos anos de 2018, 2019 e 2020 não estão disponíveis em fontes certificadas.

Tabela 7. Importações brasileiras de água mineral engarrafada, desde 2010 até 2020

Importações (m³)											
Ano	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
TOTAL	1.215	1.994	1.447	2.302	2.853	2.551	1.625	2.020	2.959	2.734	3.410

Fonte: COMEXSTAT MDIC (2022)

Figura 7. Importações brasileiras, por ano, de água mineral engarrafada, desde 2010 até 2020.



Fonte: COMEXSTAT MDIC (2022)

No período de 2010 a 2017, as importações de água mineral engarrafada para o Brasil representaram de 0,01% a 0,03% da quantidade total de produção declarada, tendo sido, portanto, muito pouco significativas (ANM, 2019). As principais fontes das importações brasileiras foram França, Itália e Noruega.

2.2.1.22.5. Exportações de água mineral

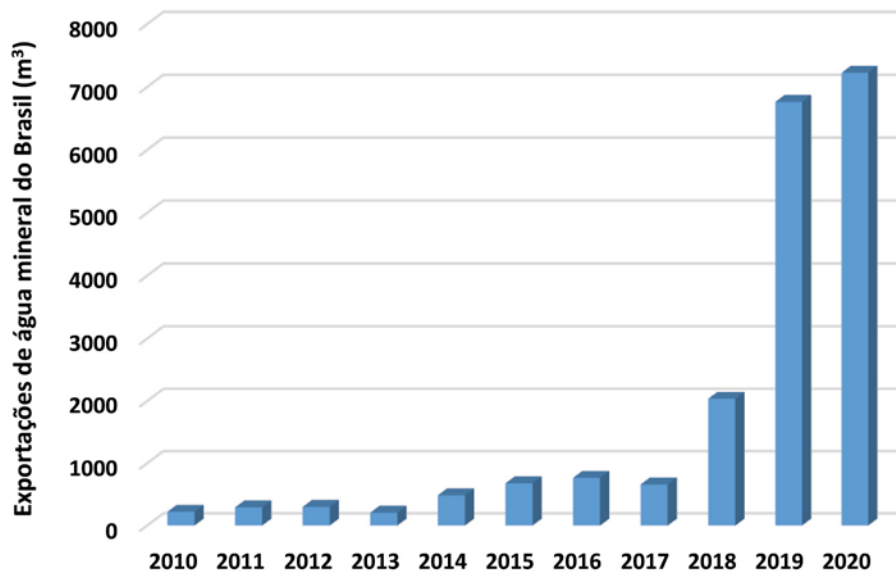
As quantidades de água mineral engarrafada exportadas do Brasil a cada ano, desde 2010 até 2017, são mostradas na Tabela 8 e no gráfico da Figura 8. As quantidades exportadas nos anos de 2018, 2019 e 2020 não estão disponíveis em fontes certificadas.

Tabela 8. Exportações brasileiras de água mineral engarrafada, desde 2010 até 2020

Exportações (m³)											
Ano	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
TOTAL	219	289	297	205	485	676	764	658	2.036	6.763	7.226

Fonte: COMEXSTAT MDIC (2022)

Figura 8. Exportações brasileiras, por ano, de água mineral engarrafada, desde 2010 até 2017



Fonte: COMEXSTAT MDIC (2022)

No período de 2010 a 2017, as exportações de água mineral engarrafada do Brasil representaram de 0,002% a 0,007% da quantidade total de produção declarada, tendo sido, de maneira semelhante às importações, muito pouco

significativas (ANM, 2019). Os principais destinos das exportações brasileiras foram Guiana, Paraguai e Bolívia.

2.2.1.22.6. Porte das Empresas e Geração de Empregos

De acordo com o Sumário Mineral Brasileiro 2018, ao final de 2017, existiam 1.205 concessões de lavra de água mineral e potável de mesa ativas no país, cujos usos englobam envase, fabricação de bebidas e balneários. Um total de 567 complexos produtivos declararam envase de água mineral e 25 declararam uso para composição de bebidas industrializadas. Havia, em 2017, 151 unidades produtivas localizadas em São Paulo, 59 em Minas Gerais, 58 no Rio de Janeiro e 33 em Pernambuco (ANM, 2021).

A Tabela 9 mostra um panorama das empresas produtoras de água mineral no Brasil no ano de 2017, conforme tipo de produção (água mineral envasada ou composição de produtos industrializados - CPI), em termos de marcas comercializadas, quantidade produzida, estados da federação onde estão instaladas suas operações e os números de empregos diretos. As empresas produtoras de água mineral envasada listadas responderam por aproximadamente 25% da quantidade declarada de água mineral engarrafada produzida no ano, enquanto as empresas relacionadas à CPI listadas responderam por aproximadamente 92% da produção declarada de água mineral para CPI em 2017. Segundo a revista Exame, ao final de 2018 havia 400 produtoras de água mineral no país (EXAME, 2018b).

Tabela 9. Panorama listando algumas das maiores empresas produtoras de água mineral no Brasil, por porte de produção, no ano de 2017

Água mineral envasada				
Empresa	Marcas	Produção (m³)	Estado	Ref.
Grupo Edson Queiroz	Indaiá e Minalba	700.519,09	SP, BA, CE, PB, PA, PE, SE, DF, GO, MA, AL	2731 (EXAME, 2018a)
Coca-Cola/FEMSA	Crystal	405.119,47	SP, AL, GO, RS	
Danone	Bonafont	278.519,64	SP, MG, RJ	
Flamin	Bioleve	227.879,70	SP	
Nestlé	Nestlé Pureza Vital, Petrópolis e São Lourenço	177.239,77	SP, RJ, MG	284 (EXAME, 2018a)
J&E, L&R, Torres e Pedrosa e Pedrosa	Santa Joana, Cristalina, Serrambi e Lindóia	177.239,77	PE	
Mineração Canaã	Fresca	143.479,81	BA	
CPI – Composição de produtos industrializados				
Empresa		Produção (m³)	Estado	Ref.
Heineken		1.304.684,17	BA, PE, PA, SP, RS, MA, GO	284 (EXAME, 2018a)
Grupo Edson Queiroz		353.742,12	SP, BA, CE, PB, PA, PE, SE, DF, GO, MA, AL	
Flamin		143.577,68	SP	
Dias D'ávila		104.041,80	BA	

Fonte: ANM (2021).

2.2.1.22.7. Porte dos Projetos em Andamento e/ou Previstos

De acordo com o Sumário Mineral Brasileiro 2018, em 2017 foram publicadas 33 novas Portarias de Lavra para água mineral, 12 delas no estado de São Paulo, 5 no Rio Grande do Sul e 4 em Goiás. Ademais, foram aprovados 31 Relatórios Finais de Pesquisa e 11 Relatórios de Reavaliação de Reservas. Investimentos da ordem de R\$ 153 milhões foram declarados pelas empresas do setor, contra R\$ 118 milhões em 2016 (dado revisado), e mais de 60% deles foram declarados como segue: a Coca-Cola informou investimentos expressivos

em nova unidade engarrafadora da marca Crystal localizada em Luziânia/GO, nas unidades de Mogi das Cruzes e Bauru/SP, tendo, por outro lado, encerrado operações de envase em Ijuí/RS em setembro de 2017; a empresa Julia Adam declarou investimentos em seu balneário em Iretama/PR; a Nestlé, na unidade de São Lourenço/MG; a Danone, majoritariamente nos complexos de Jundiá/SP, Itapeverica da Serra/SP e Nova Iguaçu/RJ; e a Mineral Minérios, em Dias D'ávila/BA (ANM, 2021).

2.2.1.22.8. Projeções para o Brasil até 2050 de água mineral

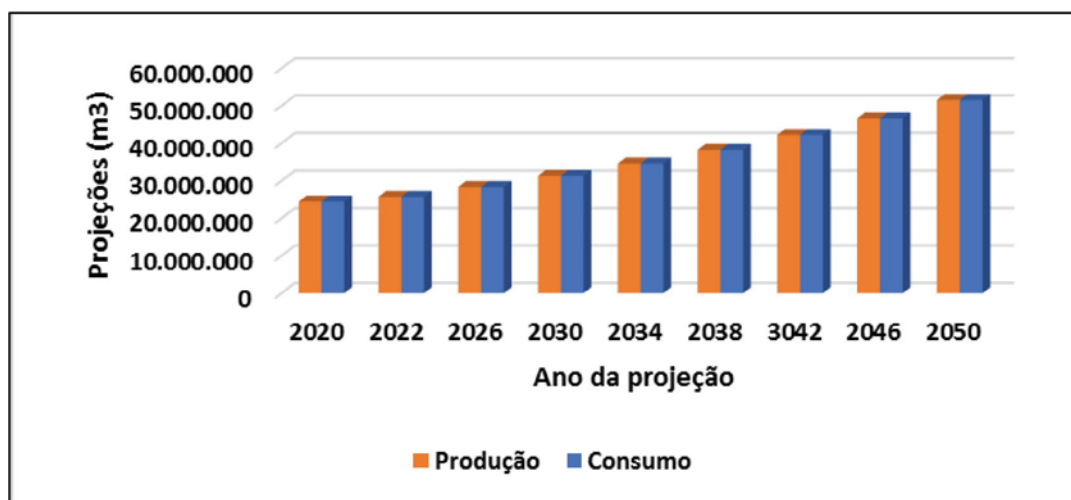
As projeções estimadas para água mineral engarrafada no Brasil, até 2050, considerando o cenário atual, o cenário futuro e pleno investimento no setor, são apresentadas na Tabela 10 e na Figura 9, considerando os dados de produção da BMC (BMC, 2021).

Tabela 10. Projeções estimadas para água mineral engarrafada no Brasil, até 2050, considerando o cenário atual, o cenário futuro e pleno investimento no setor.

	2020	2022	2026	2030	2034	2038	2042	2046	2050
Reservas Medidas	Suficientes para suprir a demanda por muitos anos, desde que preservadas (MME, 2009)								
Produção (m³) ¹	24.438.808	25.685.480	28.372.852	31.341.393	34.620.522	38.242.732	42.243.921	46.663.739	51.545.985
Consumo (m³)	24.438.808	25.685.480	28.372.852	31.341.393	34.620.522	38.242.732	42.243.921	46.663.739	51.545.985
Importações	Comércio exterior não significativo (ANM, 2021)								
Exportações									
Empregos diretos	32.900	34.578	38.196	42.192	46.607	51.483	56.870	62.820	69.392
Empregos indiretos	164.500	172.891	190.980	210.962	233.034	257.416	284.348	314.098	346.961

¹Assumida igual ao consumo para todo o intervalo de tempo considerado. Dados de produção baseados no consumo, segundo BMC (2021) e taxa de crescimento de 2,52% aa. Deve-se ressaltar aqui que a produção declarada no Brasil, em 2020, apresentou um número menor que o da BMC em 10 milhões de m³.

Figura 9. Projeções estimadas para água mineral engarrafada no Brasil, até 2050, considerando o cenário atual e o cenário futuro.



Projeta-se que o consumo de água mineral engarrafada no Brasil, assim como os números de empregos diretos e indiretos associados, cresça 110,92% de 2020 a 2050, a uma CAGR de 2,52%, seguindo a tendência mundial proposta que será detalhada no tópico a seguir. O total de empregos diretos em 2020 foi estimado extrapolando a proporção de produção e empregos diretos do Grupo Edson Queiroz no segmento de água mineral envasada (ANM, 2021; EXAME, 2018a) para toda a indústria, ao passo que, para os empregos indiretos, foi usada a proporção de um emprego direto para cinco indiretos (O MIRANTE JOINVILLE, 2020; PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA, 2017).

As projeções estimadas colocam o comércio de água mineral engarrafada como uma oportunidade de negócio resiliente no longo prazo e, portanto, merecedora de atenção no que se refere a fomento, solidez regulatória e preservação das reservas, para que seu potencial possa se materializar.

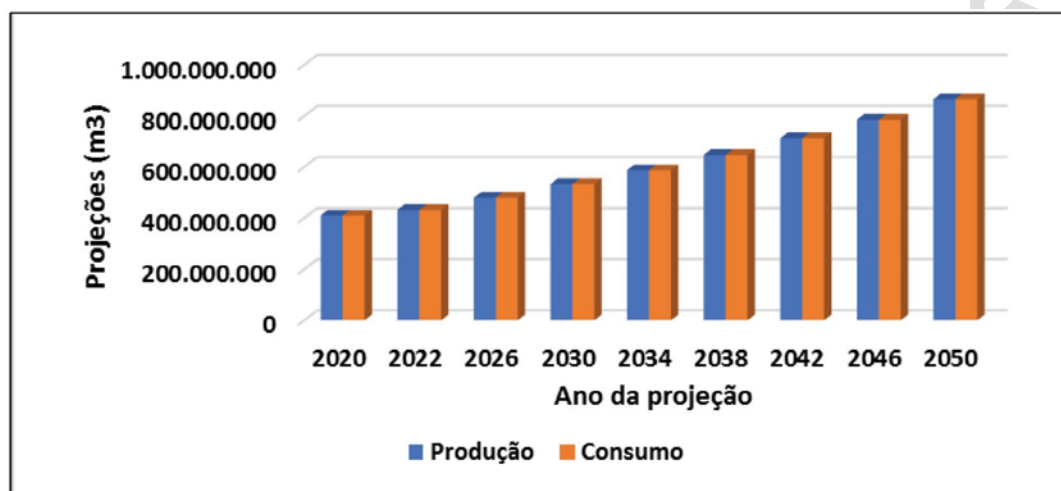
2.2.1.22.9. Projeções para o mundo até 2050 de água mineral

As projeções estimadas para água mineral no mundo, até 2050, considerando o cenário atual, o cenário futuro e pleno investimento no setor, são apresentados na Tabela 11 e na Figura 10.

Tabela 11. Projeções estimadas para água mineral no mundo, até 2050, considerando o cenário atual, o cenário futuro e pleno investimento no setor.

	2020	2022	2026	2030	2034	2038	2042	2046	2050
Reservas Medidas	Suficientes para suprir a demanda por muitos anos, desde que preservadas (MME, 2009)								
Produção (m³) ¹	410.143.856	432.250.542	480.102.779	533.252.491	587.430.537	647.113.032	712.859.223	785.285.177	865.069.553
Consumo (m³)	410.143.856	432.250.542	480.102.779	533.252.491	587.430.537	647.113.032	712.859.223	785.285.177	865.069.553

Figura 10. Projeções estimadas para água mineral no mundo, até 2050, considerando o cenário atual, o cenário futuro e pleno investimento no setor.



Projeta-se que o consumo mundial de água mineral engarrafada cresça 110,92% de 2020 a 2050, a uma CAGR (*compound annual growth rate*) de 2,52%. O consumo mundial pode ser obtido multiplicando-se a população global pelo consumo per capita; pode-se observar que o produto da população global em 2020, 7.794.798.739, (WORLDMETER, 2022) pelo consumo per capita reportado pela BMC (2021), de 13,9 galões, ou 0,05261763259 m³, está indicado na Tabela 11 e difere do valor apresentado na Tabela 5 (409.936.783,13) em apenas 0,05%. Portanto, a partir das tendências para o comportamento da população global e do consumo per capita de água mineral engarrafada no período considerado, pode-se inferir o comportamento do consumo mundial.

A Organização das Nações Unidas (ONU) projeta que a população global chegará a 8,5 bilhões em 2030 e a 9,7 bilhões em 2050; assumindo uma CAGR constante nos períodos de 2020 a 2030 e de 2030 a 2050, foi possível estimar as populações nos outros anos indicados na tabela.

Em relação ao comportamento do consumo per capita, considerou-se as informações e projeção da BMC (2021) para os Estados Unidos como *proxy* do que pode acontecer no mundo como um todo. Em 2020, o consumo de água mineral engarrafada representava uma fatia de 23,6% do mercado de bebidas norte-americano. A expectativa é que essa fatia cresça nos próximos anos, tomando espaço principalmente de bebidas gaseificadas como refrigerantes e a base de frutas, menos saudáveis e mais calóricas (BMC, 2021). Assumiu-se que a fatia de mercado correspondente ao consumo de água mineral engarrafada chegue a 40% em 2050, perfazendo um crescimento de 69,49% no período de 2020 a 2050, equivalente a uma CAGR de 1,77%. Essa taxa foi usada para determinação do consumo per capita nos anos indicados na tabela, e os valores de consumo apresentados foram obtidos multiplicando-se a projeção da população global pela projeção do consumo per capita de cada ano.

Lista de referências:

Agência Nacional de Mineração (ANM) (2019). Sumário Mineral 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral> -> https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumariomineral_2017. Acesso em: 11 mar. 2022.

Agência Nacional de Mineração (ANM) (2021). Sumário Mineral 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2018> -> <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/pasta-sumario-brasileiro-mineral-2018/agua-mineral>. Acesso em: 27 mar. 2022.

Anuário Mineral Brasileiro (AMB) - Água mineral (2020). Disponível em: https://dados.gov.br/dataset/anuario-mineral-brasileiro-amb/resource/4d80d4cf-ea95-4a55-a968-4c3e19e7c9d0?inner_span=True. Acesso em: 28 mar. 2022.

Banco Mundial. In: Google - crescimento da população mundial. (2020). Disponível em: https://www.google.com/search?q=crescimento+da+popula%C3%A7%C3%A3o+mundial&rlz=1C1SQJL_pt-BRBR804BR804&oq=crescimento+da+popula%C3%A7%C3%A3o+&aqs=chrome.1.69i57j0i512l3j0i457i512j0i512l5.4042j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8. Acesso em: 28 mar. 2022.

Beverage Marketing Corporation (BMC) (2016). Disponível em: https://bottledwater.org/wp-content/uploads/2020/03/BWR_Jul-Aug_2016_BMC-2015-bottled-water-stat-article-1.pdf. Acesso em: 28 mar. 2022.

Beverage Marketing Corporation (BMC) (2017). Disponível em: <https://bottledwater.org/statistics/> -> https://bottledwater.org/wp-content/uploads/2020/03/BMC2016_BWR_StatsArticle.pdf. Acesso em: 28 mar. 2022.

Beverage Marketing Corporation (BMC) (2018). Disponível em: <https://bottledwater.org/statistics/> -> https://bottledwater.org/wp-content/uploads/2020/03/BMC2017_BWR_StatsArticle.pdf. Acesso em: 28 mar. 2022.

Beverage Marketing Corporation (BMC) (2019). Disponível em: <https://bottledwater.org/statistics/> -> https://bottledwater.org/wp-content/uploads/2020/03/2018BottledWaterStats_pub2019.pdf. Acesso em: 28 mar. 2022.

Beverage Marketing Corporation (BMC) (2020). Disponível em: <https://bottledwater.org/statistics/> -> https://bottledwater.org/wp-content/uploads/2021/03/2019BWstats_BMCArticle_BWR_JulyAug2020_lowres.pdf. Acesso em: 28 mar. 2022.

Beverage Marketing Corporation (BMC) (2021). Disponível em: <https://bottledwater.org/statistics/> -> https://bottledwater.org/wp-content/uploads/2021/07/2020BWstats_BMC_pub2021BWR.pdf. Acesso em: 28 mar. 2022.

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (2013). Sumário Mineral 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-1>. Acesso em: 14 mar. 2022.

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (2014). Sumário Mineral 2014. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-1>. Acesso em: 14 mar. 2022.

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (2016). Sumário Mineral 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-1>. Acesso em: 14 mar. 2022.

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (2018). Sumário Mineral 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-1>. Acesso em: 14 mar. 2022.

Devex. Opinion: We rely on water for everything we need. Why don't we manage it that way? (2019). Disponível em: <https://www.devex.com/news/opinion-we-rely-on-water-for-everything-we-need-why-don-t-we-manage-it-that-way-94192>. Acesso em: 30 mar. 2022.

Exame (2018a). Disponível em: <https://exame.com/negocios/a-guerra-da-agua-nestle-e-minalba-se-unem-para-enfrentar-coca-cola/>. Acesso em: 28 mar. 2022.

Exame (2018b). Disponível em: <https://exame.com/colunistas/primeiro-lugar/as-aguas-vao-rolar/>. Acesso em: 28 mar. 2022.

Jeber, A., Profeta, A. L. Águas Minerais (2018). In: <http://recursomineralmg.codemge.com.br/ficha-catalografica/>. Disponível em: <http://recursomineralmg.codemge.com.br/>. Acesso em: 24 mar. 2022.

JUNTOS PELA ÁGUA (2017). Disponível em: <https://www.juntospelaagua.com.br/2015/08/21/os-8-maiores-aquiferos-do-mundo/>. Acesso em: 24 mar. 2022.

McKinsey & Company. Sustainability in packaging: Investable themes (2021a). Disponível em: <https://www.mckinsey.com/industries/paper-forest-products-and-packaging/our-insights/sustainability-in-packaging-investable-themes?cid=other-eml-alt-mip-mck&hdpid=de18f8c8-5d7d-4ccf-a65d-ccce09781810&hctky=12239123&hlkid=f09f0092ad894f91ad7260c04b91aaa8>. Acesso em: 30 mar. 2022.

McKinsey & Company. True packaging sustainability: Understanding the performance trade-offs (2021b). Disponível em: <https://www.mckinsey.com/industries/paper-forest-products-and-packaging/our-insights/true-packaging-sustainability-understanding-the-performance-trade-offs?cid=other-eml-alt-mip-mck&hdpid=de18f8c8-5d7d-4ccf-a65d-ccce09781810&hctky=12239123&hlkid=d3afe58af7ed44f9a92ea89762e3e19c>. Acesso em: 30 mar. 2022.

Ministério de Minas e Energia (MME) (2009). Relatório Técnico 57 - Perfil da água mineral. Disponível em: http://www.jmendo.com.br/wp-content/uploads/2011/08/P31_RT57_Perfil_da_xgua_Mineral.pdf. Acesso em: 24 mar. 2022.

O Mirante Joinville. Acinam promove campanha para valorizar geração de empregos na cadeia da água mineral (2020). Disponível em: <https://omirantejoinville.com.br/2020/10/09/acinam-promove-campanha-para-valorizar-geracao-de-empregos-na-cadeia-da-agua-mineral/>. Acesso em: 29 mar. 2022.

Portal Meio Ambiente MG. Governo de MG publica decreto e consolida regras para cobrança de uso de recursos hídricos (2021). Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/banco-de-noticias/2556--governo-de-mg-publica-decreto-e>



consolida-regras-para-cobranca-de-uso-de-recursos-hidricos. Acesso em: 30 mar. 2022.

Portal Tratamento de Água. Grupo anuncia indústria de água mineral em Uberaba; investimento deve chegar a R\$ 3 milhões (2017). Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/grupo-agua-mineral-uberaba-investimento-3milhoes/>. Acesso em: 29 mar. 2022.

United Nations (UN). Population Facts (2019). Disponível em: https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/popfacts/PopFacts_2019-6.pdf. Acesso em: 29 mar. 2022.

VRBA, J. The world's groundwater resources - Contribution to Chapter 4 of WWDR-2 (Draft). International Groundwater Resources Assessment Centre. Report Nr IP 2004-1. 10 p. Utrecht, 2004.

Worldometer. World Population by Year (2022). Disponível em: <https://www.worldometers.info/world-population/world-population-by-year/>. Acesso em: 29 mar. 2022.

PLANO NACIONAL DE MINERAÇÃO 2050
PNM 2050

ANÁLISE CONSOLIDADA DOS SEGMENTOS MINERAIS

CADERNO 2: Pesquisa e Produção Mineral

ANÁLISE CONSOLIDADA DOS SEGMENTOS MINERAIS	849
2.2. Análise-síntese dos Segmentos da Mineração Brasileira	850
2.2.2. Análise Consolidada dos Segmentos Minerais: Conclusões e Proposições de Medidas de Estímulo.....	850
2.2.2.1. Intensificação do fluxo de descobertas de novos depósitos minerais...	850
2.2.2.2. Ampliação de reservas minerais.....	851
2.2.2.3. Melhoria das condições de competitividade da produção mineral	852
2.2.2.4. Desenvolvimento de mercados.....	853
2.2.2.5. Demanda de investimentos e mecanismos de captação de recursos financeiros.....	855
2.2.2.6. Demanda de recursos humanos e intensificação de treinamento e capacitação	856
2.2.2.7. Desenvolvimento tecnológico.....	857
2.2.2.8. Aspectos regulatórios.....	858
2.2.2.9. Aspectos sobre concentração regional da atividade mineral e logística de transporte	860
2.2.2.10. Sustentabilidade	861
2.2.2.11. Modelo para Criação e Funcionamento dos Institutos em Consórcios de Empresas.....	863

2.2. Análise-síntese dos Segmentos da Mineração Brasileira

2.2.2. Análise Consolidada dos Segmentos Minerais: Conclusões e Proposições de Medidas de Estímulo

São aqui apresentadas as conclusões consolidadas das análises sintéticas do setor mineral, contendo os diagnósticos de cada demanda, seguidos das proposições de medidas de estímulo, para alcançar cada um dos objetivos, descritos nos títulos das seções abaixo.

Observe-se que, em função de muitos objetivos estarem interligados entre si, como é natural em ações de um mesmo setor, há diagnósticos e proposições que são semelhantes, ou mesmo se repetem, para alcançar os mesmos objetivos. Portanto, por uma questão de organização e ainda para reforçar o caráter interdependente de todas as ações, os diagnósticos e as proposições que se aplicarem a mais de um objetivo, serão repetidos em seções subsequentes.

2.2.2.1. Intensificação do fluxo de descobertas de novos depósitos minerais

Diagnóstico consolidado:

- Poucos depósitos identificados de minerais estratégicos.
- Baixa densidade de alvos identificados na região amazônica.
- Atratividade a investimentos em pesquisa mineral reduzida por altos custos e riscos do negócio.
- Grande incerteza no retorno de capital.

Ações estruturantes propostas:

1. Incrementar os recursos da CPRM, para disponibilizar os bancos de dados GeoSGB já integrados e georreferenciados, no sentido de suportar uma análise do projeto ainda em fase inicial, levando em consideração todos os âmbitos que envolvem a razoável perspectiva de extração econômica.
2. Implementar medidas para estimular a criação de consórcios de empresas, para investimento privado na identificação de novos depósitos, em gestão de um conselho das empresas participantes, com assento de

representante da CPRM e de especialistas no setor. Idealmente, deverá haver um consórcio para commodities, uma para materiais de construção civil e um para minerais estratégicos, por cada região da federação.

3. Implantar regime tributário específico para os serviços contratados de identificação de depósitos, possivelmente classificando como atividade de pesquisa, contemplada pela Lei do Bem. Esta ação se alinha com a proposta formulada pela APROMIN, que prevê a equiparação da pesquisa mineral à PD&I.
4. Estimular e apoiar a criação de institutos regionais privados, de propriedade de terceiros ou dos próprios consórcios, custeados por estes, com cotas fixas anuais de cada empresa e com participação de seus conselhos na gestão, para execução das atividades de exploração. Tais institutos podem se inspirar nos existentes no Canadá, que têm participação de empresas de todo o mundo, inclusive brasileiras. Os gestores de tais institutos deverão ser também porta-vozes do setor, com respeito a questões na região da federação onde atuarem, junto aos órgãos de governo. Um modelo possível é apresentado ao final deste documento.
5. Criar sistema de leilão específico para as novas descobertas realizadas pelos próprios consórcios, com critérios de prioridade para os participantes, e que estimulem a diversidade de empresas detentoras dos direitos.

2.2.2.2. Ampliação de reservas minerais

Diagnóstico consolidado:

- Alto custo das operações de sondagem para a certificação de reservas.
- Grande incerteza no retorno de capital, principalmente para novos depósitos.
- Baixa disponibilidade de tecnologias de beneficiamento mineral, para várias tipologias encontradas em depósitos brasileiros.
- Longo tempo de resposta e grande complexidade jurídica para se efetivarem contratações e custeio, por parte do setor privado, de parcerias de desenvolvimento tecnológico com as IES públicas.
- Incertezas jurídicas, mesmo com custeio privado, com respeito ao uso de recursos e infraestrutura públicos, para desenvolvimento de tecnologias a serem transferidas ao setor privado.

Ações estruturantes propostas:

6. Implantar regime tributário específico para os serviços contratados de medição e certificação de reserva, possivelmente classificando como atividade de pesquisa, contemplada pela Lei do Bem, em extensão à proposta de equiparação da Pesquisa Mineral à PD&I.
7. Estimular e apoiar a criação de institutos regionais privados, de propriedade de terceiros ou dos próprios consórcios, custeados por estes, com cotas fixas anuais de cada empresa e com participação de seus conselhos na gestão, para gestão e/ou desenvolvimento de novas rotas de beneficiamento e aplicação de minérios de baixo teor, ou tipologia desafiadora, ou baixa liberação, ou baixo volume. Tais institutos, idealmente, deverão ser os mesmos propostos para a pesquisa mineral e agir em consonância, parceria e complementariedade com os institutos atuais de PD&I, na área de beneficiamento, a exemplo do CETEM, IPT, Fundação Gorceix e outros, para os quais poderão transferir recursos, oriundos do setor privado, inclusive royalties, em realização de atividades conjuntas. Um modelo possível é apresentado ao final deste documento.

2.2.2.3. Melhoria das condições de competitividade da produção mineral

Diagnóstico consolidado:

- Alguns segmentos da mineração apresentam elevado grau de concentração da produção em poucas empresas.
- Grande número de direitos minerários não explorados, concentrados em poucas empresas. Em vários casos, em empresas sem perfil de produção e talvez com caráter especulativo.
- Pequena disponibilidade de tecnologias economicamente viáveis e sustentáveis, para a exploração e beneficiamento de pequenos depósitos, ou depósitos com mineralogias atípicas.
- Deficiências na infraestrutura e na gestão logística de acesso aos depósitos e escoamento de produção.

Ações estruturantes propostas:

8. Implementar política de estímulo à diversificação da produção mineral por empresa, para que as grandes empresas utilizem seu know-how e infraestrutura na produção de novos bens minerais.



9. Provocar a exploração de reservas não lavradas por empresas de grande porte, por estabelecimento de prazos e favorecimento de mecanismos de exploração compartilhada com terceiros e de transferência de direitos de lavra. Em adição, coibir a manutenção de direitos minerários com propósitos especulativos, através da ação da ANM, com a aplicação dos dispositivos legais já existentes
10. Estimular e apoiar a criação de institutos regionais privados, de propriedade de terceiros ou dos próprios consórcios, custeados por estes, com cotas fixas anuais de cada empresa e com participação de seus conselhos na gestão, para gestão e/ou desenvolvimento de tecnologias sustentáveis, com vistas à exploração e beneficiamento de pequenas reservas. Tais institutos, idealmente, deverão ser os mesmos propostos para a pesquisa mineral e beneficiamento e agir em consonância, parceria e complementariedade com os institutos atuais de PD&I, na área de beneficiamento, a exemplo do CETEM, IPT, Fundação Gorceix e outros, para os quais poderão transferir recursos, oriundos do setor privado, inclusive royalties, em realização de atividades conjuntas. Um modelo possível é apresentado ao final deste documento.
11. Estruturar e lançar plano de infraestrutura logística de longo prazo, tanto para atender às demandas atuais, quanto as futuras, do setor mineral, permitindo um planejamento integrado dos investimentos em mineração, por parte das empresas.

2.2.2.4. Desenvolvimento de mercados

Diagnóstico consolidado:

- Desequilíbrio fiscal e baixa expansão da economia brasileira ocasionam queda de dinamismo de determinados setores produtivos mais diretamente relacionados ao mercado doméstico.
- Crescimento tímido, ou até redução, da produção nacional de produtos semi-acabados e produtos finais, a partir dos bens minerais.
- Crescimento insatisfatório do setor de construção civil, muitas vezes freado em suas tendências de pico, em função de altas regionais de preços de insumos, causadas por oferta insuficiente.
- Redução da produção nacional de aço.
- Redução da produção nacional de ferro-ligas e desempenho restrito das produções de cobre metálico e alumínio metálico, em função do custo da energia.

- Foco das empresas de minerais estratégicos em espectro restrito de produtos, para o mercado internacional. Na economia dos minerais da transição energética, o fortalecimento de posição competitiva requer a integração de elos da cadeia produtiva.
- Alta complexidade burocrática, para a exportação de produtos em pequena escala.

Ações estruturantes propostas:

12. Implementar ações de Estado, de natureza tributária, que promovam a redução de custos, na origem, de matérias primas comercializadas diretamente para a produção de produtos acabados e semi-acabados, em adição à atual compensação fiscal. Tal ação deve estar associada a rigoroso estudo que garanta arrecadação tributária, por aumento da atividade econômica, de modo a compensar, ou até superar, eventual renúncia.
13. Promover desoneração tributária seletiva de bens minerais para a construção civil. Do mesmo modo que no caso anterior, esta ação deve estar associada a rigoroso estudo que garanta arrecadação tributária, por aumento da atividade econômica, de modo a compensar, ou até superar, eventual renúncia.
14. Implementar estímulos para a produção de aços longos, destinados à produção de estruturas em concreto, e de aços ao nióbio, destinados a construções em estruturas metálicas.
15. Disponibilizar novas linhas de financiamento especiais, para auto-geração de energia em indústrias metalúrgicas de uso intensivo de energia, atreladas à produção e à geração de empregos.
16. Disponibilizar novas linhas de financiamento especiais, para implantação de instalações industriais destinadas à diversificação de produtos e ao avanço até o produto acabado. Por exemplo; i) Terras Raras: não basta produzir os óxidos; é necessário produzir os metais e suas ligas; ii) Lítio: deve-se alcançar no mínimo o carbonato de Li de grau bateria; e iii) Grafita: deve-se alcançar o grafite esférico encapsulado.
17. Promover a criação de estrutura portuária e de cabotagem, juntamente com assessoria dedicada à exportação, em pequena escala, de bens minerais e seus produtos, com baixos tempo de tramitação e baixo custo.

2.2.2.5. Demanda de investimentos e mecanismos de captação de recursos financeiros

Diagnóstico consolidado:

- Atividade de mineração apresenta longo tempo de maturação e comissionamento, no Brasil, dificultando a competição com investimentos em outros países.
- Grande parte dos depósitos identificados no Brasil são de propriedade de pessoas jurídicas e empresas que não apresentam planos para sua exploração em curto e médio prazos.
- O alto custo e sobretudo o elevado risco da atividade de pesquisa mineral inibe a participação de pequenos e até médios investidores. A pesquisa mineral, que é a atividade que agrega valor aos depósitos e atrai investidores, é freada por seus altos custos, falta de base de dados integrada e por seus riscos associados.
- Para os minerais estratégicos, a falta de uma cadeia de produção nacional que os consuma inibe a atração de pequenos e médios investidores locais, que poderiam suprir a indústria avançada.

Ações estruturantes propostas:

18. Otimizar a divulgação dos potenciais projetos minerais do Brasil, com avanço dos processos de licenciamento independentemente dos investidores, através de setores específicos da ANM para cada grupo de minerais, sendo tais grupos ainda a definir. Neste sentido, estimular e destinar recursos a iniciativas como a Plataforma P3M e o Invest Mining.
19. Identificar os depósitos não explorados e reservas não exploradas, para condicionar a propriedade do depósito ao início de sua exploração em um prazo de até 10 anos.
20. Desonerar as atividades de pesquisa mineral e enquadrá-las na Lei do Bem, inclusive com a possibilidade de compensação em tributos futuros, após o início da operação e ainda em tributos de empresas investidoras.
21. Estimular o desenvolvimento de projetos integrados para minerais estratégicos, com a participação de uma ou mais empresas em cada projeto, desde as atividades de exploração, até a produção de bens acabados, priorizando sua geração na mesma região do depósito.

2.2.2.6. Demanda de recursos humanos e intensificação de treinamento e capacitação

Diagnóstico consolidado:

- Grande parte dos depósitos minerais estão em regiões de baixa densidade demográfica e sem estrutura educacional adequada.
- Para o setor mineral, com necessidade premente de evolução no Brasil, a formação de engenheiros e técnicos com atuação diretamente na operação, nas áreas de mineração, metalurgia, materiais, química, mecânica, elétrica e automação, são insuficientes, tanto em tópicos abordados pelos currículos, quanto em quantidade e qualidade de graduados.
- As empresas do setor mineral, incluindo as de transformação, nos últimos anos, apresentaram grande evolução em gestão, a qual não foi acompanhada pela evolução técnica, nem do ponto de vista dos recursos humanos, nem do ponto de vista das estratégias das empresas.
- Para os minerais estratégicos, há um forte déficit de conhecimento e desenvolvimento no Brasil, por parte até das próprias instituições de ensino.

Ações estruturantes propostas:

22. Nos projetos alocados em regiões sem estrutura educacional, as empresas devem incluir infraestrutura física e se comprometer com plano de formação de longo prazo, ainda que oferecido de forma sazonal, com instrutores externos.
23. Aprimorar os currículos escolares das engenharias, para adequar às novas tecnologias e aos materiais estratégicos, inicialmente através de disciplinas complementares/optativas, oferecidas sem custos às universidades e escolas técnicas, por especialistas de centros de desenvolvimento custeados por consórcios de empresas, uma vez que ainda não há conhecimento no mercado nacional para arregimentar docentes das áreas deficitárias.
24. “Premiar” as empresas que façam investimento maciço em formação técnica (não apenas treinamento) in-company, sendo em nível de pós-graduação, para os engenheiros, e em nível de aperfeiçoamento, para o pessoal de nível médio.
25. Estimular e apoiar a criação de institutos regionais privados, de propriedade de terceiros ou dos próprios consórcios, custeados por estes, com cotas fixas anuais de cada empresa e com participação de seus conselhos

na gestão, para desenvolvimento de tecnologias e disseminação do conhecimento. Tais institutos, idealmente, deverão ser os mesmos propostos para a pesquisa mineral, beneficiamento e desenvolvimento de tecnologias e agir em consonância, parceria e complementariedade com os institutos atuais de PD&I, na área de beneficiamento, a exemplo do CETEM, IPT, Fundação Gorceix e outros, para os quais poderão transferir recursos, oriundos do setor privado, inclusive royalties, em realização de atividades conjuntas. Um modelo possível é apresentado ao final deste documento.

2.2.2.7. Desenvolvimento tecnológico

Diagnóstico consolidado:

- O melhor aproveitamento das substâncias minerais é limitado pela falta de investimentos em PD&I de modo geral no setor. As empresas precisam entender e adequar as rotas de produção e beneficiamento para o aproveitamento mais eficientes de diferentes tipos de minérios, especialmente para os minerais estratégicos.
- Há poucas iniciativas de pesquisa e inovação para as áreas de lavra e pesquisa mineral, onde os avanços tecnológicos observados em outros países em temas como automação e inteligência artificial tem acelerado o ritmo de descobertas de novos depósitos, bem como reduzindo custos de produção e mitigando riscos associados à segurança ocupacional.
- O reaproveitamento de estéril e rejeitos tem impulsionado novas iniciativas de geração de novos produtos e coprodutos, com foco especial em aplicações para a agricultura e construção civil.
- Muitas das dificuldades enfrentadas pelo setor em relação à qualidade da produção e à geração de novos produtos estão relacionadas ao acesso a instalações adequadas de pesquisa aplicada para testes de bancada e ensaios piloto, que tem afetado especialmente os empreendimentos de médio e pequeno porte.

Ações estruturantes propostas:

26. Ampliar os incentivos para que as empresas continuem aumentando seus investimentos em PD&I, promovendo com mais ênfase as linhas de financiamento subsidiado para inovação e os incentivos fiscais vigentes, especialmente junto a empreendimentos de médio e pequeno porte. Tal ação deve estar associada a rigoroso estudo que garanta arrecadação

- tributária, por aumento da atividade econômica, de modo a compensar, ou até superar, eventual renúncia.
27. Estimular e apoiar a criação de institutos regionais privados, de propriedade de terceiros ou dos próprios consórcios, custeados por estes, com cotas fixas anuais de cada empresa e com participação de seus conselhos na gestão, para impulsionar a pesquisa aplicada e o desenvolvimento de soluções tecnológicas para o aproveitamento mais eficiente de minérios, gerando novos produtos, atuando na cadeia de transformação e ampliando as oportunidades de reaproveitamento de estéril e rejeitos das operações. Tais institutos, idealmente, deverão ser os mesmos propostos para a pesquisa mineral e beneficiamento e agir em consonância, parceria e complementariedade com os institutos atuais de PD&I, na área de beneficiamento, a exemplo do CETEM, IPT, Fundação Gorceix e outros, para os quais poderão transferir recursos, oriundos do setor privado, inclusive royalties, em realização de atividades conjuntas. Um modelo possível é apresentado ao final deste documento.
 28. Estimular iniciativas de integração entre a cadeia de produção mineral com a reciclagem e a economia circular, premiando as empresas que apresentem alto desempenho nesse tipo de iniciativa.
 29. Atuar na governança da proteção da propriedade intelectual para novos desenvolvimentos, incentivando as lideranças em inovação a terem participação nos resultados e impulsionando a transferência de tecnologia ao setor produtivo.
 30. Incentivar estudos e visando a implementação de tecnologias como a de blockchain pela ANM, em associação com a 'rede blockchain Brasil' lançada em maio de 2022,. A implantação desta tecnologia pela ANM poderia monitorar o sistema produtivo brasileiro, acessando diretamente produção, consumo, investimentos, monitoramentos de recurso hídricos, energéticos, força de trabalho e demais estatísticas importantes para o setor.

2.2.2.8. Aspectos regulatórios

Diagnóstico consolidado:

- O crescimento da produção mineral é limitado pelas dificuldades na tramitação dos processos minerais durante as diferentes fases dos títulos minerais e nos seus diferentes regimes. Ações relativamente simples como aditamento de substâncias e homologação de novos produtos minerais

- passam por processos de avaliação e autorização complexos e extensos.
- Nota-se uma falta de integração entre as agências e órgãos reguladores distribuídas em diferentes ministérios e sujeitas a regras de governança distintas, dificultando a abertura de novos empreendimentos assim como de projetos de expansão dos empreendimentos atuais.
 - Há poucas fontes de dados públicos organizados e consolidados para apoiar a tomada de decisão das empresas interessadas em desenvolver novos empreendimentos de mineração. Isso inclui dados e mapeamentos geológicos bem como informações relacionadas à produção, consumo, geração de empregos, logística e acesso a novos mercados para todas as substâncias minerais, em especial para os minerais estratégicos. Destaquem-se aqui iniciativas que devem ser expandidas e integradas, como a Plataforma P3M (SGB/CPRM), Invest Mining (SGM) e o Anuário Mineral Brasileiro Interativo.

Ações estruturantes propostas:

31. Desenvolver um sistema de fast-track para a análise de processos de títulos minerários, para agilizar a avaliação de processos de substâncias consideradas prioritárias a nível local e regional, bem como a nível nacional para os minerais estratégicos.
32. Implantar um sistema de balcão único para a integração da análise de processos de títulos minerários pelas diferentes agências e órgãos reguladores, com foco na simplificação administrativa e redução de entraves para a mineração de média e pequena escala, com avaliação proporcional ao menor nível de risco associado a estes empreendimentos.
33. Estabelecer mecanismos para sincronizar as análises e exigências da ANM com o licenciamento ambiental, para que novos empreendimentos possam entrar em produção de forma mais ágil, ampliando a competitividade na exportação de produtos minerais. Neste sentido, sugere-se a adoção da metodologia de Análise Ambiental Estratégica (AAE), para a condução de estudos ambientais integrados de províncias geomineiras selecionadas, de forma a facilitar a emissão de licenças ambientais de cada empreendimento específico, com fundamento na análise do background do meio físico, econômico e socioambiental de toda a região compreendida.
34. Promover uma maior independência financeira da ANM, para assegurar recursos adequados para a realização de programas de inspeção e de extensionismo mineral.

2.2.2.9. Aspectos sobre concentração regional da atividade mineral e logística de transporte

Diagnóstico consolidado:

- A competitividade dos empreendimentos de mineração é afetada pelos custos logísticos. A escassez de modais logísticos mais eficientes dificulta o transporte dos produtos e reduz a competitividade dos empreendimentos.
- No caso de substâncias minerais do grupo de rochas e minerais industriais, o raio de alcance dos produtos até os mercados consumidores é limitado pelos custos da logística de transporte, aumentando os preços e reduzindo a disponibilidade desses bens para a população, indústrias locais e para obras de infraestrutura
- Já para as substâncias de maior valor agregado, os custos de transporte afetam diretamente a competitividade dos empreendimentos de mineração, tanto no mercado interno quanto nas exportações.

Ações estruturantes propostas:

35. Promover o mapeamento das conexões entre os polos locais e regionais de mineração e os respectivos mercados ou pontos de escoamento, de forma integrada com informações de produção, consumo e arrecadação, para priorizar a implantação de novos modais logísticos que beneficiem os empreendimentos de mineração.
36. Retomar o projeto de delimitação das áreas de relevante interesse mineral, incluindo aspectos de concentração regional e de escoamento da produção, para facilitar a integração entre produtores e consumidores e impulsionar a produção mineral.
37. No caso dos minerais estratégicos, incentivar a implantação das etapas de agregação de valor aos produtos próximo dos polos produtores, para reduzir custos logísticos e reduzir a emissão de gases de efeito estufa, promovendo assim a descarbonização da cadeia de valor mineral.
38. Promover a criação de estrutura ferroviária e portuária dedicada à exportação, em pequena escala, de substâncias minerais de forma competitiva com o mercado internacional. Constituir EADIs (Estações Aduaneiras do Interior) junto aos principais polos mínero-industriais que exerçam atividades comerciais com o exterior, visando facilitar o desembaraço aduaneiro, junto ao empreendimento produtor, e a expedição do produto alfandegado em contêineres lacrados, com redução de custos e dos ciclos de despacho e embarque marítimo.

2.2.2.10. Sustentabilidade

Diagnóstico consolidado:

- Diversos empreendimentos desenvolvem e mantêm programas de gerenciamento do consumo e reuso de água na mineração. No entanto, essa prática não está disseminada no setor, com poucas fontes de dados e informações sobre uso de água, medidas de controle e metas de reuso.
- O suprimento de substâncias minerais, incluindo os minerais estratégicos, está associado a novos empreendimentos de mineração que muitas vezes se localizam em regiões remotas e isoladas. Esses empreendimentos têm encontrado dificuldades de acesso à rede elétrica, em função dos altos custos para a instalação de ramais e subestações. Embora exista interesse na utilização de outras fontes de geração de energia renovável, as empresas acabam optando por geração própria, normalmente utilizando diesel.
- A produção de substâncias minerais pelos grandes grupos de mineração está associada a iniciativas que buscam alcançar as metas de redução de emissões estabelecidas na COP26. Por outro lado, a maior parte dos empreendimentos de médio e pequeno porte ainda enfrenta dificuldades para contribuir com as metas nacionais de controle de emissões a nível do escopo 1 e escopo 2 definidas pela COP26.
- A ampliação futura da produção mineral no país depende do desempenho das empresas no atendimento dos procedimentos estabelecidos na Resolução ANM no. 68/2021, referentes à execução dos planos de fechamento de mina. Se o setor mineral não obtiver níveis de desempenho adequado nesse sentido, haverá dificuldades para emissão e renovação de licenciamento para empreendimentos novos e existentes, limitando .
- Outros desafios relacionados a temas de sustentabilidade observados na produção mineral incluem temas como uso futuro, métodos de lavra de baixo impacto ambiental, o uso de equipamentos e tecnologias ecoeficientes, e mecanismos de monitoramento de desempenho ESG por parte das empresas.

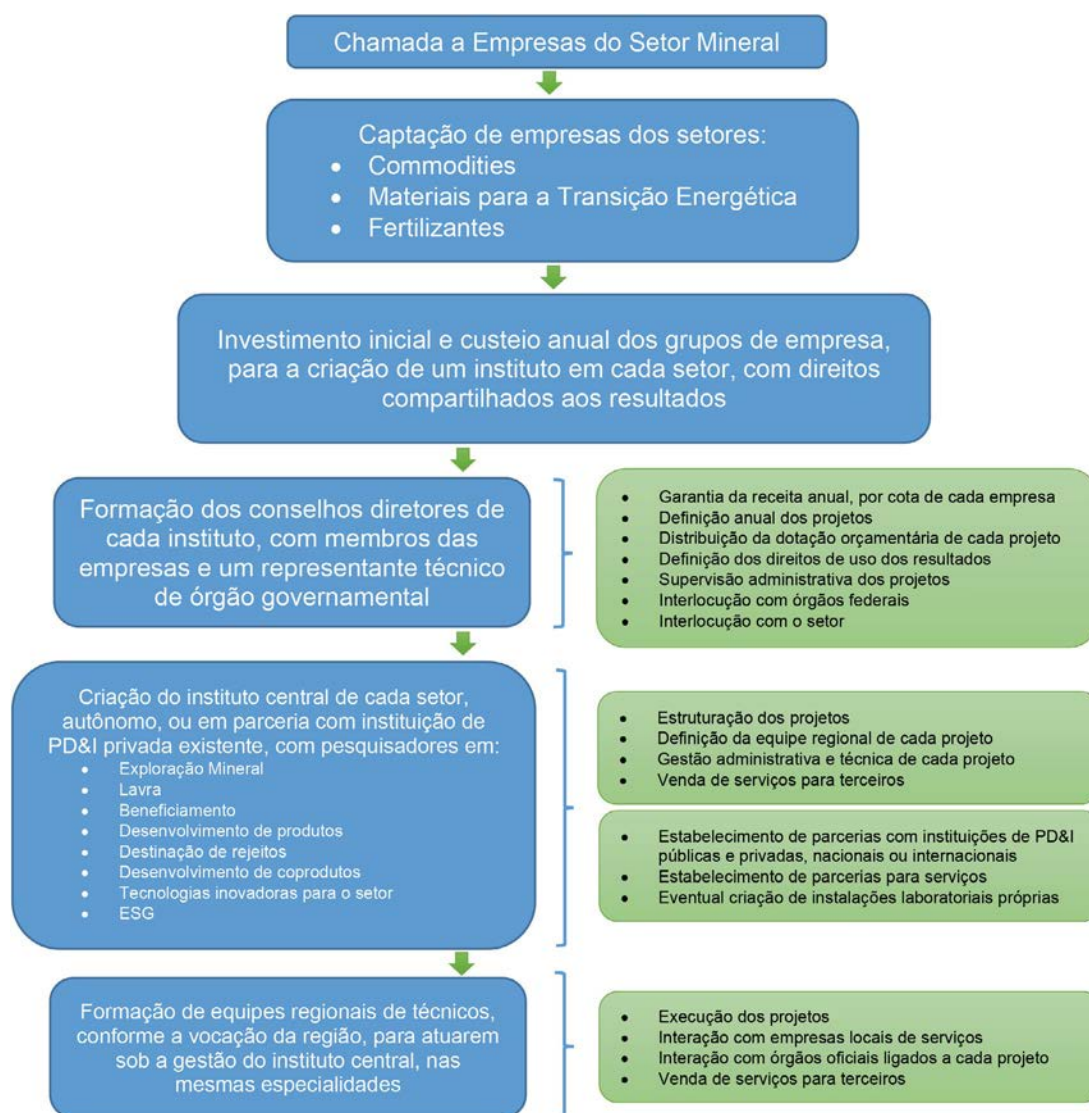
Ações estruturantes propostas:

39. Estabelecer programas de controle de uso racional de água na mineração, premiando empreendimentos que privilegiam ou migram para métodos de beneficiamento a seco com incentivos fiscais e tributários.
40. Disponibilizar novas linhas de crédito para a utilização de fontes de

energia renovável na mineração, especialmente para empreendimentos localizados em áreas remotas e isoladas.

41. Expandir os programas de disseminação das melhores práticas para atendimento das metas de controle de emissão estabelecidas na COP26 com incentivos específicos para empreendimentos de mineração. Conceber e implementar programas de conscientização e capacitação de empreendimentos de empresas localizadas em polos produtores selecionados, visando a adoção de técnicas, processos e práticas de aproveitamento de rejeitos e de estéreis, em sintonia com os princípios da Economia Circular e de forma a contribuir para a sustentabilidade e competitividade sistêmicas, do respectivo polo produtor.
42. Fortalecer os mecanismos de inspeção e monitoramento da ANM para os planos de fechamento de mina, incentivando o fechamento progressivo integrado com o planejamento de mina, e incorporando valores de uso futuro e valor compartilhado com as comunidades envolvidas na mineração.
43. Ampliar a atuação da ANM para capacitar e atuar em conjunto com agentes locais e regionais no monitoramento e inspeção de medidas de atendimento aos compromissos de ESG estabelecidos pelas empresas.
44. Criar mecanismos de financiamento subsidiado para a aquisição de equipamentos e tecnologias ecoeficientes, baseados no FINAME com selo verde para empreendimentos minerais.
45. Estimular as empresas de polos mineradores selecionados a implementar medidas de eficiência energética, visando a redução de consumo de energia por tonelada de minério produzido. Estimular também a busca de suprimento energético (próprio ou de terceiros) oriundo de fontes renováveis.

2.2.2.11. Modelo para Criação e Funcionamento dos Institutos em Consórcios de Empresas



Nota Complementar:

Institutos privados de pesquisa têm sido criados em vários países do mundo, com a missão de desenvolver atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação de forma independente das instituições governamentais de ensino e pesquisa. Alguns autores, como Gulbrandsen (2011) classificam esse tipo de entidade como institutos híbridos, pois ocupam um espaço intermediário entre o setor público e o setor privado e sua atuação atende demandas científicas e não científicas. Além disso, esses institutos privados mantêm sua independência em relação à sua produção, propriedade, gestão e governança, para direcionar

suas pesquisas. De modo geral, os institutos privados são focados em áreas de pesquisa relacionadas a recursos naturais (clima, agricultura, geologia, mineração, pesca, entre outros) ou a áreas de interesse específico do ponto de vista nacional ou regional, de maneira que captam projetos inclusive junto a órgãos governamentais, neste caso, atendendo aos interesses do próprio governo, como contratante. Há vários exemplos internacionais de institutos privados de sucesso, como o TNO (Holanda) Fraunhofer (Alemanha), VTT (Finlândia) e o Sintef (Noruega). No setor de mineração, um exemplo atual é o o instituto COSMO, mantido por um consórcio de empresas de mineração (COSMO, 2022) e com um conselho independente, que determina as ações estratégicas, táticas e operacionais da organização. O consórcio de empresas que controlam o COSMO inclui Vale, BHP, De Beers, Anglo American, IAMGold, Kinross e Newmont. Também no Canadá, há o instituto COREM, na Cidade de Quêbec, dedicado a inovações em processamento mineral (COREM, 2022), mantido com cotas fixas por empresas como Agnico Eagle, Rio Tinto, ArcelorMittal, Quêbec Iron Ore, Newmont, Glencore, IAMGOLD, Mine Canadian Malartic, Vale e Kinross.

Lista de Referências

Gulbrandsen, M. (2011). Research institutes as hybrid organizations: central challenges to their legitimacy. *Policy Sci* 44, 215–230 (2011). <https://doi.org/10.1007/s11077-011-9128-4>

COSMO (2022). Stochastic Mine Planning Laboratory. <https://cosmo.mcgill.ca/about/industry-government-support/>

COREM (2022). <https://www.corem.qc.ca/en/>

PLANO NACIONAL DE MINERAÇÃO 2050
PNM 2050

ANÁLISE DETALHADA: MINÉRIO DE FERRO

Caderno 2: Pesquisa e Produção Mineral

ANÁLISE DETALHADA: MINÉRIO DE FERRO.....	865
2.3. Análise de Segmentos da Mineração Brasileira.....	866
2.3.1. Mercado Internacional.....	866
2.3.1.1. Minério de Ferro	866
2.3.1.1.1. Evolução do Preço do Minério de Ferro.....	866
2.3.1.1.2. Valor da Produção de Minério de Ferro no Brasil.....	868
2.3.1.1.3 Parque Produtivo do Minério de Ferro no Brasil	870
2.3.1.1.4. Sustentabilidade Ambiental.....	874
2.3.1.1.5. Panorama do Consumo de Minério de Ferro	877
2.3.1.1.6. Panorama da produção de minério de ferro no Brasil	880
2.3.1.1.5. Parque industrial brasileiro consumidor de minério de ferro.....	883
2.4.1.9. Tecnologia e Inovação.....	891

2.3. Análise de Segmentos da Mineração Brasileira

2.3.1. Mercado Internacional

2.3.1.1. Minério de Ferro

2.3.1.1.1. Evolução do Preço do Minério de Ferro

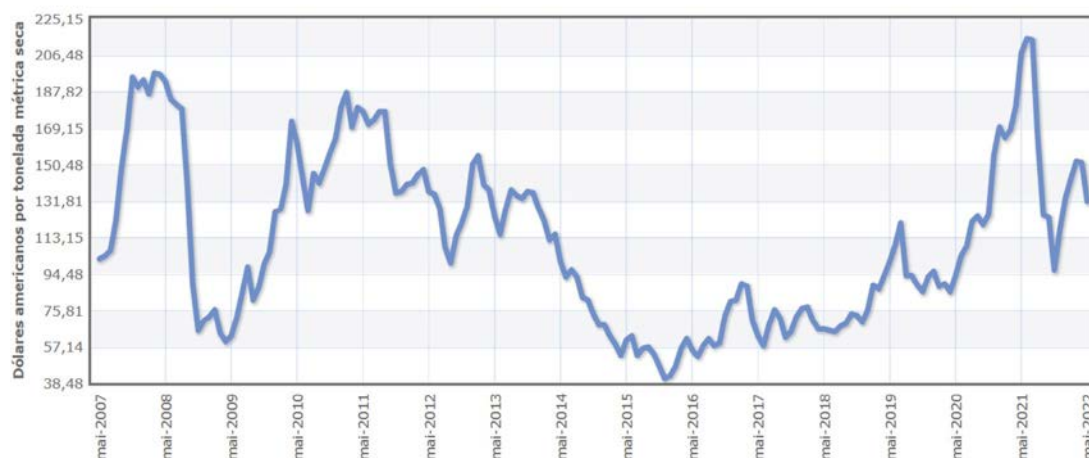
O preço do minério de ferro é definido em função das suas características de qualidade química, física e metalúrgica. As características de qualidade química são em função dos teores de ferro (Fe) e também das concentrações dos contaminantes, tais como a sílica (SiO_2), a alumina (Al_2O_3) e o fósforo (P). A qualidade física diz respeito, principalmente, à granulometria, que classifica o minério como granulado (*lump*), *sinter feed*, ou *pellet feed*. A qualidade metalúrgica, por sua vez, é acessada através dos índices de redutibilidade (RI), degradação (RDI) e crepitação (CI).

Atualmente, existem vários índices de preço de minério de ferro no varejo (*spot*), sendo que o mais utilizado, o IODEX (SP&Global, 2022), foi criado pela empresa Platts, em junho de 2008, com base na avaliação diária dos preços de minério de ferro indiano no varejo do mercado chinês. O IODEX apresenta o preço de venda nos portos da China em base de tonelada seca (minério sem presença de água livre ou umidade natural).

O IODEX teve início como índice de minério com 62%Fe e, posteriormente, foram lançados índices de maneira a refletir os diferentes tipos de minério e teores do Fe e dos demais componentes químicos. Ao longo dos últimos anos, produtos com teores de Fe distintos do IODEX 62 tiveram seus preços estipulados com um prêmio ou demérito (penalidade). O Brasil é reconhecido no mercado internacional pela produção de um minério de alta qualidade (Fe >62% e baixo nível de SiO_2 e Al_2O_3), que recebe um significativo prêmio por teor acima de 62%, por tonelada, de acordo com o IODEX, (S&PGlobal 2022).

A Figura 1 apresenta a evolução do preço do minério de ferro de maio de 2007 a maio de 2022, em dólares americanos, por tonelada métrica seca, para os finos de minério de ferro, com teor de 62%, importados pela China e entregues no porto de Tianjin.

Figura 1: Evolução dos preços de minério de ferro com teor de 62% importados pela China e entregues no porto de Tianjin, de 2007 a 2022.



Fonte: Thomson Reuters Datastream, World Bank.

A variação dos preços ao longo dos anos, observada na Figura 1, ilustra a dificuldade em se prever tendências de preço de longo prazo, para o mercado de minério de ferro, não sendo raras as estimativas de preço futuro equivocadas.

De maneira geral, desde a primeira década do século, o preço global do minério de ferro vem sendo ditado pela demanda da China, que impactou fortemente nos mercados de praticamente todas as *commodities*. Isto se dá em função de seus planos de crescimento interno, com horizonte de 15 anos, mas que em períodos mais curtos já implicaram em vários ajustes de políticas industriais internas e comerciais externas, daquele país. Especificamente, desde o começo deste século, a China passou de uma produção de aço pouco inferior a 130 Mt/a, em 2000, para mais de 1.000 Mt/a, em 2022, pressionando profundamente o mercado transoceânico de minério de ferro (WSA 2022).

Ainda segundo a (WSA 2022), os preços internacionais, como se vê no gráfico, não acompanharam linearmente o forte aumento da demanda, com uma primeira queda acentuada nos anos de 2008 e 2009, em função da crise internacional das bolsas de valores naqueles anos, além de outras quedas, em diferentes momentos, provocadas principalmente, mas não somente, pela agressiva estratégia australiana de aumento de produção.

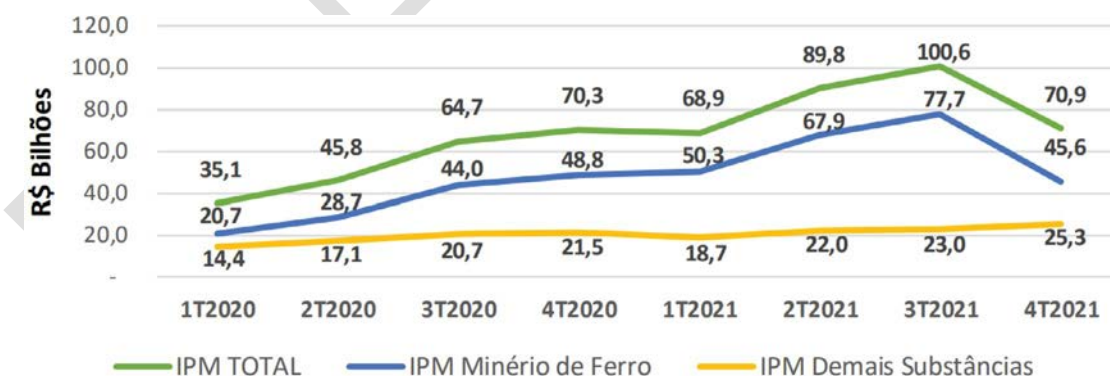
2.3.1.1.2. Valor da Produção de Minério de Ferro no Brasil

O minério de ferro respondeu por 74% do faturamento global do setor mineral brasileiro, em 2021, quando o Brasil exportou 357,7 milhões de toneladas de minério de ferro, contra 66%, em 2020, quando exportou 341,6 milhões de toneladas (IBRAM). Por estado, os maiores faturamentos foram observados no Pará, com R\$ 146,6 bilhões, Minas Gerais, R\$ 143,0 bilhões e Bahia, com R\$ 9,5 bilhões, em 2020. A participação do Pará no faturamento global caiu de 46%, em 2020, para 43%, em 2021, enquanto a de Minas Gerais subiu de 37% para 42%, no mesmo período.

O Indicador da Produção Mineral (IPM/ANM), que mede a evolução do Setor Mineral, indica o crescimento de 14,5% do valor da produção de minério de ferro no 2º trimestre de 2022, em relação ao 2º trimestre de 2021, e de 76,5%, no 3º trimestre de 2022, em relação ao 3º trimestre de 2020, impulsionados tanto pelo aumento dos preços internacionais, quanto pelo aumento do volume produzido, este menos pronunciado.

A Figura 2 apresenta o IPM acumulado de 2021, de R\$ 330,3 bilhões, com um aumento de 53,0%, em relação a 2020 (R\$ 215,8 bilhões), por trimestre (1T a 4T), juntamente com a contribuição do minério de ferro. O minério de ferro respondeu por 73,1% do IPM acumulado em 2021 e por 65,9% em 2020, indicando a crescente importância da produção de minério de ferro na geração de divisas para o país, nos últimos anos.

Figura 2: IPM trimestral total e do minério de ferro, por trimestre, de 2020 a 2022.



Fonte: ANM 2022

A Tabela 1 e Figura 3 apresentam o histórico das exportações de minério de ferro e concentrados não aglomerados do Brasil, de 2010 a 2021. A grande variação

do valor da exportação do minério de ferro no Brasil, de 2010 a 2021, pode ser atribuída principalmente à variação do preço internacional desta *commodity*. Isto é evidenciado pelo fato de que a exportação nesses 12 anos permaneceu próxima de 420 Mta, com variação máxima de até 11%, à exceção de 2021, em que apresentou grande alta, enquanto os valores de exportação flutuaram em mais de 300%, no mesmo período, se considerado o ano de menor valor como ano base.

Tais variações nos preços internacionais do minério de ferro, como mencionado na seção anterior, não são ditados apenas pela demanda resultante do crescimento econômico, mas por fatores como o papel da China no mercado, crises internacionais, acentuado aumento da produção australiana - que passou de 168 Mt em 2000, a 433 Mt em 2010 e a 912 Mt em 2020 (ANM 2022) - juntamente com a variação do preço do petróleo, também sujeito a saltos abruptos, por fatores alheios à produção.

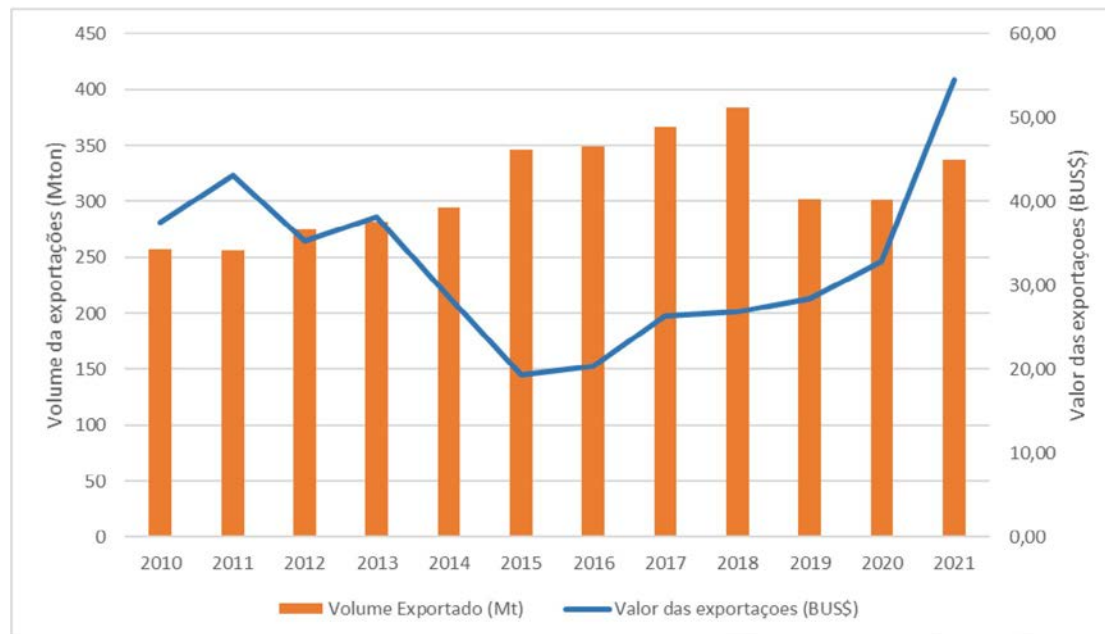
Como o minério de ferro é o recurso fundamental para a produção do aço, prever seu preço é estrategicamente importante para a gestão de risco em empreendimentos e projetos relacionados (Tuo e Zhang, 2020). Com efeito, uma vez que boa parte do preço do minério brasileiro colocado na China, tem tipicamente, até 30% do valor final associado ao preço do transporte transoceânico, somado ao transporte ferroviário e às operações portuárias.

Tabela 1. Volume e valor das exportações brasileiras de minério de ferro, de 2010 a 2021.

Minério de Ferro	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Volume Exportado (Mt)	257,5	256,9	275,3	282,1	294,4	345,9	348,8	366,7	384,5	302,5	301,2	337,6
Valor das exportações (BUS\$)	37,56	43,09	35,38	38,19	28,54	19,32	20,38	26,31	26,82	28,39	32,81	54,59

Fonte: Comtrade

Figura 3: Histórico do volume e valor da exportação de minério de ferro do Brasil, de 2010 a 2021.



Fonte Comtrade

2.3.1.1.3 Parque Produtivo do Minério de Ferro no Brasil

A produção de minério de ferro no Brasil está concentrada nos estados de Minas Gerais e do Pará, que respondem, respectivamente, por 49,55% e 49,48% da produção. Segundo ANM 2022, o estado do Mato Grosso do Sul responde por 0,67%, e o da Bahia por 0,27%. Os outros estados produtores de minério de ferro, (Amapá, Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte e Tocantins), respondem pelos restantes 0,03%. A Figura 4 apresenta as principais regiões produtoras de minério de ferro no Brasil.

Figura 4: Polos de produção de minério de ferro no Brasil



Fonte: Gonzales 2019

Das 30 principais empresas produtoras de minério de ferro no território nacional, 19 são de grande porte, com produção superior a 1 M t/ano, enquanto as demais 11 empresas podem ser consideradas de médio porte, com produção anual entre 100 mil t/ano e 1 M t/ano. Todas as demais empresas produtoras de minério de ferro no Brasil podem ser classificadas como de pequeno porte, com menos de 100 kta de produção de minério de ferro. (AMB 2020).

A Tabela 2 e a Tabela 3 apresentam, respectivamente, listas com as empresas de grande e de médio porte brasileiras, juntamente com suas produções, em 2021, e seus percentuais de participação na produção nacional.

Tabela 2. Empresas brasileiras de grande porte de produção de minério de ferro, em 2021

Empresas de Grande Porte de Produção (Capacidade > 1Mta)			
PRINCIPAIS	EMPRESAS	PRODUÇÃO (Mta)	PARTICIPAÇÃO (%)
1	Vale S.A.	394,9	75,49%
2	CSN Mineração	53,1	10,15%
3	Anglo American	22,9	4,38%
4	Mineração Usiminas	9,1	1,74%
5	Vallourec Tubos do Brasil	7	1,33%
6	Baovale Mineração	6,3	1,20%
7	Ferro mais Mineração	4,4	0,83%
8	Ferrous Resources	3,9	0,74%
9	Extrativa Mineral	3,3	0,63%
10	Mineração Corumbaense	2,8	0,53%
11	Arcelor Mittal	2,2	0,42%
12	Gerdau Acominas	2	0,39%
13	Mineração Conemp	2	0,38%
14	JMN Mineração	1,8	0,35%
15	Minerita Minerios Itauna	1,3	0,25%
16	Mineração Baratinha	1,2	0,23%
17	Itaminas Com de Minérios	1,2	0,23%
18	Mineração Comisa	1,2	0,23%
19	Cia Min Serra da Farofa	1	0,19%

Fonte: AMB(2020)

Tabela 3. Empresas brasileira de médio porte de produção de minério de ferro em 2021.

Empresas de médio Porte de Produção (<1Mta)			
PRINCIPAIS	EMPRESAS	PRODUÇÃO (Mta)	PARTICIPAÇÃO (%)
20	Cia Min Serra da Farofa	0,9	0,17%
21	Ferromar Ind e Comercio	0,9	0,16%
22	Mineral do Brasil	0,7	0,14%
23	CSN Minerios Nacional	0,6	0,12%
24	MBL Metais Básicos	0,6	0,12%
25	MML Metais Mineração	0,5	0,10%
26	AVG Empreendimentos	0,5	0,10%
27	SAFM MINeração	0,5	0,10%
28	Mineração Serra da Moeda	0,4	0,08%
29	MMX Corumbá	0,4	0,07%
30	Ferro puro Mineração	0,3	0,06%

Fonte: AMB (2020)

Em relação a usinas de beneficiamento, localizadas, principalmente, no estado de Minas Gerais, a ANM (2021) contabilizou um total de 43 usinas de grande porte, 19 de médio porte e 4 de pequeno porte. Salvo em casos isolados, as usinas de beneficiamento encontram-se integradas às minas, de maneira que o transporte do material lavrado até o local de beneficiamento é apenas local.

É importante ressaltar que há diferenças importantes entre o beneficiamento mineral empregado aos minérios do complexo de Carajás e o empregado aos minérios do Quadrilátero Ferrífero, assim como aos das demais regiões brasileiras. Isto se dá, porque o minério de Carajás enquadra-se como do tipo hematítico, enquanto os demais, tipicamente, são itabiríticos.

Considerando as duas principais províncias de minério de ferro do país, Carajás e Quadrilátero Ferrífero, enquanto o beneficiamento da hematita de Carajás demanda basicamente as operações de cominuição e classificação, os itabiritos do Quadrilátero Ferrífero demandam operações de cominuição, liberação mineral (também por cominuição subsequente), deslamagem, várias etapas de classificação, concentração mineral - que pode ser por separação magnética, espirais ou flotação - seguida de desaguamento e destinação de rejeitos (CETEM 2010).

A produção de concentrados de minério de ferro no estado de Minas Gerais, com capacidade de produção estimada em mais de 260 Mta, utiliza dois sistemas de escoamento, o chamado sistema Sudeste, que escoar o minério pela ferrovia Vitória-Minas até o porto de Tubarão, localizado em Vitória (ES), e o sistema Sul, que escoar o minério pela ferrovia da MRS, até o estado do Rio de Janeiro (ANTF 2020).

O minério produzido no estado do Pará, em Carajás, é transportado por ferrovia com 892 km de extensão, até a cidade de São Luís (MA), onde é escoado pelo porto de Ponta da Madeira, atualmente com capacidade de 230Mt. O principal produto da região é o sinter-feed, com teor de ferro superior a 65%. No entanto, existe também a produção de granulado, que é comercializada para produtores de ferro-gusa da região. (ANTF 2020)

Em Mato Grosso do Sul, o polo produtivo localiza-se nas cercanias da cidade de Corumbá, onde três empresas exploram o minério local. A escala de produção é pequena, devido ao porte das reservas e também às restrições logísticas disponíveis, para o escoamento da produção, até o mercado consumidor. A capacidade de produção local é estimada em torno de 4,5 M t/ano a 5,0 M t/ano. No Amapá, reservas já foram exploradas até a retração do mercado em 2015, porém há iniciativas da retomada da produção em andamento, (Costa 2019).

No sul da Bahia, operações com capacidade de produção de até dois milhões de toneladas por ano, projetos de expansão e aberturas de novas minas, indicam o crescimento gradativo da produção no estado, posicionando-o como o quarto maior produtor de minério de ferro do Brasil. (CBPM, 2019)

2.3.1.1.4. Sustentabilidade Ambiental

Dentre os diversos aspectos de sustentabilidade, um importante objeto é o consumo de energia na mineração e no beneficiamento do minério de ferro, que está associado a diversas etapas desses processos.

Nas minas das maiores empresas, as escavadeiras de grande porte, em sua maior parte, são movidas a energia elétrica. Também funcionando tendem a base de energia elétrica, há instalações móveis de britagem, para a cominuição primária do minério, e correias transportadoras de longa distância, que transportam este material fragmentado até a planta principal de beneficiamento. (Alexandrino, 2017).

Na planta de beneficiamento, o minério retirado da mina é tratado de maneira a se obter os produtos finais, com a melhor qualidade granulométrica e química possível, e com a melhor recuperação, tanto da massa, quanto metálica. No caso do minério de ferro, as etapas de beneficiamento que demandam a maior parte da energia elétrica são britagem, moagem, peneiramento, ciclonagem, gigagem, espessamento, concentração magnética, espirais e flotação. A intensidade energética global reportada pela Vale em 2020 foi de 0,349Tj / 1.000t minério de ferro equivalente. (Vale, 2022)

A água é insumo fundamental no processo de beneficiamento do minério de ferro. Em função das fortes restrições ao uso de barragens para a disposição de rejeitos, oriundos do processamento do minério de ferro, as empresas tendem a incluir, em seus processos produtivos, a etapa de filtragem dos rejeitos. A filtragem permite recuperar cerca de 80% ou mais da água contida no material filtrado e que antes ia para a barragem, passando agora a ser reutilizada no processo.

Em 2020, a Vale reportou (Vale, 2022) uma recuperação 81,2% da água consumida no negócio minério de ferro. Já a CSN, reportou a recuperação de 92% da água utilizada, sendo que a reutilização alcançou 86,8%. Na planta de beneficiamento de minério Central, na mina de Casa de Pedra, o consumo de água atingiu 0,21m³/t de minério processado. (CSN, 2020)

Outro aspecto de extrema importância e preocupação na indústria da mineração de ferro, atualmente, são as emissões de CO₂, cujas principais fontes são os equipamentos de mina que operam com diesel, como caminhões fora-de-estrada, escavadeiras, tratores, retroescavadeiras, dentre outros. As plantas de pelotização (processo de aglomeração e queima de concentrado de minério, com granulometria abaixo de 100 micrômetros, o *pellet-feed*) também emitem CO₂, em função da queima de antracito, utilizado na aglomeração das pelotas, e de gás natural ou óleo, que são os combustíveis usados na queima das pelotas (Mourão 2017).

Segundo o IBRAM (2021) em termos de rejeitos minerais, há a produção de material estéril, retirado da mina, para promover o acesso ao minério. Tal rejeito, da operação de lavra, consiste basicamente de solo e rochas, que é destinado a pilhas de estéril, com características geotécnicas semelhantes à da topografia original, podendo ser parte da reconstituição da paisagem. No entanto, em minérios

mais pobres em teor, como os minérios itabirítico, há rejeitos provenientes das operações de concentração mineral na planta de beneficiamento, tratados aqui como lama de processo e rejeito arenoso.

Segundo o (IBRAM, 2016), em relação ao potencial aproveitamento dos rejeitos, as empresas têm investido em PD&I para o desenvolvimento de coprodutos, destinados à aplicação no mercado de construção civil, a partir da porção arenosa do rejeito filtrado. No entanto, como se verá a seguir, tal iniciativa, embora possa ter impacto positivo regional no fornecimento de areia, tem impacto apenas marginal sobre a destinação dos rejeitos, uma vez que o rejeito arenoso gerado por ano, apenas no quadrilátero ferrífero, tem um volume de 20 a 40 vezes maior que toda a demanda anual para areia de construção, em todo o estado de Minas Gerais.

Com respeito aos rejeitos da concentração, os volumes são altamente dependentes das características do minério. Para o minério de ferro hematítico, pode-se dizer que a geração de lama de processo e de rejeito arenoso é praticamente nula. No Brasil, este é o caso dos minérios de Carajás, que por já serem de alto teor, não demandam etapas de concentração mineral. De modo geral, tal situação é verdade para todos os depósitos de minério de ferro com teor de Fe acima 60%, que no Brasil ocorrem em grade volume praticamente apenas na região de Carajás, PA, (RMB, 2016)

Segundo a RMB (2016), o minério de ferro itabirítico, por sua vez, aproximadamente 50% do material lavrado transforma-se em rejeito fino, ou ultrafino. Este é o caso de Minas Gerais e das demais províncias ferríferas brasileiras conhecidas, à exceção de Carajás.

Até os eventos Fundão, em 2015, e Brumadinho, em 2019, a lama de processo e o rejeito arenoso eram depositados conjuntamente em barragens, havendo a possibilidade de que tal mistura aumentasse o potencial de liquefação do material nas barragens. Atualmente, as práticas adotadas crescentemente pelas mineradoras, principalmente a partir de 2020, preveem, majoritariamente, o desaguamento de rejeitos e o empilhamento a seco (CSN, 2020).

Um caso especial já mencionado, porém, não alternativo de destinação de rejeitos, consiste de uso do rejeito arenoso em construção civil, em substituição principalmente à areia fina, tanto em argamassa, quanto em blocos, tijolos e pavers. Tal possibilidade, embora possa trazer benefícios regionais, no entorno

da usina geradora dos rejeitos, não constitui solução para sua destinação. Explica-se: a geração de rejeitos arenosos do beneficiamento de minério de ferro, apenas no quadrilátero ferrífero, é próxima de 250 M t/ano, enquanto a demanda típica de todo estado de Minas Gerais, para todos os agregados de construção civil, incluindo as britas, tende a ser inferior a 20 M t/ano (ANEPAC, 2020).

Outro caso particular é o da empresa Samarco Mineração S.A., que na volta de suas operações optou por desaguar e empilhar o rejeito arenoso e destinar a lama de processo a uma cava desativada (SAMARCO, 2021). Tal processo, em princípio, já apresenta a vantagem de empilhar menor quantidade de rejeitos, preencher uma cava, evitar desaguardo dos ultrafinos, de que consiste em lama de processo, e de não arriscar o aumento do potencial de liquefação, posto que evita o empilhamento da mistura da lama de processo e rejeito arenoso. Nestas últimas afirmações, vale ressaltar que pilhas desaguardas e compactadas, nas quais se possa garantir a ausência de água, não são sujeitas a liquefação. Naturalmente, em um país tropical, como é o caso do Brasil, garantir a ausência de água por longo prazo, em qualquer estrutura de grande porte, é uma tarefa ainda em estudo. Portanto, empilhamento de rejeito desaguardo, seja o arenoso desaguardo, ou o empilhamento confinado de mistura com a lama de processo, é uma atividade que está ainda em desenvolvimento, uma vez que não há, ainda, conhecimento consistente das propriedades geotécnicas dos rejeitos – todo o empilhamento de estéréis é projetado com base na geotecnia de solos, que têm comportamentos distintos dos rejeitos, estes com características geotécnicas ainda pouco conhecidas (CiaLab, 2022).

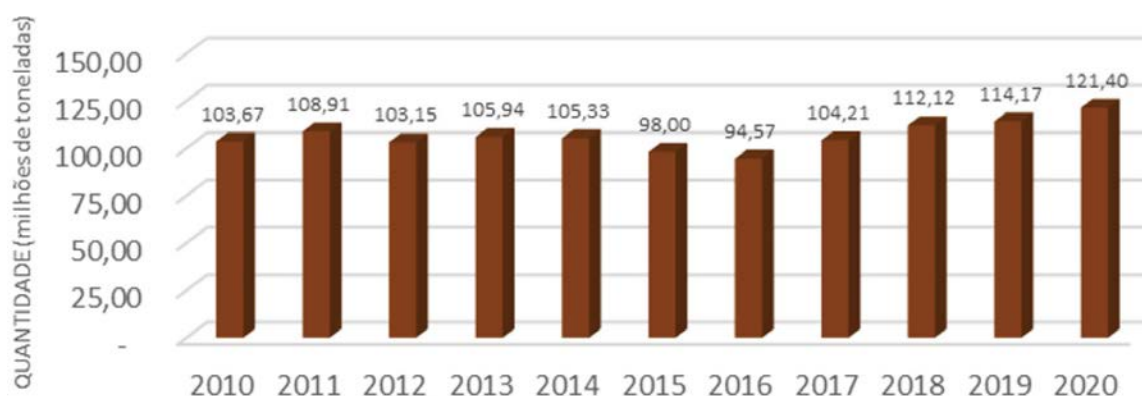
2.3.1.1.5. Panorama do Consumo de Minério de Ferro

O consumo de minério de ferro possui uma relação estreita com a produção de aço. Desta forma, a demanda para o minério de ferro segue a demanda mundial por aço bruto, que no ano de 2021 cresceu 3,7% em relação ao ano de 2020, chegando a 1,95 bilhão de toneladas. (WSA 2022)

De 2018 a 2020, a produção de aço bruto na China cresceu 14,2%, passando de 928 Mt, para 1060 Mt. Em 2020, a Índia foi o segundo maior produtor de aço do mundo, com 118,1 Mt, alta de 17,8%, seguida pelo Japão, com 96,3 Mt, crescimento de 15,8%, e pelos Estados Unidos, com 86 Mt e evolução de 18,3%. O Brasil ficou na 9ª posição, em 2020, com uma produção de aço de 31,4 Mt, alta de 14,7%, e a de ferro-gusa de 29 milhões de toneladas. (EBC 2021)

No Brasil o consumo interno de minério de ferro se distribui entre as produções de aço, ferro gusa e pelotas, de maneira que o consumo efetivo de minério de ferro é estimado com base nos dados de produção desses produtos e nos de consumo médio de minério para sua geração (1,56 toneladas de minério, por tonelada de gusa/aço produzido e 1,08 toneladas de minério, por tonelada de pelotas) (INFOMET, 2022). A Figura 5 apresenta o consumo aparente calculado de minério de ferro no Brasil, de 2010 a 2020.

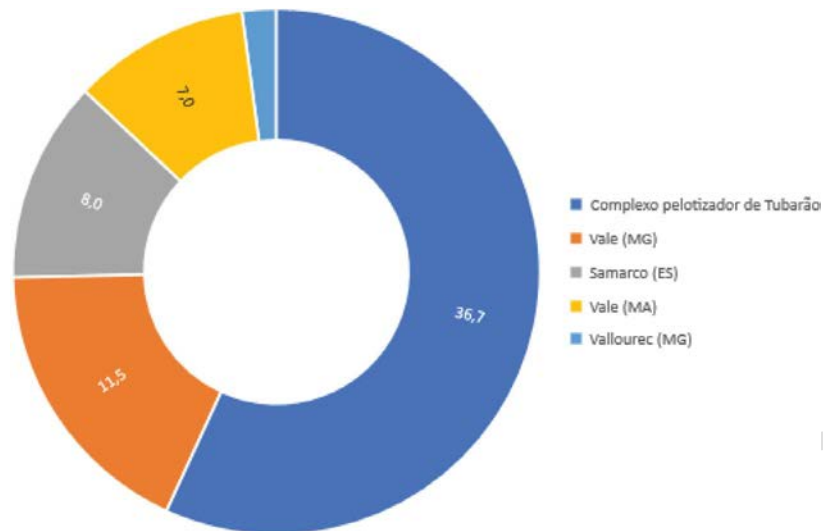
Figura 5. Consumo interno calculado de minério de ferro no Brasil, com base nas produções de aço, gusa e pelotas.



Fonte: ITM 2021

Segundo o ITM (2021) A capacidade instalada do parque de pelletização no Brasil, atualmente, é da ordem de 65 Mta. As unidades em atividade são compostas pelo complexo de pelletização da Vale, em Tubarão, com capacidade de 36,7 M t/ano, unidades de pelletização da Vale, em Minas Gerais, com 11,5 M t/ano, unidade de pelletização da Vale, no Maranhão, com 7 M t/ano, unidade da Vallourec, em Minas Gerais, com 1,36 M t/ano, e unidade da Samarco, no Espírito Santo, com 8 M t/ano, conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6: Capacidade instalada de produção de pelotas de minério de ferro, no Brasil, em M t/ano

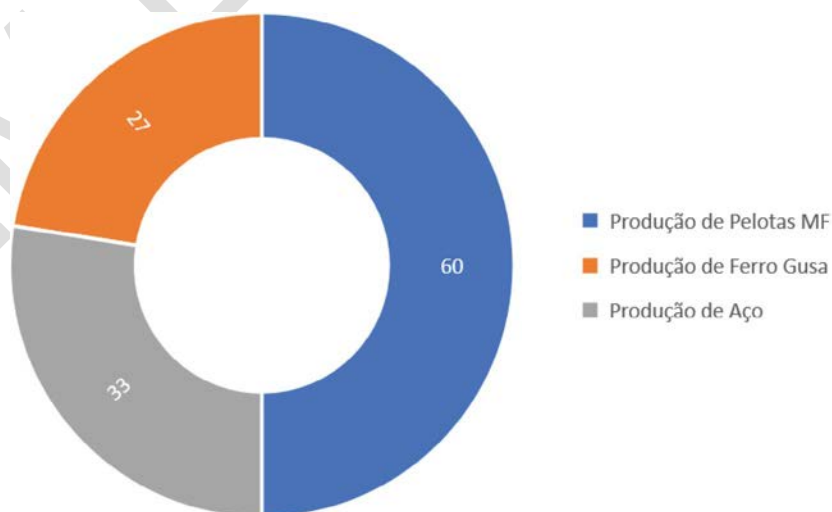


Fonte: IAB 2021

O parque de produção de aço brasileiro é representado por 15 empresas privadas, controladas por doze grupos empresariais, operando 31 usinas, distribuídas por 10 estados brasileiros. (IAB 2021)

A Figura 7, abaixo, mostra as produções médias anuais brasileiras, no período 2015 a 2020, de pelotas de minério de ferro, com 60 M t/ano, aço, com 33 M t/ano, e ferro-gusa, com 27 M t/ano. Portanto, considerando-se o uso de minério de ferro para a a geração de tais produtos, assim como o seu consumo por tonelada, para cada um deles, a média anual de consumo de minério de ferro pelo Brasil, de 2015 a 2020, foi de 120 M t/ano (IAB 2021).

Figura 7: Produção média brasileira de pelotas, ferro-gusa e aço, de 2015 a 2020, em M t/ano.



Fonte: IAB 2021

A demanda mundial de minério de ferro, que no ano de 2021 ficou em torno de 1,5 bilhão de toneladas, deverá duplicar até 2050 e se estabilizar em torno de 4,0 bilhões de toneladas anuais, de acordo com projeções da World Steel Association (WSA), entidade que reúne produtores de aço de 62 países e representa aproximadamente 85% da produção global do insumo. Isto implica em uma taxa de crescimento anual composta de 3,3%, de 2021 até 2050, chegando a uma produção de minério de ferro, naquele ano, superior a 4 Bt.

A Tabela 4 e a Figura 8 apresentam a projeção de consumo de minério de ferro mundial, no período de 2022 a 2050.

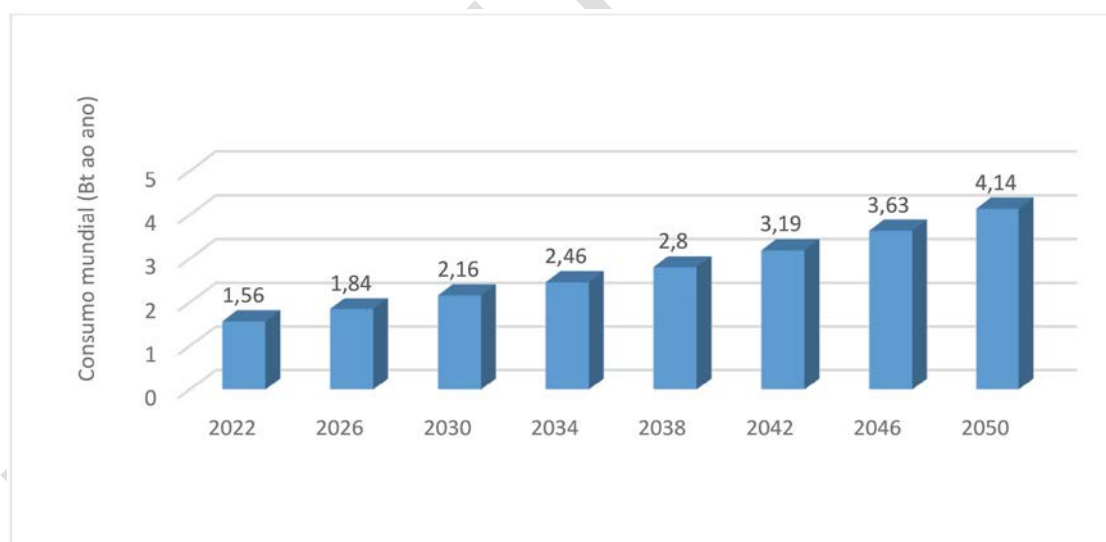
Tabela 4. Projeção de consumo de minério de ferro no mundo, de 2022 a 2050.

Mundo*	2022	2026	2030	2034	2038	2042	2046	2050
Consumo (Bt)	1,56	1,84	2,16	2,46	2,80	3,19	3,63	4,14

Fonte: World Steel Association (WSA)

Considerando aumento de consumo de 3,3% ao ano, para atender ao mercado, em um cenário que deve experimentar tendências de novas tecnologias de mineração, aumento da demanda de aço automotivo para veículos leves e aumento da exploração de minério de ferro de baixo teor.

Figura 8. Projeção de consumo de minério de ferro no mundo, de 2022 a 2050



2.3.1.1.6. Panorama da produção de minério de ferro no Brasil

No período de 2000 a 2020, a produção brasileira de minério de ferro quase dobrou, indo de 213 M t/ano para 389 M t/ano (IBRAM 2021). Entre 2001 e 2008,

a resposta da mineração de ferro nacional ao mercado foi rápida, pois parte da capacidade ociosa instalada foi disponibilizada imediatamente e a produção subiu 66%, no período de 8 anos. (IBRAM 2021).

A Vale desempenhou grande protagonismo no cenário de aumento da produção do minério de ferro do Brasil. Após um grande movimento de fusões e aquisições, conduzido em 2000, quando a Vale adquiriu várias mineradoras menores em Minas Gerais, como a Ferteco, Samitri e Socoimex, sua produção cresceu 60% no período de 2000 a 2005. O ano de 2006 foi um marco na empresa, com a aquisição da MBR, que tinha uma produção de 45 M t/ano na época. (IBRAM 2021).

A produção brasileira teve uma retração de 13% em 2009, no entanto, associada possivelmente à crise das bolsas de valores ao redor do mundo, em 2008, mas a recuperação foi rápida e, já em 2010, a Vale iniciou o plano de expansão de Carajás (Melfi et. al. 2016). Ao mesmo tempo, no período de 2014 a 2015, a Vale promoveu a construção de uma série de plantas de concentração, para beneficiar o minério itabirito friável de baixo teor ($<45\%Fe$), e o Brasil retomou o crescimento da produção de ferro de maneira gradual, alcançando o recorde de produção em 2018, com 450 Mt, (EPE 2018).

Para os próximos anos, a CSN confirmou sua estratégia de expandir sua produção dos atuais 33 M t/ano para 110 M t/ano em duas fases. Nessas fases, a CSN irá explorar suas reservas de baixo teor (aproximadamente $40\%Fe$), que irão demandar plantas de beneficiamento, para enriquecer o produto final, em até $67\%Fe$, (IBRAM 2021)

A Samarco, a partir de 2021, vem recuperando sua produção, após paralização de cinco anos, em função do evento com a barragem de Fundão, em 2015. A expectativa é de que a empresa atinja a capacidade próxima ao pré-acidente em 2029 (SAMARCO 2022).

A Anglo American, instalada em Conceição do Mato Dentro, MG, vem progressivamente aumentando a sua produção, de maneira a atingir a capacidade nominal do projeto, de 26,5 M t/ano (IBRAM 2021). Há estudos em andamento para avaliar a expansão dessa capacidade, que irá demandar a construção de um novo mineroduto.

A BAMIN, na Bahia, iniciou o desenvolvimento do seu projeto, de 18,5 M t/ano de concentrado de minério de alto teor de Fe, após vencer a licitação para a concessão do trecho Ilhéus-Caetité, da ferrovia Leste-Oeste. (IBRAM 2021)

Há ainda o polo de mineração de ferro na região de Corumbá, no estado do Mato Grosso do Sul, com diversas iniciativas em andamento na região, mas a dependência de transporte via hidrovia poderá limitar o desenvolvimento de alguns projetos. No entanto, existem outras soluções logísticas sendo avaliadas, embora a distância de Corumbá para um porto marítimo seja um grande desafio, a ser contornado de maneira competitiva (IBRAM 2021);

Vários outros projetos de ferro estão com pedidos de licenciamento ou aguardando aporte de capital. Destaque aqui para o projeto Bloco 8 da SAM, e Morro do Pilar da MLog, ambos em Minas Gerais, além do projeto Planalto Piauí da Bemisa, no Piauí (Mineração e Sustentabilidade 2022).

Segundo a Mineração e Sustentabilidade, contabilizando os projetos anunciados e alguns prováveis de serem implantados, estimou-se que, em 2050, a produção de ferro do Brasil atinja 664,2 Mta. A Tabela 5 e a Figura 9 apresentam as projeções de crescimento da produção e comercialização do minério de ferro brasileiro, de 2020 a 2050.

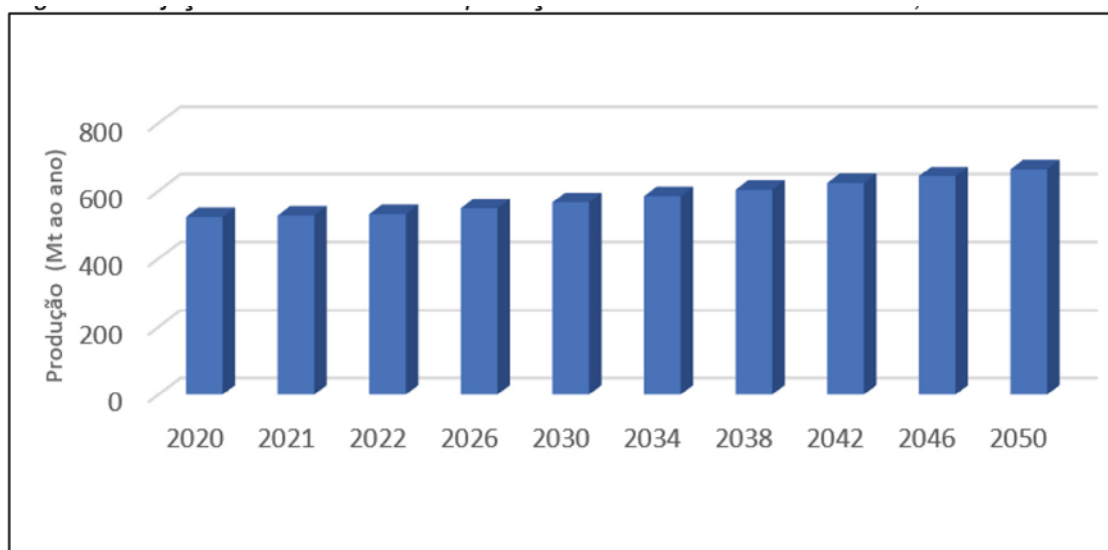
Tabela 5: Projeções de crescimento da produção e comercialização do minério de ferro brasileiro ao longo do período de 2020 a 2050

	2020	2021	2022	2026	2030	2034	2038	2042	2046	2050
Reservas Medi- das (Bt) ¹	98,60	98,08	97,55	95,40	93,18	90,88	88,52	86,07	83,55	80,95
Produção (Mt) ²	523,0	527,2	531,4	548,6	566,4	584,7	603,7	623,2	643,4	664,2
Consumo (Mt)	121,0	122,0	122,9	126,9	131,0	135,3	139,7	144,2	148,9	153,7
Exportações (Mt)	402,0	405,2	408,5	421,7	435,3	449,4	464,0	479,0	494,5	510,6

¹Considerando as reservas das empresas já em operação, juntamente com as declaradas pelas empresas de mineração de ferro, e mantidas fixas, para evidenciar a necessidade de exploração de novos depósitos.

²Considerando as produções das empresas já em operação, juntamente com as dos projetos já divulgados.

Figura 9: Projeções de crescimento da produção do minério de ferro brasileiro, de 2020 a 2050

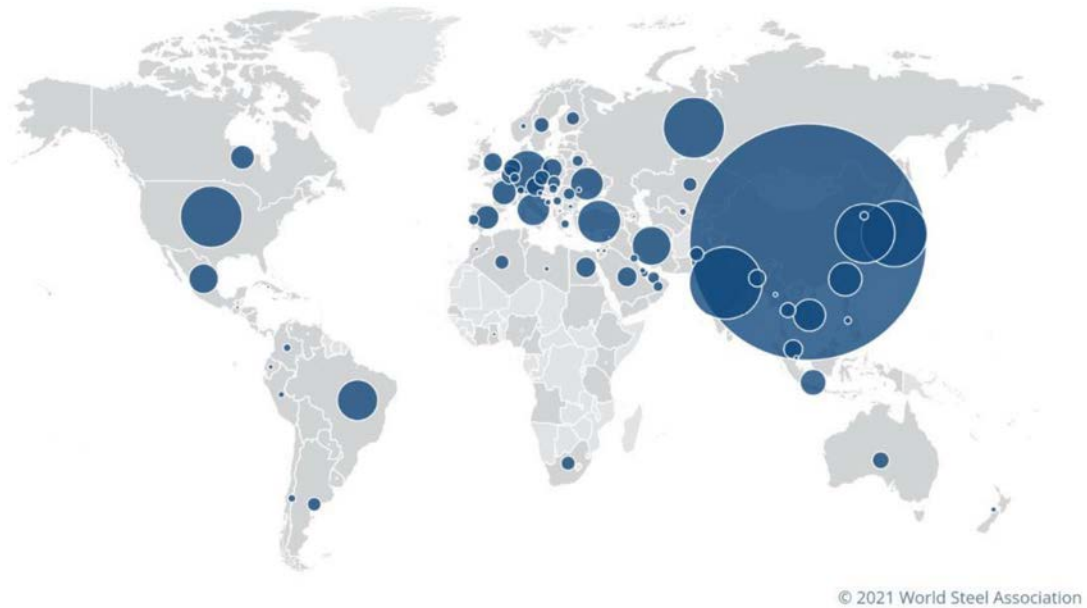


A competitividade da produção de minério de ferro do Brasil está ancorada em sua ampla base de reservas e recursos, distribuída em pelos menos 5 polos regionais de produção, além da qualidade das reservas e recursos, em termos de teor de ferro e do baixo percentual de contaminantes. A facilidade de concentração e recuperação de ferro (elevada taxa de liberação), principalmente na região do Quadrilátero Ferrífero, é outro fator de competitividade importante. Essa característica permite a produção de um produto de ferro concentrado, ou *pellet-feed* de elevado teor de Fe (>65%Fe), e esse produto tem um prêmio pago por percentual de ferro, acima do preço de referência do mercado internacional (CGEE, 2008).

2.3.1.1.5. Parque industrial brasileiro consumidor de minério de ferro

No ano de 2020, o volume total de aço bruto produzido no mundo foi de 1.880.445.246 toneladas, sendo a China a maior produtora de aço no mundo, com cerca de 56,62% deste montante (Homes 2021). A Figura 10 mostra a distribuição da fabricação de aço, em 2020, com destaque para o maior círculo azul, na Ásia, que representa o volume produzido pela China, em comparação com os outros países produtores.

Figura 10: Mapa de produção de aço ao redor do mundo.



Fonte: World Steel Association (2021)

A produção de aço na China vem crescendo ano a ano e, mesmo em 2020, um ano marcado por retrações econômicas, em função da pandemia de COVID-19, apresentou um aumento de produção de quase 7%, com relação ao ano anterior. Com exceção da China, todos os outros países pertencentes ao grupo dos cinco maiores produtores de aço, além do Brasil, tiveram redução no volume de produção de aço, em 2020.

O volume de aço produzido pela China é superior à sua demanda interna, de maneira que aquele país exporta seus excedentes, com preços altamente competitivos. Parte deste aço vem para o Brasil, concorrendo com a produção nacional (WSA, 2021).

A Tabela 6 apresenta o ranking dos países produtores de aço, de 2016 a 2022.

Tabela 6. Ranking dos países produtores de aço, de 2016 a 2021.

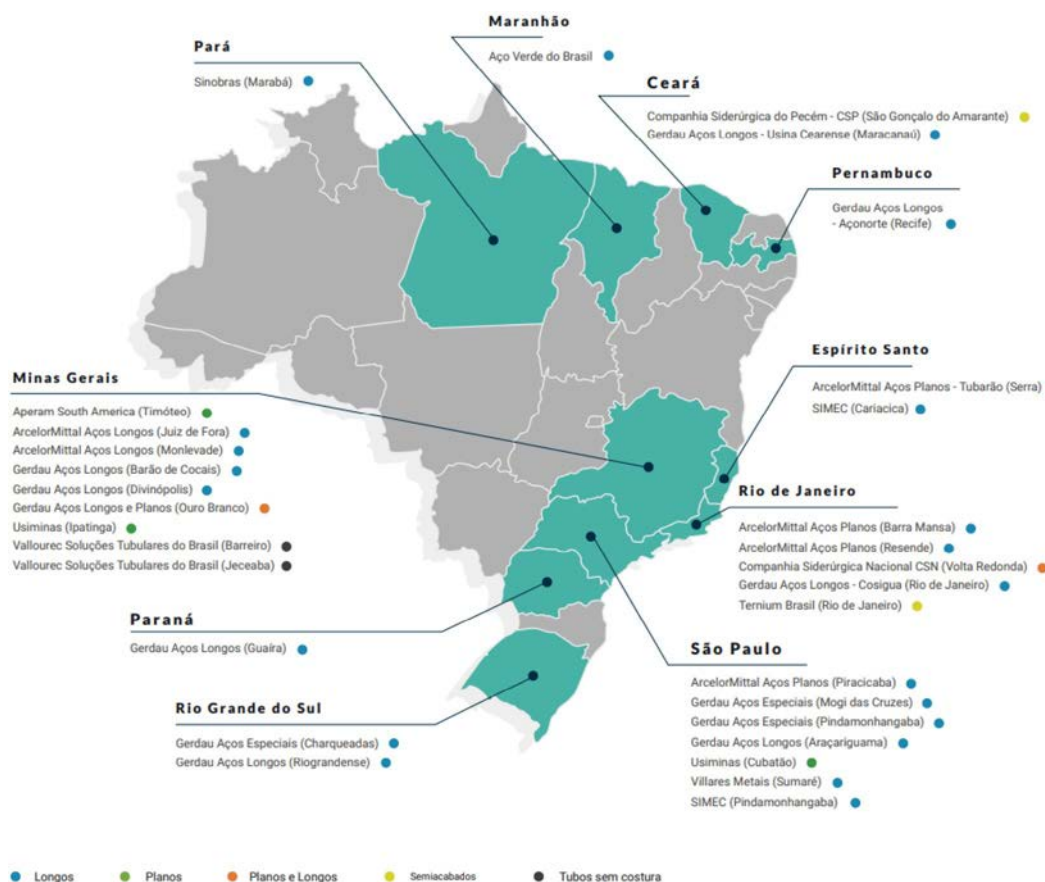
PAÍSES PRODUTORES DE AÇO (em Mt)								
Posição	Países Produtores	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022*
1	China	807,60	870,40	929,00	995,40	1.064,80	1.125,26	1.189,20
2	Índia	95,40	101,40	109,20	111,30	100,26	109,39	111,36
3	Japão	104,70	104,60	104,32	99,20	83,20	84,68	79,84
4	Estados Unidos	78,40	81,60	86,60	87,70	72,70	79,81	79,28
5	Rússia	69,00	70,50	72,10	71,70	71,60	72,90	73,54
6	Coreia do Sula	56,43	58,73	62,33	71,40	52,33	57,44	57,06
7	Alemanha	37,92	38,74	39,62	39,40	39,35	40,06	40,41
8	Turquia	32,43	33,14	33,89	33,70	33,65	34,26	34,56
9	Brasil	31,60	34,70	35,40	32,50	31,40	32,34	32,08

**Projeção*

Fonte: World Steel Association (2021)/

O parque siderúrgico brasileiro, apresentado na Figura 11, segundo o Instituto Aço Brasil, é representado por 15 empresas privadas, controladas por doze grupos empresariais e operando 31 usinas, distribuídas por 10 estados brasileiros. A indústria do aço no Brasil foi responsável pela produção, em 2021, de 32,34 Mt de aço bruto, mantendo o país na 9ª posição no ranking da produção mundial. (IAB 2021)

Figura 11: Parque siderúrgico brasileiro.



Fonte: Instituto Aço Brasil, 2020

No Brasil, existem duas rotas tecnológicas para a produção de aço, a rota integrada e a semi-integrada. As usinas integradas são responsáveis por mais de 80% da produção total, e reúnem três fases básicas de produção: redução, refino e conformação. Já na semi-integrada, a produção de aço se dá pela fusão de carga metálica, constituída por sucata, gusa e/ou ferro-esponja, em aciarias elétricas (IAB 2022).

Os principais setores que consomem aço no Brasil - construção civil, bens de capital, indústria automotiva e fabricantes de eletrodomésticos - representaram, juntos, 82,1% do consumo, em 2020, (IAB 2022)

Por outro lado, o mercado de pelotas de minério de ferro possui uma tendência de crescimento substancial nos próximos anos, sustentado pelas regulamentações ambientais sobre a produção de sinter, esgotamento das reservas de granulados de alta qualidade, crescente demanda pela diminuição emissões de carbono do setor siderúrgico e as mudanças nas tendências tecnológicas na indústria do aço.

O uso das pelotas permite o aumento da produtividade na indústria siderúrgica, devido ao maior teor de ferro na matéria prima, e o consequente menor consumo de combustível no processo de redução. As pelotas destinadas à redução direta, por sua vez, já experimentam alta demanda pelo mercado mundial, uma vez que a redução do minério de ferro em fornos de redução direta com gás natural apresenta menor pegada de carbono que a produção em altos fornos a coque (BM, 2022).

A produção global de pelotas de minério de ferro, no ano de 2019, foi de 501 Mt, e as exportações no mercado transoceânico atingiram 134 Mt (ITM 2021). Os países maiores exportadores de pelotas de minério de ferro foram o Brasil, Suécia, Canadá, Ucrânia e Rússia. Atualmente, no Brasil, existem 16 usinas de pelletização (12 no Espírito Santo, 3 em Minas Gerais e uma no Maranhão). A Vale tem 11 usinas (considerando as Joint Ventures), a Samarco tem quatro (todas em Anchieta-Ubu/ES) e a Vallourec tem uma, em Jeceaba (MG) (ITM 2021). Com exceção da Vallourec, todas utilizam a tecnologia de grelha móvel. Atualmente, em 2021 e 2022, a Vale encontra-se em processo de adaptação de duas de suas usinas no Espírito Santo para a produção de briquetes de minério de ferro, também como estratégia para a diminuição da pegada de carbono do setor (VALE 2021).

2.4.1.8. Tendências do Mercado Mundial de Minério de Ferro até 2050

A produção global de minério de ferro é segmentada entre Oceania, Ásia, América do Sul, Oriente Médio e África, América do Norte e União Européia. A principal tendência a ser observada em relação ao minério de ferro, é a de que a demanda de aço mundial tenha um crescimento gradual até 2050, que conviverá com avanços no processo de descarbonização da indústria siderúrgica e com a regulamentação do mercado de carbono. Porém, ainda há incertezas em relação à escolha das rotas tecnológicas predominantes a serem adotadas, às mais eficientes estratégias e tecnologias de redução de emissão de CO₂ e, por fim, aos tempos de maturação e de implementação de tais tecnologias. O caminho a ser traçado pela indústria de aço para reduzir a emissão de gás CO₂ terá impacto direto na mineração de minério de ferro mundial (IEA 2021).

Para atender as metas globais de energia e clima, as emissões da indústria siderúrgica devem cair para cerca de 5% das emissões atuais (IEA 2021). Isso impõe um grande desafio para a indústria, do ponto de vista de investimentos, principalmente em tecnologia.

Argusmedia (2021) publicou artigo sobre a maior siderúrgica japonesa, a Nippon Steel, que planeja desenvolver fornos elétricos de grande escala (>2,5Mta) substituindo parte do alto fornos atuais, até 2050. A intensão da Nippon Steel é de operar com uma mistura de sucata e DRI (*direct reduced iron*) como insumos. Iniciativas como essa já fazem parte do plano das outras grandes siderúrgicas mundiais, na busca por tecnologias de baixa emissão de CO₂, no esforço de alcançar redução das emissões até 2050.

Nesse contexto, a produção poderá continuamente migrar da rota alto-forno para a rota de redução direta como forma da indústria siderúrgica reduzir a emissão de CO₂. Um movimento que irá promover uma mudança no mercado de minério de ferro, elevando significativamente a demanda por pelotas de redução direta, com elevado teor de ferro e baixa sílica, de maneira a atender ao aumento da produção de aço via rota forno-elétrico, com insumo de DRI. No mesmo contexto, vale aqui ressaltar que uma das tecnologias mais disseminadas de produção de ferro gusa no Brasil consiste de mini altos-fornos a carvão vegetal, que operado em um ciclo fechado com o replantio, pode chegar a produzir com créditos positivos de carbono (CGEE, 2008).

Quanto ao aço, é importante registrar que as mesmas projeções de crescimento da demanda global até 2050 indicam que o ciclo da China já atingiu seu pico, em termos de intensidade de consumo de aço. O atual consumo chinês já é maior do que 600 kg / hab/ ano, segundo a WSA, (2021).

Com respeito ao consumo per capita mundial, Morgan, H. (2021), da Rethink Energy, considera que o aumento da demanda por aço continuará em ascensão e deverá crescer 60% até 2050, movido pelo desenvolvimento econômico dos países do sudeste de Ásia, América do Sul e África. A demanda mundial deverá atingir aproximadamente 3,1B t de aço em 2050, como já mencionado, elevando o consumo per capita mundial para 320 kg/ hab/ ano, cerca de 30 % maior do que em 2020.

Nos últimos anos, a Austrália foi capaz de capturar 62% da fatia do crescimento das exportações de minério de ferro, com impressionante aumento na produção, alcançado pelo desenvolvimento de depósitos de baixo teor de Fe ($\leq 60\%Fe$). Atualmente, na Austrália, há várias mineradoras com participação de capital chinês, entre elas as empresas produtoras de concentrado de minério de ferro Sino Iron Pty, Karara Mining e Grange Resources, além do projeto Iron Bridge,

previsto para 2023 e que irá produzir 22 M t/ano de concentrado, com 66% de ferro (Mining Technology, 2022).

No Canadá já se iniciou uma nova fase de crescimento da produção de minério de ferro. Por exemplo, a mineradora júnior Champion Iron iniciou a produção de concentrado de minério de ferro com 66,2%Fe, na mina de Bloom Lake. Hoje a empresa já produz a ritmo de 15 M t/ano. O Canadá deverá expandir a sua base produtiva de minério de ferro nas próximas décadas, em função da qualidade dos ativos que possui. O minério de ferro canadense é de baixo teor, mas o seu beneficiamento promove um enriquecimento em Fe para teores acima de 65% de ferro. Estima-se um crescimento da ordem de 60% na produção e exportação de minério de ferro desse país, até 2050. (Morgan – 2021)

Em termos de competitividade, a expectativa é que o Brasil aumente sua participação no mercado, com o desenvolvimento de sua extensa base de reservas e recursos de minério de ferro, sendo favorecido pela produtividade e qualidade final do produto a ser comercializado, com teores de ferro superiores a 65%, após o beneficiamento.

O desempenho superior do minério de ferro brasileiro em termos de concentração (elevado índice de liberação), maior recuperação metálica e baixo teor de contaminantes, traduzem-se em custo de produção mais competitivo e maior potencial de capturar um prêmio em relação ao preço de mercado, no momento da comercialização.

Diante disso, o aumento da participação do minério de ferro brasileiro no mercado internacional, até 2050, deverá ocorrer através do crescimento da produção nacional, via desenvolvimento de novos projetos competitivos, acompanhados do aumento na oferta de produtos com elevado teor de ferro, visando atender à demanda promovida pela transformação tecnológica da produção de aço mundial, que tem como meta a redução das emissões de CO₂.

A Tabela 7 e a Figura 12 apresentam as estimativas para o minério de ferro no mundo, de 2022 a 2050, acompanhando o consumo pelo aço.

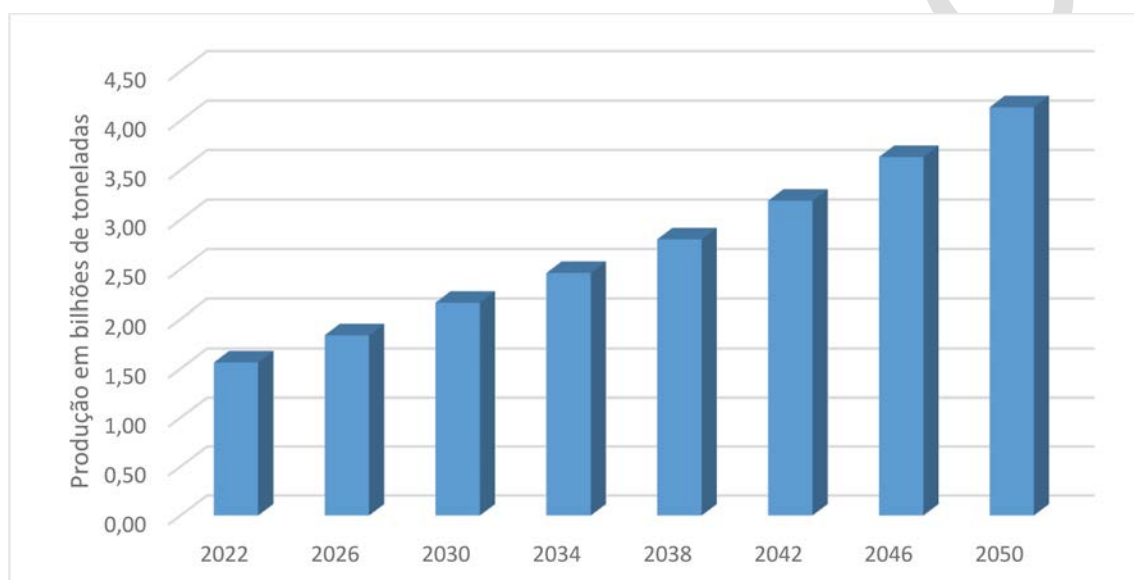
Tabela 7: Projeção do mercado mundial de minério de ferro, até 2050.

Mundo - Minério de Ferro	2022	2026	2030	2034	2038	2042	2046	2050
Reservas Medidas (Bt)	322	315	308	298	288	276	263	248
Produção (Bt)	1,56	1,84	2,16	2,46	2,80	3,19	3,63	4,14
Consumo (Bt)	1,56	1,84	2,16	2,46	2,80	3,19	3,63	4,14

1 Considerando as reservas das empresas já medidas, para identificar se há necessidade de descoberta e exploração de novos depósitos.

2 Considerando que até 2030 a produção consiga acompanhar as previsões de demanda, com crescimento previsto da ordem de 4,14% ao ano no período. Considerando um crescimento da produção da ordem de 3,3% ao ano de 2030 a 2050, influenciada pelo comportamento de consumo mundial de aço, que deve alcançar 3 bilhões de toneladas anuais, de acordo com projeções da World Steel Association (WSA).

Figura 12: Projeção de produção de minério de ferro no mundo, no período de 2022 a 2050



Fontes: World Steel Association (2021a), Morgan, H. (2021); World Steel Dynamics (2021) e International Energy Agency (2020)

Segundo estudo do Boston Consulting Group (BCG) denominado “Greener Steel, Greener Mining”, a produção mundial de aço, maior consumidora de minério de ferro, é responsável por 7% das emissões de gases de efeito estufa mundiais. Entre as alternativas para um futuro mais sustentável do setor, aponta que em 2050, 38% do aço produzido terá como matéria-prima a sucata ferrosa. A reciclagem de sucata ferrosa em fornos elétricos a arco (EAF) é um caminho comprovado para descarbonizar a produção de aço, sem perda de qualidade, o que pode ter impacto no mercado de minério de ferro, por sua substituição.

No entanto, o próprio BCG ressalta que, embora seja promissora, a reciclagem não resolverá todos os problemas da indústria. Outras soluções apontadas são

a captura, utilização e armazenagem de carbono, e a transição de altos-fornos para fornos de redução direta e elétricos. As instalações de produção de DRI funcionam com gás natural, com a previsão de uso de hidrogênio verde, que podem diminuir as emissões entre 33% e 55%, em comparação com a produção em altos-fornos (BCG 2022).

Em relação ao Brasil, sobressai a perspectiva de uma expansão da produção siderúrgica em bases mais sustentáveis e competitivas, mediante uma produção de aço integrada com o suprimento de gusa à base de carvão vegetal oriundo de floresta plantada, ou mesmo, com a produção de aço em Fornos Elétricos a Arco (FEA), supridas de energia elétrica oriundas de fonte renovável, gás natural, ou a hidrogênio verde, integrada com o suprimento de sucata e/ou gusa de mercado.

Usinas com capacidade para mais de 100 M t/ano de produção de aço pela rota DRI-EAF (electric arc furnace), com gás natural e energia elétrica, respectivamente, já estão em funcionamento em todo o mundo, de forma que a indústria, como um todo, já tem pelo menos uma rota efetiva para a descarbonização da produção de aço.

2.4.1.9. Tecnologia e Inovação

Anteriormente à apresentação da tabela ao final desta seção, alguns pontos devem ser discutidos sobre a tecnologia e a inovação no setor de mineração de ferro. A mineração é um setor no qual o avanço tecnológico se dá de maneira gradual, especialmente no minério de ferro, por seus grandes volumes, mas que apresenta constantes melhorias e aperfeiçoamentos, nos diversos processos de lavra, beneficiamento e transporte. No caso da mineração de ferro, o objetivo dos avanços e melhorias são primordialmente em ganhos de produtividade, redução de custo, segurança e proteção ao meio ambiente e à sociedade. Isto se dá em todas as fases do processo, envolvendo as atividades de pesquisa, exploração e transformação mineral, com desenvolvimento e implantação de melhorias em insumos, máquinas, equipamentos, softwares e sistemas, contribuindo dessa forma para as políticas de inovação, de competitividade e de sustentabilidade nesses segmentos.

As práticas internacionais mais atuais, tanto de lavra quanto de beneficiamento, são conhecidas de todo o setor, tanto pelas mineradoras, quanto pelos fornecedores de serviços técnicos ou de equipamentos. O diferencial está

em adaptar essas práticas e técnicas às características do depósito, como tamanho, geometria e localização geográfica, além da geologia e características geometalúrgicas do minério em si. Acompanhando uma tendência do mercado internacional, a indústria passou a investir em tecnologias mais seguras e sustentáveis, estratégia determinante para seu futuro competitivo.

De maneira muito relevante para o minério de ferro brasileiro, há hoje grande esforço no desenvolvimento de novas tecnologias para a destinação de rejeitos, em função dos eventos de colapso de barragens de rejeitos de mineração de ferro, com profundos danos sociais e ambientais. Os minérios itabiríticos, de maneira geral, geram uma quantidade de rejeitos similar à produção, o que significa, apenas na mineração de ferro no Brasil, aproximadamente 300 M t/ ano de rejeitos a serem destinados de maneira segura, ambientalmente correta e econômica. Tais tecnologias vão desde a drenagem eficiente seguida de empilhamento, até a geração de coprodutos. Mesmo em casos aparentemente simples, como a secagem e empilhamento de rejeitos, é importante notar que toda a tecnologia de empilhamento de rejeitos em países tropicais, com alto índice pluviométrico, como é o caso do Brasil, ainda está em desenvolvimento, de maneira a garantir segurança em longo prazo, por conhecimento apenas incipiente das propriedades geotécnicas dos rejeitos, historicamente depositados em barragens. Um exemplo recente, de 2022, de falha na estrutura de empilhamento de rejeitos secos, ocorreu justamente no estado de Minas Gerais, no município de Nova Lima, quando parte da estrutura de uma pilha colapsou, atingindo um reservatório de água.

De maneira geral, para a indústria mineral, o controle eletrônico e computacional de processos, a automação, as operações remotas de equipamentos e mesmo a operação robótica, já vêm sendo utilizados para realização de parte dos trabalhos nas empresas de mineração de maior porte. Atualmente, em função dos avanços dos meios de comunicação e das redes de internet, já chegou à mineração a possibilidade de utilização da tecnologia IoT (Internet das Coisas), devendo ter suas primeiras aplicações na gestão de ativos.

Outra inovação tecnológica que inicia sua aplicação na mineração é a do *Machine Learning*, que utiliza algoritmos complexos, para processar milhões de dados, o que permite identificar potenciais alvos para a exploração mineral. O aprendizado de máquina já é utilizado na exploração mineral e aplicado na prospecção mineral, para interpretação dos dados de furos de sondagem. Na prospecção

mineral, o aprendizado de máquina é usado para integrar várias camadas de dados 2D ou 3D, com base nas informações já existentes de depósitos. Assim, podem-se estimar as probabilidades de ocorrência de potenciais alvos, ainda não identificados, bem como interpretar de forma automática as litologias, alterações ou fraturas, a partir dos dados físicos ou químicos, apurados nos testemunhos de sondagem.

Na mineração, a Inteligência Artificial (IA) vem sendo utilizada para melhorar a produtividade e a eficiência em cada etapa do processo de produção. Um bom exemplo é a utilização de Inteligência Artificial em caminhões autônomos, que têm o objetivo de tornar os equipamentos mais seguros. Esses caminhões podem operar no modelo 24/7, ou seja, 24 horas por dia, 7 dias por semana, sem a necessidade de parar para trocar de turno ou fazer intervalos. Estima-se que a tecnologia torna os equipamentos, aproximadamente, 15% mais baratos de operar do que aqueles com humanos ao volante, bem como reduz o número de trabalhadores expostos em áreas de risco.

Existem sistemas de Inteligência Artificial instalados em perfuratrizes operadas por operador remoto, o que o permite, usando um único console, controlar quatro plataformas de perfuração autônomas, simultaneamente. Tecnologias de IA também vêm sendo utilizadas em carregadeiras autônomas, em operações de mina subterrânea.

Nas estruturas das barragens e pilhas, assim como nas cavas, é possível monitorar as vibrações das atividades mineradoras, a partir da instalação de diversos sensores, para captar as mais diferentes vibrações, desde o tráfego de caminhões a explosões com dinamite, e de reconhecer alterações que possam trazer risco à segurança local. O novo modelo de mineração tem como principal objetivo transformar o processo operacional em um sistema mais produtivo e seguro, já que necessita de menos pessoas expostas a riscos.

Em suma, avanços tecnológicos têm sido realizados nas etapas de pesquisa, desmonte, carregamento, classificação, concentração e destinação de rejeitos, utilizando-se as mais diversas tecnologias, com ganhos obtidos em produtividade, consumo de energia, segurança e meio ambiente. Inovações também têm sido feitas nos métodos e técnicas de desmonte, permitindo ganhos de produtividade e redução dos custos.

A Tabela 8, abaixo, mostra um quadro com uma lista com exemplos de novas tendências tecnológicas do setor mineral, em estudo, em implantação, ou já em operação, por grandes empresas do setor de minério de ferro.

*Tabela 8. Exemplos de novas tendências tecnológicas do setor mineral. (*Tecnologias consolidadas)*

Operação Mineral	Tecnologia	Objetivo	Referência
Pesquisa Mineral	Gradiometria de tensor completo (gravitacional e magnética)	Mapeamento de contrastes magnéticos e de densidade, causados por mudanças estratigráficas e estruturais.	Meyer, U. et al., 2016.
	Mineração de dados geológicos, inteligência artificial e <i>machine learning</i>	Identificação de alta resolução de alvos potenciais de depósitos minerais.	Earth AI, 2022
Lavra	Carregamento e transporte autônomos*	Otimização de frota, otimização operacional e aumento de segurança.	Gaber, T. et al. 2021
	Varredura a laser tridimensional, associada a imagem digital	Realização de mapeamento, análise e projeto a partir de ambiente remoto.	Quan, J. et al. 2020.
Beneficiamento	Reator de flotação estagiada	Redução da área de implantação e redução de consumo	Woodgrove, 2022
	Separador magnético de alto gradiente, com pulsação vertical*	Concentração de partículas ultrafinas, fracamente magnéticas	Chen, L. et al., 2009
Todas	Centro de operações integradas*	Sincronização e otimização das operações, da lavra ao despacho.	Sganzerla, C., et al., 2016
	Monitoramento por veículos aéreos não tripulados*	Mapeamento de mina 3D, identificação de descontinuidades na cava, monitoramento de estabilidade de depósitos de rejeito, controle de minério, análise de fragmentação após desmonte, inspeção de veículos remotos, etc.	Shahmoradi, J., et al., 2020
	Internet das coisas*	Monitoramento de eficiência e falhas de equipamentos, análise de acidentes, gestão de frota e pessoal, monitoramento de depósitos de rejeitos.	Aziz, A. et al., 2020
Destinação de rejeitos	Geração de coprodutos para a construção civil, a partir do rejeito arenoso*	Apoio social a comunidades próximas à operação e pequena redução do volume de material destinado a barragens e pilhas.	Silva, F. L., et al., 2014
	Geração de coprodutos destinados à indústria de óleo e gás, a partir de rejeitos ultrafinos do beneficiamento de minério de ferro.	Redução expressiva do volume de rejeitos ultrafinos, gerados na operação de deslamagem, com possível redução de potencial de liquefação de pilhas e barragens.	Patente, 2016
	Geotecnia, mineralogia e reologia de rejeitos e de suas misturas, com ou sem aditivos, para viabilizar o empilhamento a seco	Aumento da estabilidade e segurança de empilhamento de rejeitos de mineração em região de alto índice pluviométrico.	Estudos internos de empresas.

Lista de referências:

AMA - Associação Mundial do Aço. “ Perspectiva de curto prazo: demanda de aço, aço acabado.” Acessado em maio de 2022.

AMB - Anuário Mineral Brasileiro: principais substâncias metálicas / Agência Nacional de Mineração; coordenação técnica de Marina Dalla Costa. – Brasília: ANM, 2020.

American Mining – 2022 = <https://www.rumbominero.com/>

ANEPAC - Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção - O Mercado de Agregados no Brasil – 2020.

ANM – Anuário Mineral Brasileiro: principais substancias metálicas, Agência Nacional de Mineração, 2020.

ANTF – Associação Nacional dos Transportes Ferroviários - Ferrovia e Mineração de ferro no Brasil: Entenda a dependência entre eles – 2020 - <https://www.antf.org.br/associadas/>

Argusmedia, - Japan's Nippon steel eyes EAF, hydrogen to decarbonise. 2021 <https://www.argusmedia.com/en/news/2201033-japans-nippon-steel-eyes-eaf-hydrogen-to-decarbonise>

BCG Boston Consulting Group (BCG) - Greener Steel, Greener Mining – 2022 <https://www.bcg.com/pt-br/publications/2022/forging-a-path-to-green-steel>

BM – Brasil Mineral – Aço - Produção usará sucata como matéria-prima em 2050 – Revista Brasil Mineral 2022 <https://www.brasilmineral.com.br/noticias/producao-usara-sucata-como-materia-prima-em-2050>

Brasil Mineral – As maiores empresas do setor mineral - Ano 27 – 411 – Edição especial 2021 - <https://www.brasilmineral.com.br/revista/411/index.html?p=60> -

BRF - Banco da Reserva Federal de St. Louis. “ Preço global do Minério de Ferro .” Acessado em maio de 2022.

CETEM - Tratamento de Minérios – 5ª Edição/Ed. Adão Benvindo da Luz, João Alves Sampaio e Silvia Cristina Alves França - Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010.

CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos Ciência, Tecnologia e Inovação - Uso de Carvão Vegetal em Mini Altos-Fornos Situação Atual com Tendências 2025 Estudo Prospectivo do Setor Siderúrgico Nota Técnica Ronaldo Santos Sampaio – 2008 - <https://www.cgee.org.br/>

CiaLab – Cia de inovação e aplicação – Tecnologia de solos e rejeitos – 2022 - <https://cialab.com.br/>

Costa, W.J. P. (coordenador- Wagner José Pinheiro Costa)- Plano de Mineração do Estado do Amapá 2019-2030 /. – Macapá: Agência de Desenvolvimento Econômico do Amapá, 2019.

CSN – Relatório Integrado 2020. <https://www.csn.com.br/wp-content/uploads/sites/452/2021/07/Relato-Integrado-2020-PT.pdf>

EBC – Agência Brasil – Produção de Aço no Brasil 2021 - <https://agenciabrasil.ebc.com.br/>

Gonzalez, M GEO – Geologia e Mineração – 2019 – Disponível em <https://www.notasgeo.com.br/2019/03/minerio-de-ferro-producao-em-crise.html>

Homes, Miguel - Siderurgia Mundial e Mercado Brasileiro de Aços Planos - Cenário atual e Perspectivas – 2021

IAB - Instituto Aço Brasil – Relatório de Sustentabilidade 2020, em: <https://acobrasil.org.br/relatoriodesustentabilidade/assets/pdf/PDF-2020-Relatorio-Aco-Brasil-completo.pdf>

IAB – Instituto Aço Brasil – Parque siderúrgico – 2022 - <https://acobrasil.org.br/site/parque-siderurgico/>

IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração - Gestão e Manejo de Rejeitos da Mineração/Instituto Brasileiro de Mineração; organizador, Instituto Brasileiro de Mineração. 1.ed. - Brasília: IBRAM, 2016.

IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração - Gestão e Manejo de Rejeitos da Mineração/Instituto Brasileiro de Mineração; organizador, Instituto Brasileiro de Mineração. 1.ed. - Brasília: IBRAM, 2016.

IEA. – Iron and Steel Technology roadmap, International Energy Association. <https://www.iea.org/reports/iron-and-steel-technology-roadmap> - 2020

INFOMET - Processos de Aglomeração de Minérios: Sinterização e Pelotização = 2022. <https://www.infomet.com.br/site/acos-e-ligas-conteudo-ler.php?codConteudo=232>

ITM – In the Mining – Evolução do parque de pelotização no Brasil – 2021 – Disponível em <https://www.inthemine.com.br/site/evolucao-do-parque-de-pelotizacao-no-brasil/>

Júnia Soares Alexandrino, Adriano Jose de Barros, Cibelle Cristina Martins Silva y Cínthia Alexandre da Silva Dornelas: “Estudo de caso: tecnologias e processos utilizados no tratamento de minérios de ferro de baixo teor”, Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales, (2017)

Melfi, A. Misi, A. Campos, D.A, Cordani, U.G. (organizadores). - Recursos Minerais no Brasil: problemas e desafios / – Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2016.

Mineração e Sustentabilidade – 2022 - <https://revistamineracao.com.br/2022/06/01/anm-aprova-projeto-bloco-8-da-sam-em-minas-gerais/>

Mining Technology – Iron Bridge Magnetite Project – 2022 - <https://www.mining-technology.com/projects/iron-bridge-magnetite-project/>

Morgan, H. – Global steel demand to grow 60% through 2050. Rethink Research. -2021. <https://rethinkresearch.biz/articles/global-steel-demand-to-grow-60-through-050>

OECD – Steel overcapacity and climate change – Global Forum on Steel Excess Capacity. <https://www.steelforum.org/stakeholders/gfsec-april-2021-laplace-conseil.pdf>

RMB - Recursos Minerais no Brasil: problemas e desafios / Adolpho José Melfi, Aroldo Misi, Diogenes de Almeida Campos e Umberto Giuseppe Cordani (organizadores). – Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2016. <https://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-7006.pdf>

S&PGlobal – Platts iodex explained. 2022 - <https://www.spglobal.com/commodityinsights/pt/our-methodology/price-assessments/metals/iodex>

SAMARCO – Relatório da Administração – 2022 - <https://www.samarco.com/wp-content/uploads/2022>

TCU - CONTRATO DE CONCESSÃO DA ESTRADA DE FERRO VITÓRIA A MINAS (EFVM) – Relatório - 2019

TUO, J.; ZHANG, F. - Modelling the iron ore price index: A new perspective from a hybrid data reconstructed EEMD-GORU - Journal of Management Science and Engineering – 2020

USGS – Mineral Commodity Summaries. United States Geological Survey, 2021

VALE – Vale anuncia produção de briquete verde - 2021 <http://www.vale.com/brasil/pt/aboutvale/news/paginas/vale-anuncia-briquete-verde-que-pode-reduzir-em-ate-10-as-emissoes-de-co2-de-clientes-siderurgicos.aspx>

WSA - World Steel Association- China Steel Production- 2022 <https://tradingeconomics.com/china/steel-production>

WSA - World Steel Dynamics- – Steel Statistical Yearbook, 2021. Site www.worldsteeldynamics.com

PLANO NACIONAL DE MINERAÇÃO 2050
PNM 2050

**ANÁLISE DETALHADA: MERCADO INTERNACIONAL
DO OURO**

CADERNO 2: Pesquisa e Produção Mineral

ANÁLISE DETALHADA: MERCADO INTERNACIONAL DO OURO	898
2.3. Análise de Segmentos da Mineração Brasileira.....	899
2.3.1. Mercado Internacional	899
2.3.1.2. Ouro	899
2.3.1.2.1. Preço de mercado e análise de tendência	899
2.3.1.2.2. Produção e Valor da Produção Mineral	901
2.3.1.2.3. Polos produtivos	903
2.3.1.2.4. Parque produtivo	905
2.3.1.2.5. Emissão de CO ₂ e Consumo energético	907
2.3.1.2.6. Utilização de água	910
2.3.1.2.7. Geração de resíduos minerais	914
2.3.1.2.8. Produção e demanda de ouro	916
2.3.1.2.9. Tecnologia	918
2.3.1.2.10. Considerações finais	921

2.3. Análise de Segmentos da Mineração Brasileira

2.3.1. Mercado Internacional

2.3.1.2. Ouro

Neste capítulo são revistos e analisados os fundamentos, o diagnóstico, e é apresentada a caracterização da atividade mineral de ouro do país, por meio de análises das perspectivas do mercado nacional e internacional de ouro.

2.3.1.2.1. Preço de mercado e análise de tendência

Nas duas últimas décadas, o preço do ouro vem apresentando um crescimento constante anual, saindo de uma média de 279 US\$/oz em 2000 e alcançando uma média de 1.878 US\$/oz em 2022. De forma geral, o preço do ouro tende a se expandir em situações de crises e incertezas geopolíticas internacionais.

A Figura 1 apresenta a evolução dos preços médios internacionais do ouro dos últimos 50 anos e com os pontos de destaque associados a eventos geopolíticos, incluindo eventos como o fim do padrão de ouro em 1971, a crise dos preços de petróleo no meio da década de 70, a crise da Bre-X em 1997, a crise de 9 de novembro de 2001, a crise da Lehman Brothers, em 2008, a crise da zona do Euro em 2012 e o início da pandemia do Covid-19 em 2020 (SCH, 2016).

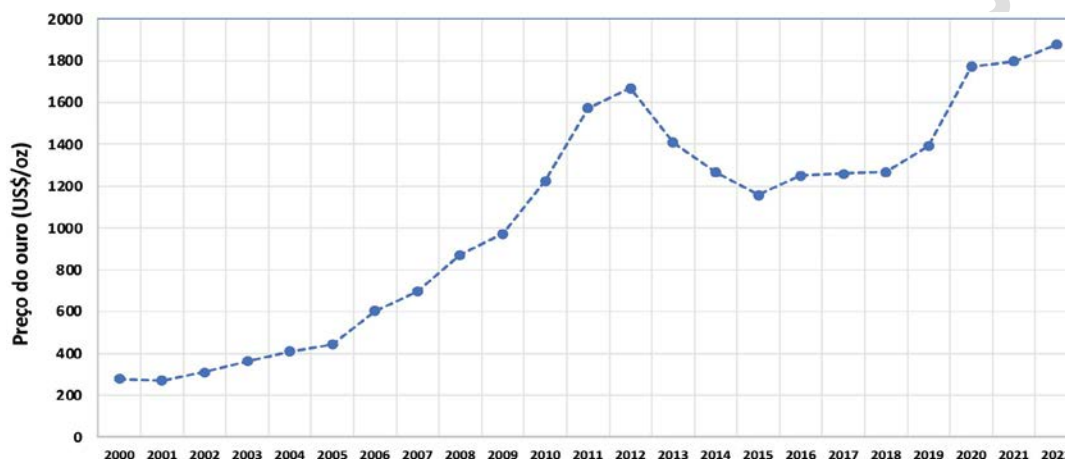
Figura 1. Preços médios de ouro nos últimos 50 anos e sua relação com eventos geopolíticos (US\$/oz).



Fonte: GPR (2022); SCH (2022)

A Figura 2 apresenta a variação dos preços internacionais do ouro entre 2000 e 2022. No ano de 2022, o preço do ouro chegou a ultrapassar a marca de 2.000 US\$/oz. No entanto, analistas internacionais têm apontado a volatilidade da tendência de valorização do ouro, já que o mundo está atravessando um período de guerra e tensões geopolíticas, pandemia, carência de alimentos e carência de combustíveis (MAC, 2022).

Figura 2. Variação do preço médio de ouro entre 2000 e 2022 (US\$/oz)



Fonte: MAC (2022)

Não se confirmou a substituição do papel financeiro do ouro por criptomoedas e o próprio uso do dólar americano vem sendo questionado como moeda de referência. O ouro continua sendo produzido, comercializado, e novas aplicações vêm sendo desenvolvidas.

A estimativa para 2050, segundo SCR (2017), é que o preço do ouro varie entre 1.035 e 2.946 US\$/oz, dentro de um intervalo de confiança de 90% segundo o modelo de estimativa.

Recentemente, o Banco Mundial publicou uma análise das estimativas de comportamento do preço do ouro a curto e a médio prazo (WBR, 2022). Os resultados das análises indicam uma modesta tendência de aumento ainda em 2022, seguida por uma tendência de queda a partir de 2023, especialmente se a Rússia, no período pós-guerra, iniciar a venda de grandes quantidades de ouro.

Por outro lado, a mesma fonte indica a possibilidade da própria Rússia voltar a adotar o ouro como padrão de lastro para sua moeda. A perspectiva de um país de economia forte voltar a adotar o padrão de ouro em sua moeda pode, por sua vez, criar uma tendência de aumento dos preços de ouro a longo prazo (WBR, 2022).

2.3.1.2.2 Produção e Valor da Produção Mineral

A produção de ouro no Brasil, de 2010 a 2020, é apresentada na Tabela 1, diferenciando o ouro industrial do ouro produzido por garimpo e operações artesanais, com os totais consolidados para o país.

Tabela 1. Produção brasileira de ouro, de 2010 até 2020, em t, R\$ e USD.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Industrial (t)	56	57	57	68	71	70	70	66	70	73	75
Artesanal* (t)	7	8	10	12	10	13	24	14	13	14	22
Total (t)	62	65	67	80	81	83	94	80	83	87	97
Total (M oz)**	1,99	2,10	2,15	2,56	2,60	2,67	3,02	2,58	2,67	2,79	3,11
Total (M US\$)	2,19	2,87	3,47	4,24	3,22	3,17	3,20	3,02	3,52	3,59	4,83
Total (M R\$)	4,31	5,53	7,02	7,78	7,77	10,32	13,16	10,36	12,39	15,35	28,41

(*) Fator de conversão 32.150 oz/t

(**) A produção artesanal corresponde à produção apropriada pelas estatísticas oficiais. Esse valor não inclui a produção artesanal não oficial.

Fonte: ANM (2022); KIT (2022); IPE (2022)

Em termos quantitativos, a produção brasileira de ouro cresceu 56% na última década, passando de 62 t/ano para 97/ano. Entre 2010 e 2020, o valor da produção em US\$ cresceu 121% em termos absolutos, equivalente a uma taxa de crescimento anual composta (CAGR) de 8% na última década. Já o crescimento do valor da produção em R\$ foi de 559% em termos absolutos, equivalente a uma taxa de crescimento anual composta (CAGR) de 12% na última década.

A Tabela 2 apresenta a produção mundial de ouro de 2010 a 2020, incluindo a participação do Brasil na produção mundial.

Tabela 2. Produção mundial de ouro em t, R\$ e USD com a participação do Brasil.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Total Mundo (t)	2.600	2.670	2.750	2.930	3.100	3.180	3.180	3.260	3.290	3.300	3.030
Total Brasil (t)	62	65	67	80	81	83	94	80	83	87	97
Participação Brasil (%)	2,4%	2,4%	2,4%	2,7%	2,6%	2,6%	3,0%	2,5%	2,5%	2,6%	3,2%
Total (M oz)*	83,6	85,8	88,4	94,2	99,7	102,2	102,2	104,8	105,8	106,1	97,4
Total (M US\$)	91,7	117,6	142,9	156,1	123,4	121,6	108,5	122,9	139,5	136,3	151,2
Total (M R\$)	180,6	226,5	288,9	286,5	297,4	395,8	445,5	421,5	490,6	583,0	889,4

(*) Fator de conversão 32.150 oz/t

Fonte: ANM (2022); KIT (2022); IPE (2022), MCS (2020, 2019, 2016, 2014)

A participação brasileira na produção mundial de ouro cresceu na última década, passando de 2,4% para 3,2% do total, um aumento de 34%. Em 2020, o Brasil ocupou a 9ª posição entre os principais produtores de ouro no mundo, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Ranking dos principais produtores mundiais de ouro em toneladas de metal.

Colocação	País 2010	Produção (t)	País 2015	Produção (t)	País 2020	Produção (t)
1	CHINA	345	CHINA	450	CHINA	365
2	AUSTRÁLIA	261	AUSTRÁLIA	278	AUSTRÁLIA	328
3	EUA	231	RÚSSIA	252	RÚSSIA	305
4	RÚSSIA	192	EUA	214	EUA	193
5	ÁFR. DO SUL	189	CANADÁ	153	CANADÁ	170
6	TURQUIA	164	TURQUIA	145	GANÁ	125
7	INDONÉSIA	120	ÁFR. DO SUL	145	MÉXICO	102
8	CANADÁ	91	MÉXICO	135	UZBEQUISTÃO	101
9	UZBEQUISTÃO	90	UZBEQUISTÃO	102	BRASIL*	97
10	GANÁ	82	INDONÉSIA	97	ÁFR. DO SUL	96
11	MÉXICO	73	GANÁ	88	SUDÃO	90
12	PAPUA N. GUINÉ	68	BRASIL*	83	TURQUIA	87
13	BRASIL*	62	PAPUA N. GUINÉ	60	INDONÉSIA	86

Fonte: MCS (2022); MCS (2017); MCS (2012); ANM (2022)(*)

No ranking de 2020, os três principais produtores de ouro participam, conjuntamente, com 33% da produção mundial, estimada em 3.030 toneladas de metal. A China (12%), a Austrália (11%) e a Rússia (10%) lideraram o ranking em 2020, sendo que a China e Austrália mantiveram suas posições ao longo da década. Em 4º lugar vêm os Estados Unidos (6,4%) e em 5º o Canadá (5,6%). O Brasil subiu da 13ª colocação em 2010 para a 12ª colocação em 2015 e para a 9ª colocação em 2020.

2.3.1.2.3. Polos produtivos

Os polos produtivos de ouro no Brasil foram definidos a partir das Áreas de Relevante Interesse Mineral (ARIMs). A definição de ARIMs pelo SGB/ CPRM corresponde a um recorte territorial, com presença comprovada de depósitos ou jazidas minerais, ou com elevado potencial geológico para descoberta e aproveitamento de determinados bens minerais. Por serem relativamente raras, bem localizadas, econômicas ou potencialmente valiosas, as matérias-primas minerais que ocorrem ou que venham a ser descobertas nas ARIMs constituem-se em vetores de desenvolvimento local, regional e nacional (MAT, 2009).

Segundo o MME (2018), foram identificadas 12 ARIMs que atuam, ou podem atuar, como polos produtivos de ouro, conforme listado a seguir, com a identificação do número da ARIMs, os estados envolvidos e as substâncias minerais incluídas:

- ARIM 1 (PA, AP): ouro
- ARIM 2 (RO) – estanho, ferro, manganês, ouro
- ARIM 3 (PA) – ouro, estanho
- ARIM 4 (PA) – ferro, ouro, cobre, manganês, estanho, níquel
- ARIM 5 (PB, PE, RN) – tungstênio, ferro, nióbio, ouro, estanho, cobre
- ARIM 6 (MT) – ouro
- ARIM 7 (BA) – cobre, cromo, ouro, manganês
- ARIM 8 (GO) – ouro, manganês, estanho, níquel, cobre, cromo, titânio, chumbo-zinco, tântalo
- ARIM 9 (BA) – manganês, ouro, ferro, estanho, cobre, titânio, chumbo
- ARIM 11 (MG) – ferro, alumínio, ouro, manganês, cromo, estanho
- ARIM 13 (SC) – ferro, ouro
- ARIM 14 (RS) – cobre, ouro, estanho, ferro, chumbo, tungstênio

A produção de ouro no Brasil de 2010 a 2020, é mostrada na Tabela 4, por estado da federação, diferenciando o ouro industrial do ouro produzido por garimpo, com os totais consolidados para o país.

Tabela 4. Produção de ouro no Brasil, por estado, de 2010 a 2020.

Estado	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
AP	0,3	0,0	0,0	5,2	4,9	3,8	4,5	4,1	3,8	3,8	3,9
BA	6,0	5,6	5,8	5,0	5,1	5,2	6,2	6,2	6,8	7,6	7,7
GO	9,1	8,5	8,0	8,4	9,7	10,4	10,5	10,2	9,4	6,7	7,4
MG	30,5	31,0	29,7	31,0	33,0	32,0	32,3	28,3	32,1	34,8	34,1
MT	4,1	4,9	5,4	7,5	5,9	4,2	2,6	2,6	3,1	2,8	3,2
PA	4,3	4,9	4,5	7,4	9,0	11,8	13,5	14,3	14,2	14,2	13,3
PR	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
TO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MA	0,5	1,3	2,3	2,5	2,3	1,2	0,0	0,0	0,0	2,3	4,6
Outras UF	0,3	0,4	0,6	0,6	0,7	0,5	0,5	0,4	0,0	0,0	0,0
Industrial (t)	55,6	57,0	56,7	68,0	71,1	69,5	70,3	66,4	69,6	72,5	74,5
Artesanal* (t)	6,5	8,2	10,1	11,6	9,9	13,4	23,6	13,6	13,4	14,4	22,4
TOTAL (t)	62,0	65,2	66,8	79,6	81,0	82,9	93,9	80,1	83,1	86,9	96,8

(*) A produção artesanal corresponde à produção apropriada pelas estatísticas oficiais. Esse valor não inclui a produção artesanal não oficial.

Fonte: ANM (2022).

No Brasil a produção de ouro industrial, durante a última década, concentrou-se nos estados de Minas Gerais (48%), Pará (15%) e Goiás (13%). A Bahia aparece em 4º lugar, com 9%, seguido pelo estado do Mato Grosso com 6% seguido pelo Amapá com a parcela de 5% da produção industrial de ouro. A atividade garimpeira do ouro contribuiu com 17% da produção do metal na última década.

Em 2020, a produção do estado de Minas Gerais representou 48% da produção de ouro industrial e, os estados do Pará, Goiás e Bahia, também apresentaram participações significativas na produção deste ano, totalizando 38% da produção nacional de ouro industrial, sendo 18% da produção responsabilidade do Pará e os 20% restantes distribuídos igualmente entre os estados de Goiás e Bahia.

Vale destacar que, em 2020, a produção nos garimpos já correspondeu a 23% da produção total nacional, acima dos 17% da média de participação do garimpo na produção brasileira ao longo da década.

2.3.1.2.4. Parque produtivo

A evolução da produção de ouro no país se intensificou a partir do século XVIII, quando ocorreu o ciclo do ouro do Brasil Colônia, no qual a extração e a exportação de ouro representaram atividades preponderantes na economia local. A produção durante esse período esteve associada a atividades de mineração artesanal nos estados de Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso. Por outro lado, a produção industrial no Brasil ocorreu a partir do século XIX, quando cerca de 21 empresas internacionais foram organizadas no país. Desde então, a maior parte da produção de ouro no país é ligada à mineração de grande porte, principalmente na região do Quadrilátero Ferrífero, em Minas Gerais, além da instalação de polos produtivos nos estados da Bahia, Goiás e Pará. Durante o século XX, diversos grupos internacionais de produção de ouro entraram e saíram do mercado produtor de ouro no Brasil, tais como a CMP/CMA, GENCOR e VALE, então CVRD, que possuía uma área de negócios específica para ouro, compreendendo unidades tais como Igarapé Bahia e Fazenda Brasileiro. As propriedades dessas empresas foram adquiridas por outros grupos de mineração, que atuam na maior parte dessas áreas até hoje. Uma tendência observada nas últimas décadas foi o crescimento da participação de empresas internacionais na produção do ouro no Brasil, com a entrada no país de novos grupos internacionais de mineração de ouro, além das grandes empresas internacionais já estabelecidas no Brasil como os grupos Kinross, Lundin e AngloGold Ashanti.

Atualmente, além da produção a partir da mineração de grande porte, o ouro também é produzido por meio de uma grande dispersão de minerações de pequeno porte e de garimpos, setor que inclui uma parcela de operações não formalizadas.

O parque produtivo de ouro industrial no país está concentrado nas seguintes empresas:

- A Kinross, em 2020, produziu 542 mil oz de ouro. Ela detém 1 mina a céu aberto em Paracatú – MG. A planta de beneficiamento dessa operação, localizada na mina, tem uma capacidade nominal de processar 61 M t/ano de minério. (KIN, 2020a);
- A AngloGold Ashanti, em 2020, produziu 331 mil oz de ouro. Ela detém 3 operações, abastecidas por 10 minas, sendo 8 subterrâneas e 2 a céu aberto. A Operação Cuiabá é representada por 2 minas subterrâneas em Sabará - MG e Caeté - MG e uma planta metalúrgica em Nova Lima - MG, com capacidade nominal do beneficiamento de 1,75 M t/ano. A Operação

Córrego do Sítio é composta por 2 minas subterrâneas, 1 a céu aberto e 2 plantas metalúrgicas, todas em Santa Bárbara - MG, com capacidade nominal do beneficiamento de 1,6 M t/ano. A operação Serra Grande é composta por 3 minas subterrâneas, 1 a céu aberto e 1 planta metalúrgica, todas em Crixás - GO, com capacidade nominal do beneficiamento de 1,5 Mt/ano (AGA, 2022);

- A Vale produz ouro como subproduto em suas minas de cobre e, em 2020, produziu um total de 399 mil oz, sendo a maior parte produzida na mina de Salobo (331 mil oz) e o restante em Sossego (68 mil oz), ambas localizadas em Canaã dos Carajás - PA (BMI, 2021);
- A Equinox Gold, em 2020, produziu 196 mil oz de ouro. Ela detém 2 projetos a céu aberto. O Projeto Aurizona produziu 131 mil oz de ouro, em Godofredo Viana – MA e a capacidade nominal do beneficiamento deste projeto é de 2,9 Mt/ano. O Projeto Fazenda Brasileiro, produziu 65 mil oz, em Barrocas - BA, com capacidade nominal do beneficiamento de 1,35 Mt/ano. A operação Serra Grande é composta por 3 minas subterrâneas, 1 a céu aberto e 1 planta metalúrgica, todas em Crixás - GO, com capacidade nominal do beneficiamento de 1,5 Mt/ano (EQG, 2022);
- A Lundin Mining, em 2018, produziu 191 mil oz de ouro. Ela detém 1 mina a céu aberto de ouro e cobre, em Alto Horizonte - GO (mina de Chapada), e o beneficiamento dessa operação, localizado junto da mina, tem uma capacidade nominal de 24 Mt/ano para ouro e cobre (LMI, 2022);
- A Yamana Gold, em 2020, produziu 186 mil oz de ouro. Ela detém 1 mina subterrânea, em Jacobina - BA (Operação Jacobina), e o beneficiamento dessa operação, na mesma localidade, tem uma capacidade nominal de 3,6 Mt/ano (YAM, 2022);
- A Great Panther, em 2020, produziu 125 mil oz de ouro. Ela detém 1 operação com 9 minas, sendo 8 a céu aberto e 1 subterrânea. A Operação Tucano, localizada em Pedra Branca do Amapari - AP), tem como capacidade nominal, de sua planta de beneficiamento, 3,1 Mt/ano (GPA, 2022);
- A Jaguar Mining, em 2017, produziu 85 mil oz de ouro. Ela detém 2 complexos compostos por 3 minas subterrâneas. O Complexo Turmalina é representado por 1 mina subterrânea em Conceição do Pará - MG, com produção de 46 mil oz e a capacidade nominal do beneficiamento desse complexo é de 0,7 Mt/ano. O Complexo Caeté é composto por 2 minas subterrâneas em Caeté - MG, com produção de 39 mil oz, e a capacidade nominal do beneficiamento desse complexo é de 0,8 Mt/ano. (JAG, 2022);

- A Aura Minerals, em 2020, produziu 72 mil oz de ouro. Ela detém 5 minas, sendo 4 a céu aberto e 1 subterrânea em Pontes e Lacerda - MT (Projeto Ernesto/ Pau-a-Pique), o beneficiamento dessa operação, na mesma localidade, tem uma capacidade nominal de 1 Mt/ano (AUR, 2022);
- A Sebari Mineração, em 2020, produziu 65 mil oz de ouro. Ela detém 2 minas subterrâneas, ambas localizadas na região do Tapajós - PA. A Mina Palito, produziu 30 mil oz e sua capacidade nominal de beneficiamento é de 0,12 Mt/ano. A Mina São Chico, produziu 35 mil oz e sua capacidade nominal de beneficiamento é de 0,15 Mt/ano (SER, 2022);
- A Salinas Gold, em 2020, produziu 35 mil oz de ouro. Ela detém 1 mina a céu aberto, em Poconé - MT, e o beneficiamento dessa operação, também em Poconé, tem uma capacidade nominal de 0,37 Mt/ano (BMI, 2021);
- A Ero Copper, em 2020, produziu 26 mil oz de ouro. Ela detém 1 mina subterrânea em Xavantina - MT (Projeto Xavantina), e o beneficiamento dessa operação, localizado junto à mina, tem uma capacidade nominal de 0,3 Mt/ano (ERO, 2021);
- A Oz Minerals, em 2020, produziu 6 mil oz de ouro, a partir de 1 mina subterrânea em Água Azul do Norte - PA (Mina de Pedra Branca), com beneficiamento no local da mina e capacidade nominal de processar 0,72 Mt/ano de minério (OZM, 2022);

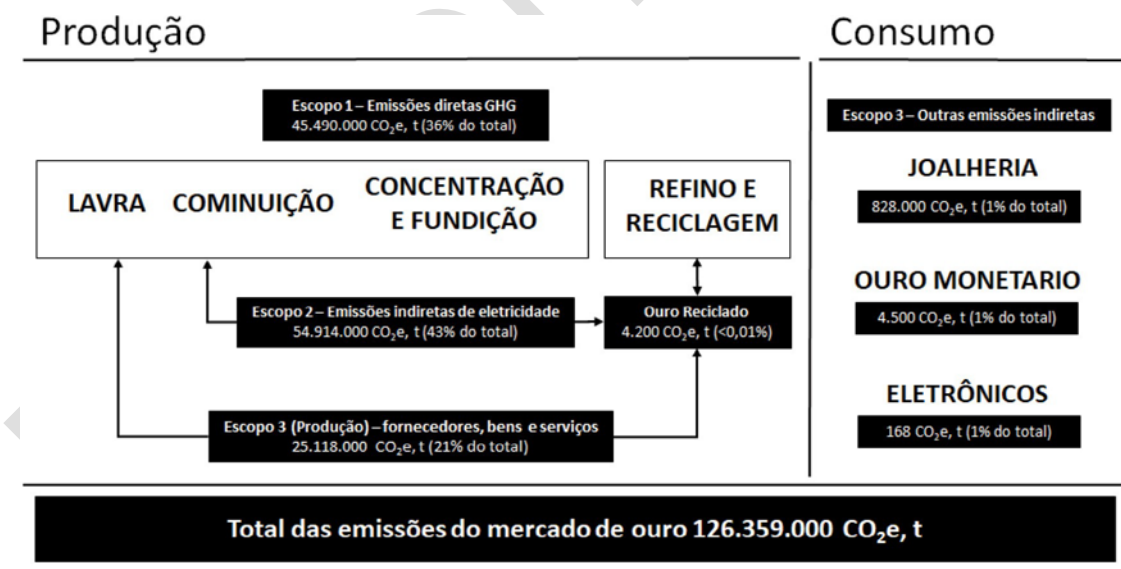
2.3.1.2.5. Emissão de CO₂ e Consumo energético

Hoje, o setor mineral reconhece que as mudanças climáticas impõem riscos à economia global e ao desenvolvimento socioeconômico da população. As partes interessadas no setor, incluindo formuladores de políticas públicas, os proprietários de ativos minerais, os investidores e a sociedade em geral estão interessados em uma maior compreensão desses riscos e suas possíveis consequências, e como esses riscos podem ser mitigados ou gerenciados no futuro. Para o setor mineral, é essencial manter uma visão abrangente da situação atual dos impactos ambientais relacionados às atividades de pesquisa mineral, lavra e processamento de minérios auríferos (cominuição, concentração/ fundição, refino e reciclagem), bem como de utilização do ouro (ourivesaria, joalheria, ouro monetário, eletrônicos, entre outros). É também essencial que o setor se adapte diante às mudanças climáticas, para fazer face à transição para um futuro em que a mineração atinja a meta de carbono zero.

Para cumprir o Acordo de Paris de 2015, que tem o objetivo de manter o aumento da temperatura global bem abaixo de 2°C, serão necessárias mudanças na indústria mineral. Para manter o aquecimento global em 1,5°C, as emissões líquidas globais de gases de efeito estufa (GEE) devem chegar a zero até 2050 e, para buscar essa meta, foi formulada uma abordagem padronizada para relatórios de GEE em que as emissões podem ser classificadas em três escopos distintos, conforme definido pelo *GHG Protocol Corporate Standard* (GRE 2022), que abrange emissões diretas e indiretas relacionadas a uma determinada organização. Os três escopos de emissão de GEE definidos no *GHG Protocol Corporate Standard* estabelecem a responsabilidade por cada categoria de emissão bem como o nível de controle de emissão em cada estágio da cadeia de valor. O controle de emissões dos Escopo 1 e 2 já faz parte do relatório de sustentabilidade de muitas mineradoras em todo o mundo, inclusive no Brasil. Por outro lado, o controle de emissões do Escopo 3 está relacionado com as fontes de emissões externas a cada organização, e se refere às emissões ao longo da cadeia de suprimentos.

A Figura 3 sumariza a distribuição das emissões globais de CO₂ equivalente (CO₂e) em toneladas da produção e transformação do ouro para cada escopo de emissão de GEE (WGC, 2019).

Figura 3. Emissões globais de CO₂ equivalente (CO₂e) na cadeia de valor do ouro



Fonte: WGC 2019.

Conforme observa-se na Figura 3, a maior fonte global de emissões na cadeia de produção e transformação do ouro são aquelas do Escopo 2, totalizando

43% das emissões do mercado de ouro, enquanto as emissões do Escopo 1 representam 36% das emissões do mercado de ouro.

As empresas de mineração de ouro estão atuando no controle de suas emissões dentro dos Escopos 1 e 2, buscando alternativas operacionais para reduzir ao máximo essas emissões (CEB 2021). Alternativas como a eletrificação da frota de caminhões e outros veículos, com forte impacto positivo no Brasil, por nossa matriz hidrelétrica, a substituição dos combustíveis fósseis por biodiesel e álcool, são soluções viáveis, e já estão no planejamento das mineradoras, para a mineração reduzir as emissões de escopo 1. Para o escopo 2, as empresas estão desenvolvendo parcerias com fornecedores de energia elétrica de fontes renováveis, além da possibilidade que as próprias mineradoras produzam energia elétrica a partir de fontes renováveis.

Para analisar o cenário das emissões na mineração de ouro, foram utilizados os relatórios de sustentabilidade das mineradoras que possuem capital aberto que reportam suas métricas de ESG para seus investidores. A partir desses relatórios foi gerada a Tabela 5, que compila os dados das emissões de escopo 1 e 2, de 2020, de três minas de ouro, que acumulam 39% da produção de ouro metálico no Brasil.

Tabela 5. Emissões de GEE de escopo 1 e 2, GEE por tonelada de minério processada e GEE por onça de ouro produzida.

Empresa	Mina	Emissões Diretas (Escopo 1) (kt CO ₂ e)	Emissões indiretas (Escopo 2) (kt CO ₂ e)	Total de Emissões (Escopos 1 e 2) (kt CO ₂ e)	GEE por tonelada de minério processado (kg CO ₂ e/t processada)	GEE t por onça de ouro produzida (t/oz)
AngloGold Ashanti	AGA Mineração *	45,74	13,73	59,47	15,65	0,18
AngloGold Ashanti	Serra Grande	17,31	6,41	23,73	15,59	0,29
Kinross	Paracatu	128,40	103,05	231,45	4,30	0,43

(*) AGA Mineração se refere ao complexo formado pelas minas de Cuiabá e Córrego do Sítio, além das usinas de beneficiamento de Cuiabá e Queiróz.

Fonte: AGA (2021); KIN (2020b).

Na mineração de ouro, as emissões de GEE variam de acordo com o tipo de operação. A Tabela 6 ilustra um exemplo onde as operações de lavra a céu aberto têm a pegada de carbono por onça produzida maior que as operações de mina subterrânea.

Tabela 6. Exemplo de avaliação comparativa de intensidade de emissões de carbono na mineração de ouro (tCO₂e/oz Au).

Lavra a céu aberto	Lavra Subterrânea	Média Geral	Unidade
0,85	0,40	0,60	t CO ₂ e/Oz Au

Fonte: YAM, 2021.

A Tabela 7 apresenta a análise comparativa de consumo energético na mineração de ouro no Brasil e foi elaborada a partir dos relatórios de sustentabilidade das empresas de mineração de ouro que disponibilizam os dados de consumo.

Tabela 7. Avaliação comparativa do consumo energético associadas aos escopos de emissão de GEE na mineração de ouro (unidades em gigajoule, GJ e gigajoule por onça, GJ/oz).

Empresa	Mina	Consumo Energético Direto (escopo 1) GJ	Consumo Energético Indireto (escopo 2) GJ	Total consumo Energético (escopo 1 e 2) GJ	Consumo por tonelada Processada (GJ/t processada)	GJ/oz ouro produzido
AngloGold Ashanti	AGA Mineração*	940.000	1.050.000	1.980.000	0,54	6.000.000
AngloGold Ashanti	Serra Grande	250.000	370.000	620.000	0,56	7.500.000
Kinross	Paracatu	1.750.000	3.940.000	5.690.000	0,11	10.500.000

(*) AGA Mineração se refere ao complexo formado pelas minas de Cuiabá e Córrego do Sítio, além das usinas de beneficiamento de Cuiabá e Queiróz.

Fonte: AGA (2021); KIN (2020b).

O consumo energético associado às emissões de GEE está diretamente relacionado com as fontes energéticas utilizadas na mineração. A principal fonte energética relacionada ao escopo 1, da mineração de ouro no Brasil, é o óleo diesel, que é o combustível utilizado pelas frotas de caminhões, pelos geradores de eletricidade e pelos demais equipamentos a diesel. Já o consumo energético do escopo 2, indireto, é referente à energia elétrica consumida da rede.

2.3.1.2.6. Utilização de água

A principal utilização de água na mineração de ouro é associada às operações de beneficiamento de minério. As unidades industriais de beneficiamento de ouro obtêm seus suprimentos de água de diversas fontes, podendo ser água captada de fontes naturais como rios, lagoas, água subterrânea e água das precipitações

ou pode ser água de reuso, que é recuperada durante o processamento do ouro. A água é utilizada principalmente nas operações de moagem e/ou lixiviação em pilha. Os usos menores incluem água de serviço, água para apoiar as operações de aterro e enchimento (para minas subterrâneas), controle de poeira, baias de lavagem, água para construção e consumo de escritório. A água que é perdida no circuito deve ser substituída por água de reposição.

Para as operações de moagem, a maior parte da água do circuito é descarregada no fluxo de rejeitos. As duas principais áreas de perda de água são o arrasto de água dentro da pilha de rejeitos depositados e a evaporação do represamento de rejeitos (em climas secos). Para o circuito de lixiviação em pilha, a perda mais significativa em um clima seco é a evaporação da superfície das pilhas ou dos tanques de processo. As necessidades de água de reposição podem variar de cerca de 10% (onde é produzido rejeito seco, onde a conservação de água é uma alta prioridade) a quase 100% (em climas úmidos onde há água abundante ou onde não é possível o reuso da água da barragem de rejeitos). Para a maioria das operações, o intervalo é de 20% a 50%. As taxas de uso de água de reposição podem estar na faixa de 300 a 1800 l de água por tonelada de minério processado (ADA, 2016).

Para analisar o cenário da utilização de água na mineração de ouro foram utilizados os relatórios de sustentabilidade das mineradoras que possuem capital aberto que reportam suas métricas de ESG para seus investidores. A partir desses relatórios foi gerada a Tabela 8, que compila a quantidade de água consumida por tonelada de ouro processado de 3 mineradoras, responsáveis por 45% da produção de ouro metálico no Brasil em 2020.

Tabela 8. Consumo de água na mineração de ouro do Brasil em 2020 (litros por tonelada de minério processado).

Empresa	Mina	Consumo de água (litros por tonelada de minério processado)
AngloGold Ashanti	AGA Mineração*	2.120
Yamana	Jacobina**	980
Kinross	Paracatu	801
AngloGold Ashanti	Serra Grande	740

(*) AGA Mineração se refere ao complexo formado pelas minas de Cuiabá e Córrego do Sítio, além das usinas de beneficiamento de Cuiabá e Queiróz.

(**) Estimado a partir do consumo de água da mina de Jacobina.

Fonte: AGA (2021); YAM (2021); KIN (2020b).

Das empresas de minerações citadas na Tabela 8, apenas a mina AGA Mineração, localizada em Minas Gerais, se encontra fora do intervalo proposto por Beale (BEA, 2016)¹. As minerações Paracatu e Serra Grande apresentam os menores consumos de água por tonelada processada, com 44,5% e 41,1% do limite do intervalo médio do consumo citado anteriormente.

A Mineração Serra Grande é a operação de mineração de ouro com menor consumo de água por tonelada processada no Brasil e consumiu 8,1 milhões de litros de água no ano de 2020. A gestão da água é um aspecto crítico para que a mineração opere de forma sustentável e economicamente viável. O reuso da água é uma peça-chave para a gestão do consumo deste recurso.

A Tabela 9 foi elaborada para avaliar a quantidade de água de reuso na mineração de ouro brasileira, utilizando os relatórios de sustentabilidade de 3 empresas de mineração de ouro no Brasil.

Tabela 9. Participação de água de reuso na mineração de ouro do Brasil em 2020 (% de água de reuso).

Empresa	Mina	Participação da água de reuso (%)
AngloGold Ashanti	AGA Mineração*	51%
AngloGold Ashanti	Serra Grande	63%
Kinross	Paracatu	56%
Yamana	Jacobina	61%

(*) AGA Mineração se refere ao complexo formado pelas minas de Cuiabá e Córrego do Sítio, além das usinas de beneficiamento de Cuiabá e Queiróz.

Fonte: AGA (2021); YAM (2021); KIN (2020b).

As mineradoras listadas na Tabela 9 apresentam porcentagem de reuso acima de 50%, que segundo Beale (BEA 2016), é o limite superior do intervalo médio de reuso da maioria das minerações. Isto demonstra um bom desempenho da mineração brasileira industrial em relação ao reuso da água e mostra avanço da tecnologia em relação ao tema.

Como visto anteriormente, o processo de produção de ouro requer uso intenso de água e, como existem produtos químicos que impactam a qualidade da água, há a necessidade de conter ou purificar essa água para evitar o risco de geração de drenagem ácida. As águas residuais de uma operação de mineração podem conter metais pesados e produtos químicos como cianeto ou sulfatos.

¹ Segundo Beale, o consumo médio de água em operações de beneficiamento de minério de ouro é de 300 a 1.800 litros por tonelada de minério processada (BEA, 2016).

Todos esses elementos e compostos precisam de um tratamento específico para eliminar os impactos ao meio ambiente e às comunidades vizinhas às minerações, em relação ao uso da água.

A Tabela 10 apresenta um resumo dos principais métodos utilizados para o controle de águas residuais utilizadas na mineração de ouro (AMA, 2013).

Tabela 10. Principais métodos de remoção de metais pesados da água empregados na mineração de ouro.

Método	Objeto da remoção	Vantagens	Limitações	Referências
Osmose reversa	Compostos orgânicos e inorgânicos	Bom desempenho e suporta altas temperaturas	Gasto energético alto	Potts et al. (1981); Kurniawan et al. (2006)
Eletrodialise	Metais pesados	Bom desempenho com metais e com baixas concentrações	Não consegue tratar altas concentrações de metal	Bruggen and Vandecasteele (2002); Ahluwalia and Goyal (2007)
Ultrafiltração	Compostos pesados	Menor espaço ocupado	Custo operacional alto e gera lamas	Vigneswaran et al. (2004)
Troca iônica	Cátions e íons dissolvidos	Operação rápida e não gera lamas	Investimento alto e nem todos os metais são removidos	Vigneswaran et al. (2004); Ahluwalia and Goyal (2007); Kurniawan et al. (2006)
Precipitação química	Metais pesados	Baixo investimento, operação simples	Geração de lama	Ahluwalia and Goyal. (2007); Bose et al. (2002); Wingenfelder et al. (2005)
Coagulação e floculação	Metais pesados e sólidos em suspensão	Operação rápida e sedimentação controlada	Geração de lama	Shammas (2004); Semerjian and Ayoub (2003); Ayoub et al. (2001)
Flotação	Metais pesados e sólidos em suspensão	Custos baixos e baixa retenção hidráulica	Processos adicionais são necessários para remoção de metais	Lazaridis et al. (2001)
Nano filtração	Sais de sulfato e íons de Ca e Mg	Baixa pressão	Custos elevados	Ahn et al. (1999)
Precipitação eletroquímica	Metais pesados	Opera em ambiente ácido e básico, trata metais em alta concentração	Custos elevados	Subbaiah et al. (2002)
Eletrolise por membrana	Contaminantes metálicos	Pode tratar água com baixas concentrações de metais	Gasto energético alto	Kurniawan et al. (2006)

Fonte: AMA (2013).

Os métodos convencionais empregados pela mineração de ouro para remover íons de metais pesados de águas residuais, incluem: precipitação química, coagulação-floculação, flotação, filtração, troca iônica, osmose reversa, filtração

por membrana, recuperação por evaporação e tecnologias eletroquímicas. Cada um desses métodos tem vantagens e desvantagens, e sua aplicação depende das características específicas dos minerais associados à cada mineração de ouro.

2.3.1.2.7. Geração de resíduos minerais

Segundo o USGS, cerca de 9 bilhões de toneladas de resíduos sólidos são produzidos anualmente em todo o mundo pela atividade de mineração de ouro, na forma de estéril (partículas grossas) e rejeitos (partículas finas) (USG 2022). Esses resíduos contêm principalmente diferentes tipos de sulfetos que podem reagir com a atmosfera (ar e água) e levar a impactos ambientais significativos (por exemplo, drenagem ácida de mina) em solos e águas, conforme mencionado anteriormente.

Durante a última década, a necessidade premente de encontrar soluções eficientes e sustentáveis para o gerenciamento de resíduos de minas está aumentando continuamente com os requisitos e regulamentos ambientais restritivos. A reutilização/reciclagem desses materiais pode induzir a diminuição de seu volume e disposição superficial no local da mina, levando à redução dos custos de gerenciamento e restauração e à prevenção de problemas de poluição. O setor da construção sempre demonstrou a sua capacidade para absorver grande quantidade de materiais alternativos/secundários. Uma ampla gama de resíduos de minas é investigada quanto à sua viabilidade de reciclagem/reutilização como agregados de construção. Os rejeitos de ouro foram avaliados como matéria-prima secundária para a fabricação de argamassas de cimento, concreto de cimento, concreto aerado autoclavado e tijolo ecológico. Estudos avaliaram diferentes possibilidades de reciclagem de rejeitos de mineração. No entanto, a reciclagem de resíduos de mineração ainda não é uma operação comum na cadeia de valor mineral, embora grande parte das empresas estejam no momento empreendendo estudos de aproveitamento de estéril e rejeitos da mineração. Tais resíduos podem ser usados como agregados em aterros, estradas, pavimentos, fundações e construção civil, lastro ferroviário, fabricação de misturas asfálticas, matéria-prima para cimento e concreto e cargas minerais, além das novas aplicações para a agricultura, a partir dos atuais estudos de destinação e reprocessamento de rejeitos para uso como remineralizadores de solo.

É importante enfatizar os desafios enfrentados pela reciclagem de resíduos de minas de ouro como materiais de construção. Sua aceitação social, estabilidade química, heterogeneidade e durabilidade a longo prazo são os principais aspectos

problemáticos. Ainda há um longo caminho a percorrer até que governos e cidadãos aceitem a ideia de ter resíduos de mineração em suas casas. As pessoas sempre tendem a usar os termos risco e toxicidade quando se trata de resíduos de mineração. Além disso, a heterogeneidade das características dos resíduos de mineração dificulta sua reciclagem do ponto de vista técnico e econômico. O investimento em pesquisa para estudos dos rejeitos é essencial para provar a viabilidade técnica para os usos citados acima e apresentar essa alternativa para sociedade com estudos que comprovem a segurança da utilização do agregado e atrelar o valor de ESG que aquilo traz para a sociedade, como por diminuição de passivo ambiental gerado pelo rejeito da mineração. Realizar as ações necessárias para viabilizar a utilização desses rejeitos para demais atividades industriais, como utilização de fertilizantes, amplifica a possibilidade de ganho financeiro no que antes era apenas um passivo ambiental.

Conforme o que foi abordado até aqui, o aproveitamento dos rejeitos engloba os três pilares de ESG, meio ambiente, sociedade e governança. Diante a isso, é importante avaliar o potencial brasileiro na utilização de rejeitos e resíduos da mineração de ouro. Tomando como base o teor médio das minas de ouro 0,6 g/t, estima-se que para atingir a produção de ouro brasileira de 2020 foram processados cerca de 162 Mt. Levando em consideração o baixo teor de ouro, pode-se considerar que todo material processado é transformado em rejeitos. No entanto, dada a grande dispersão dos valores relativos a teor nas unidades de extração e processamento de minérios auríferos, é importante que estudos específicos diferenciem as operações mineração a céu aberto, das operações de mineração subterrânea e das operações de mineração artesanal e garimpos.

A título de exemplo para ilustrar a geração de resíduos na mineração de ouro, foram considerados dados dos relatórios de sustentabilidade das duas maiores mineradoras do Brasil, apresentados na Tabela 11.

Tabela 11. Geração de estéril e rejeitos na mineração de ouro do Brasil em 2020.

Empresa	Rejeitos (Mt)	Estéril (Mt)
AngloGold Ashanti	5,32	8,58
Kinross	54,26	27,40

Fonte: AGA (2021); KIN (2020b).

Os resultados da Tabela 11 indicam a significativa quantidade de geração de estéril na mineração de ouro, principalmente em minas a céu aberto e com reduzidos teores. Este tipo de resíduo não enfrenta os mesmos desafios

técnicos e sociais que os rejeitos finos, gerados após a etapa de moagem, por não passar por etapas que envolvem adição de cianeto ou produtos para flotação. Com isso, esse tipo de resíduo, dependendo de suas características minerais, pode ter aplicações na construção civil, com processamento adicional simples, necessitando na maior parte dos casos apenas de processos britagem e classificação para poder ser comercializado no mercado. No entanto, deve-se considerar que o volume gerado é consideravelmente maior que a demanda de mercado, principalmente em se tratando de materiais de baixo valor agregado, que podem acomodar os custos de transporte apenas para regiões no entorno das empresas. Desta forma, a solução viável para praticamente todo o estéril é o empilhamento, enquanto os rejeitos do beneficiamento, por suas contaminações no processamento de minério de ouro, devem ser mantidos confinados.

2.3.1.2.8. Produção e demanda de ouro

A Tabela 12 apresenta o cálculo do consumo per capita mundial a partir dos dados de comércio internacional de ouro entre 2000 e 2021, conforme publicados pelo USGS (MCS, 2022), COMTRADE (U45, 2022 e U46, 2022), e COMEXSTAT (COM, 2022).

Tabela 12. Produção mundial de ouro e demanda aparente per capita (gramas de ouro por habitante/ano) de ouro no mundo, entre 2000 e 2021.

Ano	Produção (t)	População (bilhões hab.)	Demanda per capita (g/hab.)
2000	2 550	6,99	não informado
2001	2 570	7,07	não informado
2002	2 550	7,16	não informado
2003	2 590	7,25	não informado
2004	2 430	7,34	0,01
2005	2 470	7,43	0,97
2006	2 460	7,51	não informado
2007	2 380	7,60	não informado
2008	2 330	7,68	2,31
2009	2 450	7,76	não informado
2010	2 560	7,84	não informado
2011	2 660	7,91	não informado
2012	2 690	6,99	não informado
2013	2 800	7,07	não informado

2014	2 990	7,16	não informado
2015	3 100	7,25	não informado
2016	3 110	7,34	0,11
2017	3 230	7,43	0,52
2018	3 300	7,51	0,17
2019	3 300	7,60	0,50
2020	3 030	7,68	0,20
2021	3 000	7,76	0,39

Fonte: MCS (2004-2022); U45 (2022); U46 (2022); COM (2022); ONU (2022).

Observa-se na Tabela 12 que a demanda per capita variou bastante nas últimas duas décadas, estabilizando-se em 2021 em 0,39 g de ouro por habitante.

As estimativas das projeções de produção e demanda de ouro para o mundo, até 2050 são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13. Estimativas de demanda mundial de ouro para o mundo até 2050.

	2022	2026	2030	2034	2038	2042	2046	2050
Reservas Medidas (t contidas Au) (1)	54.000	55.444	56.739	57.822	58.611	59.001	58.855	58.001
Produção (t contidas Au) (2)	3.030	3.153	3.281	3.414	3.553	3.697	3.847	4.004
Demanda (t contidas Au) (3)	3.030	3.153	3.281	3.414	3.553	3.697	3.847	4.004
População mundial (bilhões de habitantes)	7,98	8,26	8,55	8,81	9,07	9,30	9,52	9,71
Demanda per capita (g Au/habitante) (4)	0,38	0,38	0,38	0,39	0,39	0,40	0,40	0,41

- (1) Considerando as reservas atualizadas de ouro para 2020, com depleção anual da produção e com reposição média anual de 6% das reservas medidas, convertidas a partir de novos projetos, para manutenção do nível das reservas medidas mundiais até 2050.
- (2) Considerando o cenário de crescimento da produção de ouro no mundo no ritmo de 1% ao ano até 2050 conforme as projeções internacionais do setor (MIN 2022).
- (3) Considerando que a demanda acompanhará a produção.
- (4) As projeções da população mundial estão baseadas nas estimadas da Nações Unidas (ONU 2022).

Segundo o USGS (MCS, 2022), a média mundial de reposição das reservas de ouro, entre 2020 e 2021, foi de 7,5%. A reposição das reservas na Tabela 13 com a taxa de 6% ao ano é, portanto, adequada para as projeções até 2050. Já o consumo per capita se mantém estável até o final da próxima década, e depois disso apresenta um pequeno crescimento até 2050.

As projeções de produção e demanda de ouro no Brasil até 2050 são apresentadas na Tabela 14.

Tabela 14. Estimativas e projeções de produção e demanda de ouro para o Brasil, até 2050.

	2022	2026	2030	2034	2038	2042	2046	2050
Reservas Medidas (t contidas) (1)	2.100	1.874	1.629	1.364	1.077	766	430	66
Produção (t contidas) (1) (2)	97	97	97	97	97	97	97	97
Consumo (t contidas) (2) (3)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Importações (t contidas) (2)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Exportações (t contidas) (2)	98	98	98	98	98	98	98	98
Empregos diretos (2)	38.696	38.696	38.696	38.696	38.696	38.696	38.696	38.696
Empregos indiretos (2)	62.826	62.826	62.826	62.826	62.826	62.826	62.826	62.826

- (1) Considerando as reservas atualizadas de ouro para 2020, com depleção anual da produção e com a reposição anual média de 2% das reservas medidas, convertidas a partir das atuais reservas indicadas (estimadas em 5.257 toneladas contidas em 2020) e de novos projetos. Essa taxa de conversão para a reposição anual corresponde a aproximadamente 40 toneladas de ouro por ano, em novas reservas medidas.
- (2) Considerando que a produção anual de ouro no Brasil se manterá constante até 2050, sem aumento, mas com a reposição da produção anual por meio da entrada em produção de novos projetos à medida que os projetos atuais forem se exaurindo.
- (3) Considerando que a produção nacional suprirá as demandas do mercado local.

As projeções da Tabela 14 mostram que mesmo sem aumentar sua produção anual de ouro em relação aos valores de 2020, o Brasil necessitará de reposição de reservas medidas a uma taxa média da ordem de 2% ao ano.

2.3.1.2.9. Tecnologia

Os avanços mais relevantes nas técnicas e aplicações tecnológicas de processamento de ouro são analisados aqui. A consideração dessas tendências, juntamente com as tecnologias emergentes, permite algumas especulações sobre áreas-chave onde as transformações podem ser indicadas. Importante notar que as considerações ambientais têm um papel cada vez mais importante no desenvolvimento do fluxograma do processo e nas operações da planta.

As futuras usinas de processamento e refino de ouro precisarão ser mais limpas, usando reagentes menos tóxicos e em graus mais altos de reciclagem e recuperação, o que já é uma tendência na lixiviação, com cianeto e lixiviantes alternativos. A minimização do descarte na produção de ouro é potencialmente viável, considerando os desenvolvimentos na gestão de rejeitos e emissões de gases estufa em geral. Mais operações de preparo de reagentes e refino de produtos podem ocorrer no local da mina, reduzindo os custos de transporte e os riscos associados, aumentando os lucros gerais em metais valiosos. Essas inovações provavelmente serão sustentadas por rápidos avanços em automação, veículos autônomos, alto grau de simulação de processos até o nível químico e sistemas de simulação virtual, todos impulsionados por avanços acelerados no poder da computação.

A Tabela 15 apresenta um resumo das tecnologias para o tratamento de ouro, segundo Adams, M.D. (ADA, 2016).

Tabela 15. Tecnologias para o tratamento de minérios de ouro.

Processos	Métodos
Cominuição	Britagem, Moagem, Classificação
Concentração	Gravítica, Flotação
Oxidação	Oxidação por pressão; Bio oxidação
Lixiviação	Cianetação em pilhas; Cianetação em tanques
Recuperação primária*	CIP/CIL/CIS; Recuperação com zinco
Recuperação secundária	Eletrólise; Recuperação com zinco
Recuperação terciária	Refino por eletrólise; Fundição
Recuperação de coprodutos	Lixiviação; Fundição
Disposição de rejeitos	Neutralização do cianeto; Reciclagem do cianeto

(*) CIP: Carbon-in-Pulp; CIL: Carbon-in-Leach; CIS: Carbon-in-Solution

Fonte: Adams, MC (ADA, 2016).

Os principais aspectos inovadores das tecnologias sumarizadas na Tabela 15 são resumidos a seguir (ADA, 2016):



- Existe uma tendência crescente de recuperação de ouro a partir de depósitos polimetálicos e refratários, à medida que os recursos associados a minérios com ouro livre se tornam mais escassos.
- Novas técnicas e equipamentos inovadores de concentração de ouro por gravidade e flotação têm sido desenvolvidos nos últimos anos, com destaque em sistemas mais eficientes de cominuição, além de outras inovações nos processos associados.
- O tratamento de minérios refratários tem se tornado cada vez mais importante; utilização de técnicas usando pressão e oxidação bacteriana, bem como as tecnologias aplicadas em altas temperaturas, têm cada vez mais relevância para a metalurgia do ouro. Desenvolvimentos adicionais que aumentam as recuperações enquanto diminuem o consumo de reagentes devem continuar sendo priorizados, particularmente no desenvolvimento de processos que permitam a recuperação de metais básicos e preciosos, a partir de depósitos de minério refratários.
- Recentes avanços na lixiviação de cianeto têm aprimorado o beneficiamento de minérios problemáticos, como por exemplo aqueles decorrentes de processos de oxidação e aqueles associados a mineralogias complexas, incluindo sulfetos reativos ou minérios com alto teor de prata. Considerando que tem havido muitos avanços no desenvolvimento de lixiviantes alternativos para o ouro, como tiosulfato e cloreto, conclui-se que as técnicas de lixiviação continuarão sendo aplicadas no futuro.
- Os avanços na recuperação de ouro por lixiviação também foram influenciados pelo desenvolvimento de novos equipamentos e reagentes. Melhorias no refino de ouro também estão sendo feitas. Inovações como a resina em celulose seletiva de ouro podem beneficiar aplicações específicas em algumas plantas operacionais de ouro.
- O futuro do uso do cianeto no processamento de ouro também é influenciado pela crescente aplicação de processos de neutralização ou de reciclagem de cianeto, já que o desenvolvimento de novas tecnologias para a recuperação econômica e reciclagem de cianeto de rejeitos de plantas continua sendo priorizado pelos pesquisadores do setor.
- O projeto de estruturas de armazenamento de rejeitos de processamento de ouro tem recebido maior atenção pelo setor nos últimos anos. A

disposição de rejeitos pastosos ou secos usando técnicas de filtragem, por exemplo, é uma inovação que pode abordar questões de estabilidade das barragens, bem como a recuperação de água e cianeto, facilitando as iniciativas de restauração dos terrenos impactados pela mineração.

- Aspectos ambientais relacionados à mineração de ouro são cada vez mais importantes para os mineradores e demais partes interessadas. Questões de controle e conformidade operacional associadas a contaminantes como mercúrio, dióxido de enxofre, além da drenagem ácida, têm assumido um papel crítico na implantação de novos projetos de mineração de ouro. O gerenciamento de emissões no ar, balanço hídrico e resíduos de descarte e processo exigem atenção cada vez maior por parte dos mineradores.

Os minérios continuarão a ser processados em teores mais baixos e maior complexidade mineralógica, com fontes se tornando menos convencionais, exigindo tecnologias mais avançadas e talvez caras, que precisam ser compensadas por avanços na química de processo, engenharia e controle. O possível crescimento na demanda por ouro pode mudar radicalmente, como resultado do desenvolvimento de tecnologia em catalisadores ou outros usos finais, ou simplesmente em virtude do aumento da densidade populacional nas economias emergentes. Sendo um metal nobre e escasso com propriedades úteis tanto técnica quanto economicamente, o futuro do ouro se mostra promissor para o desenvolvimento de novas tecnologias.

2.3.1.2.10. Considerações finais

A produção mundial de ouro não tem acompanhado as tendências de aumento de demanda do mercado, o que tem causado o aumento dos preços de ouro nos últimos anos. As limitações para o crescimento da produção de ouro no mundo estão associadas à crescente complexidade dos depósitos e dos minérios de ouro, que exigem o aperfeiçoamento das tecnologias e dos processos de lavra e de beneficiamento. É necessário definir ações que permitam o aumento das atividades de prospecção e pesquisa mineral, além de iniciativas de PD&I focadas no aproveitamento sustentável dos recursos minerais de ouro no Brasil.

As ações recomendadas para impulsionar o setor de mineração de ouro no Brasil incluem as seguintes iniciativas:

- Agilizar os processos de análise de obtenção dos títulos minerários e das licenças ambientais a nível federal, estadual e municipal.

- Criar entidades ou grupos especializados nos órgãos responsáveis pela mineração e questões ambientais, com o propósito de padronizar e simplificar o processo de análise dos projetos submetidos.
- Criar programas para disseminar as melhores práticas de ESG principalmente para os pequenos e médios produtores de ouro (garimpeiros e pequenas empresas).
- Aumentar a vigilância, fiscalização e repressão da atividade ilegal de produção de ouro com recursos tecnológicos, que faça uso de aplicação de UVA's, mapeamento de satélites, soluções de satélites integradas com sistema de aprendizado de máquina que permitam desenvolver sistemas de reconhecimento de operações ilegais de mineração de ouro.
- Criar fundos de apoio financeiro (tanto privados como públicos), para desenvolvimento de recursos tecnológicos.
- Criar uma certificação referente à produção de ouro, para as empresas que realizam suas atividades de forma legal e possuam ações que preservem o meio ambiente.
- Incentivar e promover processos de reciclagem dos eletroeletrônicos, considerando as tendências de obsolescência acelerada dos equipamentos eletrônicos, devido ao rápido avanço da tecnologia.

Segundo a consultoria Ernest & Young (EYO, 2022): “as mineradoras de ouro estão enfrentando desafios para trazer oferta ao mercado, incluindo aumento de custos, diminuição da qualidade do minério, escassez de mão de obra e — em alguns países — aumento do nacionalismo dos recursos. Um dos desafios mais críticos, entretanto, tem sido a reposição das reservas para manter a produção de longo prazo. É provável que o dilema permanente entre preservar o capital e adotar uma exploração agressiva seja menos agudo neste momento, uma vez que preços mais altos do ouro estão permitindo que o capital seja alocado para novos alvos de exploração. Dessa forma, outras iniciativas que poderiam contribuir com a competitividade da mineração de ouro no Brasil incluem:

- Desenvolver ações que contribuam para uma maior promoção de competitividade empresarial. O apoio governamental é essencial para

incentivar/capacitar, agentes do setor produtivo de ouro no Brasil, a repensar o modelo de negócio visando equilibrar custo, risco e conformidade, no intuito de promover maior competitividade na indústria nacional;

- Criar programas para melhorar a competitividade dos negócios a longo prazo, mantendo as reservas de acordo com a demanda;
- Buscar iniciativas para ampliar a conformidade com ESG ao estar em sincronia com os regulamentos e colaborar com as comunidades locais, comunidades locais, trabalhadores, governos e até mesmo a sociedade em geral;
- Realinhar a alocação de capital para equilibrar os custos e o risco dos novos investimentos.

Referências bibliográficas:

ADA 2016: M.D. Adams. Emerging and Transformational Gold Processing Technologies, Gold Ore Processing (Second Edition), Elsevier, 2016; em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63658-4.00055-4>

AGA 2022: Relatório de Negócio do Ouro. Anglogold Ashanti, 2022; em: <https://www.anglogoldashanti.com.br/negocios/ouro/>

AMA 2103: Acheampong, M.A. Sustainable gold mining wastewater treatment by sorption using low-cost materials. 2013; em <https://edepot.wur.nl/278245>

ANM 2022: Anuário Mineral Brasileiro, Agência Nacional de Mineração, em https://app.anm.gov.br/DadosAbertos/AMB/Producao_Bruta.csv

AUR 2022: Projeto Ernesto Pau-a-Pique, Aura Minerals, 2022; em: <https://auraminerals.com/pt-br/operations/production-pt-br/ernesto-pau-a-pique/>

BEA 2016: G. Beale. Water Management in Gold Ore Processing. Gold Ore Processing (Second Edition), Elsevier, 2016; em: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-63658-4.00038-4>

BMI 2021: As maiores empresas do setor mineral. Revista Brasil Mineral 2022, ISSN 0102-4728, em: <https://www.brasilmineral.com.br/magazine/2022/>

CEB 2021. Neutralidade Climática. Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), 2021; em https://cebds.org/wp-content/uploads/2021/11/CEBDS_Neutralidade_Climatica_novembro2021_PT-1.pdf

COM 2022: Comexstat 2022: Exportação e Importação Geral. Subposição 261100 em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>

EQG 2022: Operation Report. Operating Mines, Equinox Gold; em: <https://www.equinoxgold.com/>

ERO 2021: Mineral Resource and Mineral Reserve Estimate of the NX Gold Mine, Nova Xavantina. Ero Copper Corp., 2022; em: https://www.erocopper.com/site/assets/files/6246/2020_ni43-101_nx_gold_tr_vf.pdf

EYO 2022. ERNST & YOUNG GLOBAL LIMITED. Construindo competitividade a longo prazo no setor de mineração de ouro hoje, amanhã e sempre. 28 set. 2021; em: https://www.ey.com/pt_br/cem/construindo-competitividade-a-longo-prazo-no-setor-de-mineracao

GPA 2022: Tucano Mine Report. Great Panther Mining Limited, 2022; em: <https://greatpanther.com/operations/producing-mines/tucano-mine/>

GPR 2022: All data gold price history in US Dollars per ounce. Gold Price®, 2022; em: <https://goldprice.org/gold-price-charts/all-data-gold-price-history-in-us-dollars-per-ounce>

GRE 2022: Greenhouse Gas Protocol, Washington, EUA, 2022; em: <https://ghgprotocol.org/corporate-standard>

IPE 2022: Taxa média de câmbio entre R\$ e US\$. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Governo Federal, 2022; em <http://www.ipeadata.gov.br/ExibeSerie.aspx?serid=31924>

JAG 2022: Visão Geral das Operações. Jaguar Mining, 2022; em: <https://www.jaguarmining.com/pt/operations/overview-of-operations/>

KIN 2020a: NI 43-101 Technical Report. Kinross Gold Corporation, 2020 em: https://s2.q4cdn.com/496390694/files/doc_downloads/technical_reports/2020/04/Kinross-Paracatu-NI-43-101-Mar-10-2020.pdf

KIN 2020b: Sustainability Report, Kinross Gold Corporation, 2020; em: <https://www.kinross.com/sustainability/>

KIT 2022: Kitco Gold Prices 2010-2020. Kitco Metals Inc. <https://www.kitco.com/charts/livegold.html>

LMI 2019: Technical Report on the Chapada Mine, Goiás State, Brazil. Lundin Mining, 2019; em: https://lundinmining.com/site/assets/files/7957/191010_-_chapada_ni_43-101_techncial_report.pdf

MAC 2022: Gold price historical charts. Macrotrends; em: <https://www.macrotrends.net/1333/historical-gold-prices-100-year-chart>

MAT 2009: MATOS, G. M. M. D., MELLO, I. S. D. C., & GONÇALVES, J. H. (2009). Áreas de relevante interesse mineral no Brasil-ARIM. Relatório Técnico, CPRM; em: <http://dspace.cprm.gov.br/bitstream/doc/10585/1/ARIM.pdf>

MCS 2012: MINERAL COMMODITY SUMMARIES 2012, USGS em <https://s3-us-west-2.amazonaws.com/prd-wret/assets/palladium/production/mineral-pubs/mcs/mcs2012.pdf>

MCS 2014: MINERAL COMMODITY SUMMARIES 2014, USGS em <https://s3-us-west-2.amazonaws.com/prd-wret/assets/palladium/production/mineral-pubs/mcs/mcs2014.pdf>

MCS 2016: MINERAL COMMODITY SUMMARIES 2016, USGS em <https://s3-us-west-2.amazonaws.com/prd-wret/assets/palladium/production/mineral-pubs/mcs/mcsapp2016.pdf>

MCS 2019: MINERAL COMMODITY SUMMARIES 2019, USGS em <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2019/mcs2019.pdf>

MCS 2020: MINERAL COMMODITY SUMMARIES 2020, USGS em <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020.pdf>

MIN 2022: Strong gold and copper growth forecasts as covid disruptions subside. Mining Dotcom. 2022; em: <https://www.mining.com/strong-gold-and-copper-growth-forecast-as-covid-disruption-subsides-report/>

ONU 2022: Population Division: World Population Prospects 2022. ONU, em: <https://population.un.org/wpp/>

OZM 2022: Where We Work. Oz Minerals, 2022 em: <https://www.ozminerals.com/>

SCH 2016: A short history of investing in gold. Schroders, dezembro de 2016; em: <https://www.schroders.com/en/insights/economics/a-short-history-of-investing-in-gold--and-what-to-expect-for-2017/>

SCR 2017: Schodder, R. (2017). The outlook for gold: 2017-2057. Minex Consulting, Australia; em: <http://minexconsulting.com/wp-content/uploads/2019/04/Long-Term-Gold-Prod-Prod-Study-Prestn-to-CET-5-Dec-2017.pdf>

SER 2022: Visão Geral. Serabi Gold, 2022; em: <https://www.serabigold.com/pt-br/projetos/visao-geral/>

U45 2022: United Nations Department of Economic and Social Affairs | Comtrade Database. SH(4): 7108.

U46 2022: United Nations Department of Economic and Social Affairs | Comtrade Database. SH(4): 7108.

USG 2022: New metric to better understand global mining impacts. USGS, May/2022, em: <https://www.usgs.gov/news/national-news-release/usgs-apple-develop-new-metric-better-understand-global-mining-impacts>

WGC 2019. Gold and climate change; World Gold Council, 2019; em https://conferences.pionline.com/uploads/conference_admin/gold-and-climate-change-current-and-future-impacts-2.pdf

YAM 2021: Sustainability Report, Yamana Gold, 2021; em <https://www.yamana.com/responsibility/our-approach/default.aspx>

YAM 2022: Brazil Jacobina Report. Yamana Gold, 2022; em: <https://www.yamana.com/portfolio/producing-mines/jacobina/default.aspx>

PLANO NACIONAL DE MINERAÇÃO 2050
PNM 2050

ANÁLISE DETALHADA: AGREGADOS

CADERNO 2: Pesquisa e Produção Mineral

ANÁLISE DETALHADA: AGREGADOS	926
2.3. Análise Detalhada de Segmentos Selecionados	927
2.3.2. Mercado Doméstico	927
2.3.2.1. Agregados para construção civil: areia e brita	927
2.3.2.1.1. Preço de mercado e análise de tendência de areia e brita	927
2.3.2.1.2. Produção e valor da produção mineral de areia e brita	928
2.3.2.1.3. Polos produtivos de areia e brita	935
2.3.2.1.4. Consumo energético	936
2.3.2.1.5. Utilização de água	936
2.3.2.1.6. Geração de resíduos minerais	936
2.3.2.1.7. Consumo de areia e brita	936
2.3.2.1.8. Produção mineral de areia e brita	942
2.3.2.1.9. Tecnologia das operações de extração de areia e brita	946

2.3. Análise Detalhada de Segmentos Selecionados

2.3.2. Mercado Doméstico

2.3.2.1. Agregados para construção civil: areia e brita

Areia, no contexto da produção mineral, é um material constituído em maior parte por quartzo de granulação fina e obtido a partir de depósitos de leitos de rios e planícies aluviais, rochas sedimentares e mantos de alteração de rochas cristalinas; areias de praias e dunas litorâneas não se configuram como bons agregados para construção civil devido à presença de sais. Em termos dimensionais, a areia pode ser classificada como fina, no intervalo de 0,074 a 0,42 mm; média, de 0,42 a 1,2 mm; ou grossa, de 1,2 a 2,0 mm (ANEPAC, 2022a). Brita ou pedra britada, por sua vez, é um bem mineral que após ser desmontado por explosivos, britado e classificado, pode ser usado in natura ou misturado a outros insumos para emprego na construção civil. Além disso, pode constituir-se de diferentes tipos de materiais rochosos, de acordo com a disponibilidade nos locais de extração (ANEPAC, 2022a).

2.3.2.1.1. Preço de mercado e análise de tendência de areia e brita

Consultando diversos fornecedores de areia e brita nas cinco regiões geográficas do Brasil, verificou-se que os preços de venda do metro cúbico de areia e brita praticados (produtos médios de agregados) encontram-se na faixa de R\$ 77,00 a R\$ 130,00, no ano de 2022.

Ressalta-se que em regiões metropolitanas das maiores cidades do Brasil, os preços praticados são menores do que em regiões interioranas. Esse fato está relacionado aos parâmetros levados em conta na composição final dos preços praticados, tais como: volumes (quantitativos) ofertados, sazonalidade da oferta e demanda, distâncias das fontes de exploração, preços regionais do óleo diesel, valores dos salários praticados regionalmente e outros que afetam o mercado do setor da construção civil brasileira.

Cabe ainda destacar que o país apresenta taxas de crescimento urbano positivas, que incrementam o consumo de areia e brita nas diversas camadas sociais, desde a construção ou melhoria de moradias mais simples até projetos imobiliários

sofisticados. Considerando também que políticas públicas de desenvolvimento social urbano devem continuar por meio de obras de melhoria da infraestrutura em cidades de todo o Brasil, e que as pressões inflacionárias, principalmente sobre os preços dos combustíveis, podem ser expressivas, a tendência é de que os preços praticados para venda de areia e brita no país aumentem.

2.3.2.1.2. Produção e valor da produção mineral de areia e brita

A produção bruta *run of mine* (ROM) e comercializada e o Valor da Produção Mineral (VPM) de areia no Brasil a cada ano desde 2010 até 2020, segmentados pelas cinco regiões geográficas do país, são mostrados na Tabela 1. Do mesmo modo, a produção beneficiada produzida e comercializada e seu VPM são mostrados na Tabela 2. As Figuras 1 a 4 exibem gráficos com essas informações.

Tabela 1. Produção brasileira bruta ROM e comercializada e VPM de areia, desde 2010 até 2020, segmentada pelas cinco regiões geográficas do país.

Produção Bruta (ROM) e comercializada de Areia, em Mt, e VPM em M R\$															
Ano	2011			2012			2013			2014			2015		
Região	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM
CO	6,84	5,41	74,09	6,67	4,92	75,24	7,17	5,33	86,37	6,69	4,78	84,10	6,92	5,27	84,30
N	1,90	1,78	26,42	2,56	2,47	30,00	2,16	1,99	28,68	2,65	2,55	38,67	1,83	1,72	27,43
NE	8,65	8,41	62,91	8,34	8,20	70,15	8,61	8,38	79,25	8,89	8,70	91,31	7,37	7,26	79,02
S	24,78	22,87	248,19	26,88	23,96	272,56	30,28	27,32	331,27	27,77	24,90	370,33	27,52	24,97	341,31
SE	48,58	37,83	557,31	51,55	38,14	584,40	53,94	40,42	614,22	51,67	38,69	641,94	46,81	33,82	598,29
TOTAL	90,75	76,30	968,92	96,00	77,69	1.032,35	102,16	83,44	1.139,79	97,67	79,62	1.226,35	90,45	73,04	1.130,35
Ano	2016			2017			2018			2019			2020		
Região	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM
CO	5,64	4,36	76,40	5,21	3,78	73,92	5,62	4,30	81,06	6,60	5,27	94,66	7,56	6,29	128,60
N	1,54	1,50	22,66	1,70	1,65	24,08	1,77	1,75	26,54	1,81	1,69	27,60	2,58	2,47	50,42
NE	6,30	6,21	64,10	5,40	5,33	60,94	5,75	5,57	63,91	6,11	6,00	76,58	6,69	6,73	85,45
S	23,16	20,94	310,28	23,24	20,97	291,57	22,57	19,56	285,89	24,28	21,13	327,88	25,38	22,34	368,54
SE	38,47	26,53	526,30	34,79	23,63	478,91	33,10	22,67	465,65	36,94	24,28	522,85	45,63	31,80	569,03
TOTAL	75,11	59,54	999,74	70,34	55,36	929,42	68,81	53,85	923,05	75,74	58,37	1.049,57	87,84	69,63	1.202,04

Fonte: AMB

Figura 1. Produção bruta ROM e comercializada de areia de 2011 a 2020 por região geográfica brasileira.

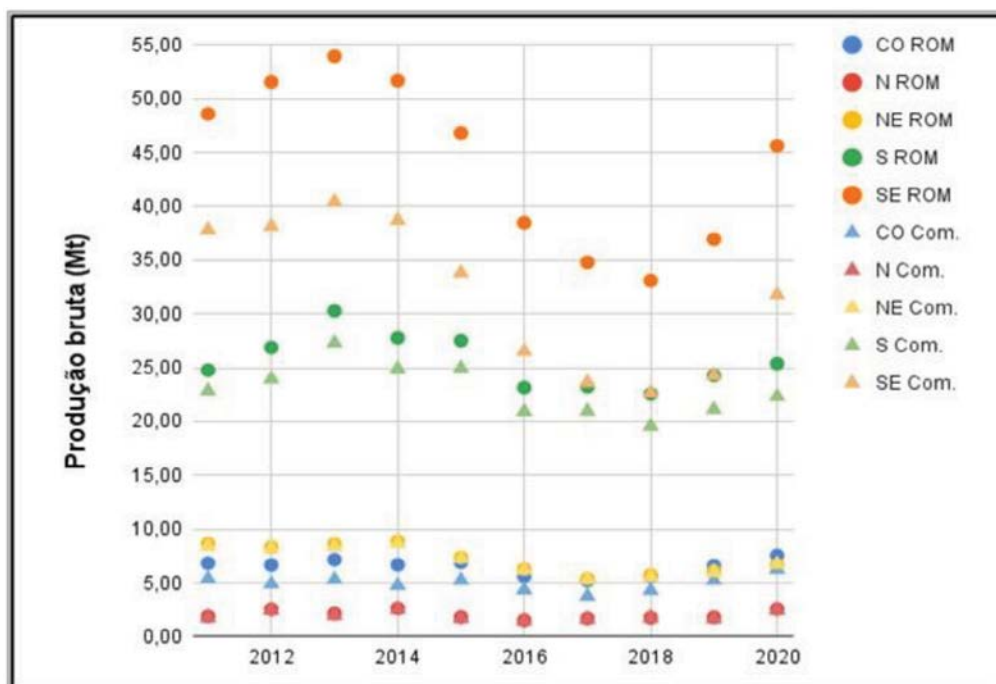
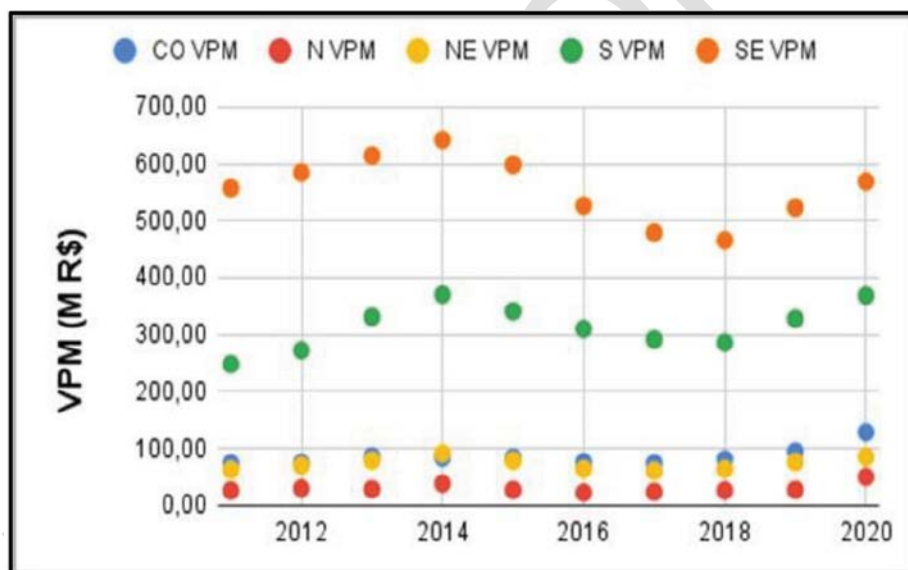


Figura 2. VPM bruta de areia de 2011 a 2020 por região geográfica brasileira.



CPRM - PNM 2050
Caderno 2 – Pesquisa e Produção Mineral

Tabela 2. Produção brasileira beneficiada produzida e comercializada e VPM de areia, desde 2010 até 2020, segmentada pelas cinco regiões geográficas do país.

Produção Beneficiada e Comercializada de Areia, em Mt, e VPM em M R\$															
Ano	2011			2012			2013			2014			2015		
Região	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM
CO	0,95	0,94	15,65	1,10	1,09	20,67	1,21	1,18	25,63	1,23	1,17	26,72	1,31	1,29	25,94
N	0,03	0,03	0,62	0,02	0,02	0,49	0,12	0,12	2,59	0,03	0,03	0,64	0,08	0,08	2,13
NE	0,09	0,06	1,11	-	-	-	-	-	-	0,02	0,02	0,74	0,04	0,02	0,16
S	1,95	1,95	20,69	2,06	2,06	25,34	2,51	2,51	30,47	2,50	2,47	33,56	2,65	2,66	46,06
SE	9,11	9,12	173,35	12,61	12,24	260,83	12,94	12,74	277,00	11,23	11,65	255,45	11,43	10,83	257,02
TOTAL	12,13	12,10	211,42	15,79	15,41	307,33	16,78	16,55	335,69	15,01	15,34	317,11	15,51	14,88	331,31

Ano	2016			2017			2018			2019			2020		
Região	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM
CO	0,96	0,94	21,06	1,12	1,05	24,98	1,16	1,13	27,07	1,22	1,15	28,53	1,26	1,27	35,22
N	0,04	0,04	1,12	0,05	0,05	1,20	0,07	0,33	1,94	0,06	0,06	2,19	0,13	0,07	2,90
NE	0,01	0,01	0,06	-	-	-	0,03	0,03	0,39	-	-	-	0,07	0,03	2,82
S	2,30	2,29	38,10	2,18	2,15	37,05	2,64	2,58	45,71	2,88	2,82	52,02	3,13	3,08	64,89
SE	11,00	11,30	274,24	10,34	10,05	248,76	9,67	9,60	246,91	11,93	11,70	322,29	13,85	13,62	367,25
TOTAL	14,31	14,58	334,58	13,69	13,30	311,99	13,57	13,67	322,02	16,09	15,73	405,03	18,44	18,07	473,08

Fonte: Sistema AMBWeb

Figura 3. Produção beneficiada produzida e comercializada de areia de 2011 a 2020 por região.

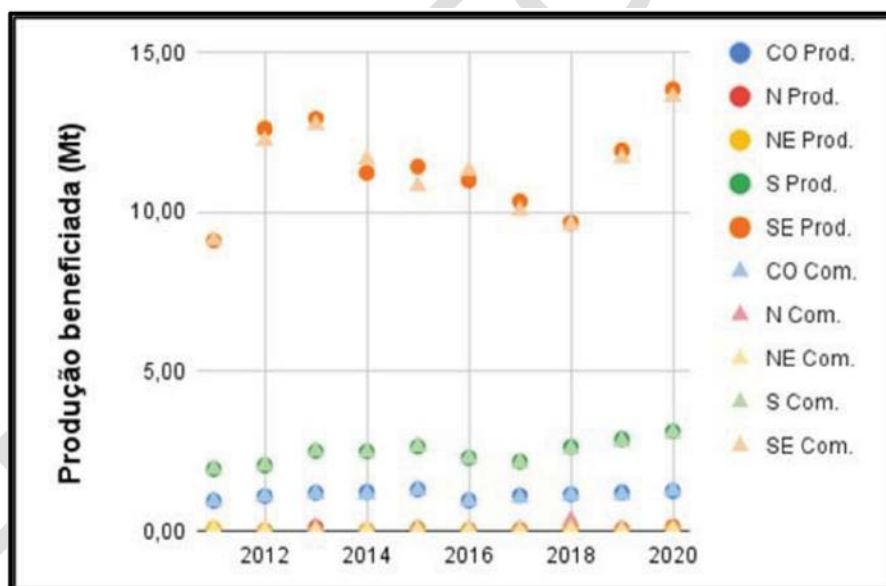
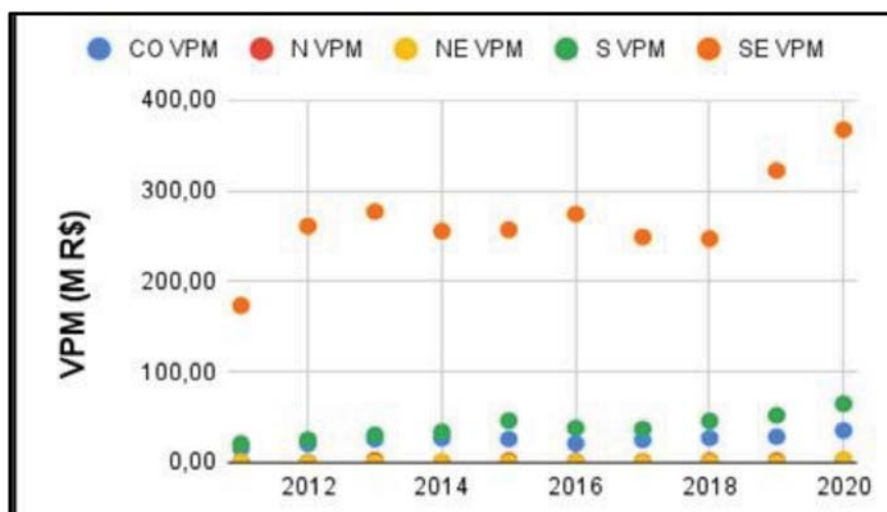


Figura 4. VPM beneficiada de areia de 2011 a 2020 por região geográfica brasileira.



Os valores de produção bruta ROM e comercializada de areia no Brasil diminuíram 3,21% e 8,74% ao longo da década, respectivamente. Já o VPM bruta aumentou 24,06% de 2011 a 2020. A região Sudeste respondeu por cerca de 50% dos totais nacionais em todas as três variáveis, ao longo da década. Exceto para as regiões Norte e Nordeste, houve uma diferença significativa entre os valores de produção bruta ROM e comercializada a cada ano, de 2011 a 2020.

Por sua vez, os valores de produção beneficiada produzida e comercializada de areia no Brasil aumentaram 52,02% e 49,34% ao longo da década, respectivamente. O VPM beneficiada aumentou 123,76% de 2011 a 2020, contra inflação de 97,29% no período, medida pelo Índice Geral de Preços - Mercado (IGP-M) (BCB, 2022). A região Sudeste respondeu por mais de 75% dos totais nacionais em todas as três variáveis, ao longo da década. Para todas as regiões geográficas do país os valores de produção beneficiada produzida e comercializada foram próximos, de 2011 a 2020.

A produção bruta ROM e comercializada e o VPM de rochas britadas e cascalho no Brasil a cada ano desde 2010 até 2020, segmentados pelas cinco regiões geográficas do país, são mostrados na Tabela 3. Do mesmo modo, a produção beneficiada produzida e comercializada e seu VPM são mostrados na Tabela 4. As Figuras 5 a 8 exibem gráficos com essas informações.

Tabela 3. Produção brasileira bruta ROM e comercializada e VPM de rochas britadas e cascalho, desde 2010 até 2020, segmentada pelas cinco regiões geográficas do país.

Produção Bruta (ROM) e Comercializada de Rochas Britadas e Cascalho, em Mt, e VPM em M R\$															
Ano	2011			2012			2013			2014			2015		
Região	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM
CO	16,52	0,91	11,44	18,18	1,89	15,08	21,03	1,43	19,50	20,59	1,61	15,78	15,13	1,39	14,58
N	3,69	0,35	5,41	4,38	0,78	11,03	5,21	0,84	12,15	7,23	1,11	13,41	5,94	0,69	12,55
NE	24,40	0,47	4,56	28,65	0,86	7,21	31,82	0,90	11,69	36,08	0,67	11,95	28,24	1,07	14,58
S	46,17	2,90	16,52	50,88	2,80	23,30	53,13	2,84	26,34	57,88	2,86	32,04	56,70	3,12	25,52
SE	138,81	1,49	21,96	144,11	0,88	8,73	140,05	1,31	13,06	143,79	2,39	54,62	119,66	2,08	35,41
TOTAL	229,59	6,12	59,89	246,20	7,21	65,35	251,24	7,32	82,74	265,57	8,64	127,80	225,67	8,35	102,64

Ano	2016			2017			2018			2019			2020		
Região	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM
CO	15,25	1,21	16,66	12,99	1,25	15,48	15,49	1,33	15,36	17,69	1,98	24,61	20,55	4,60	72,37
N	4,74	0,77	9,27	4,12	0,48	10,60	5,04	1,09	18,75	5,36	1,12	21,08	18,95	26,59	75,38
NE	24,80	1,38	14,43	21,59	0,73	9,10	24,98	1,46	15,51	24,88	2,26	38,40	30,92	5,66	68,31
S	54,35	4,27	36,51	53,85	3,75	36,32	53,93	5,21	51,73	64,38	7,32	102,48	73,58	10,44	150,56
SE	99,13	3,22	48,03	91,90	1,81	28,05	92,41	1,78	21,17	99,26	4,64	82,96	114,24	11,69	297,42
TOTAL	198,27	10,85	124,90	184,45	8,02	99,55	191,85	10,87	122,52	211,57	17,32	269,53	258,24	58,98	664,04

Fonte: AMB

Figura 5. Produção bruta ROM e comercializada de rochas britadas e cascalho de 2011 a 2020 por região geográfica brasileira.

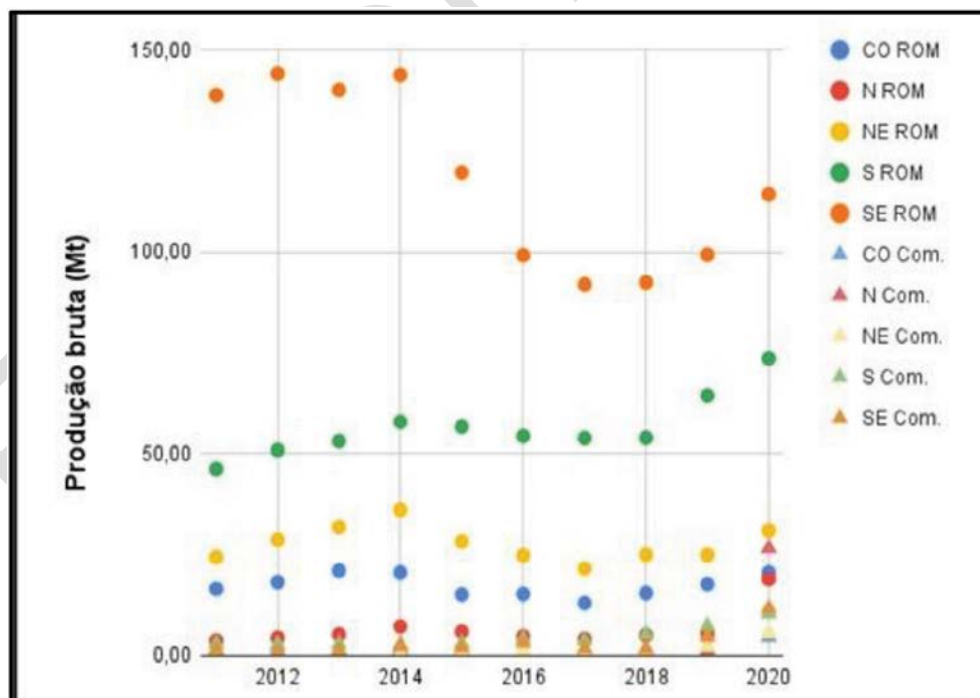


Figura 6. VPM bruta de rochas britadas e cascalho de 2011 a 2020 por região geográfica brasileira.

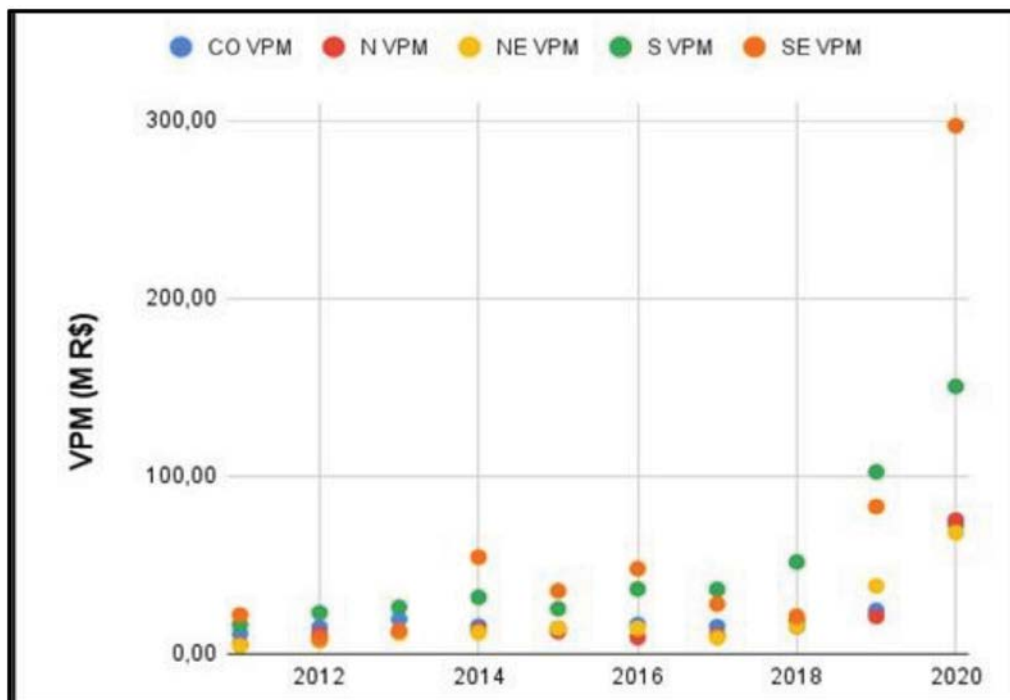


Tabela 4. Produção brasileira beneficiada produzida e comercializada e VPM de rochas britadas e cascalho, desde 2010 até 2020, segmentada pelas cinco regiões geográficas do país.

Produção Beneficiada e Comercializada de Rochas Britadas e Cascalho, em Mt, e VPM em M R\$															
Ano	2011			2012			2013			2014			2015		
Variável	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM
CO	18,09	17,53	381,01	20,89	20,56	461,26	23,08	22,90	526,43	22,83	22,40	529,51	17,66	16,63	467,34
N	3,34	3,26	116,54	3,66	3,72	176,61	4,26	3,96	190,79	6,17	5,68	285,46	5,33	5,26	241,46
NE	23,92	23,34	658,39	27,35	26,02	758,21	30,98	29,07	832,60	35,33	33,69	1.042,35	27,06	25,05	820,65
S	46,66	46,04	758,88	47,92	47,04	876,62	50,53	49,49	966,49	54,83	53,79	1.093,88	53,87	52,47	1.078,30
SE	131,88	124,24	3.147,89	141,19	130,69	3.551,90	138,64	132,83	3.590,29	141,42	136,70	3.656,00	119,47	113,74	3.021,30
TOTAL	223,89	214,41	5.062,71	241,01	228,03	5.824,60	247,49	238,25	6.106,60	260,58	252,26	6.607,20	223,39	213,15	5.629,05

Ano	2016			2017			2018			2019			2020		
Variável	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM
CO	16,02	15,18	436,55	14,29	13,75	404,68	18,52	17,82	516,52	17,73	17,35	540,11	20,84	19,66	677,00
N	4,20	4,10	204,36	3,82	3,51	178,89	4,31	3,95	210,67	4,05	3,81	215,40	5,26	5,24	285,94
NE	23,36	22,92	752,03	21,55	20,33	648,70	23,94	22,51	695,25	23,21	22,43	717,88	23,09	27,28	829,13
S	50,53	49,84	1.133,82	50,18	49,19	1.137,38	49,23	48,46	1.147,34	55,94	55,31	1.330,57	63,17	62,63	1.643,30
SE	97,43	91,68	2.503,57	95,26	86,53	2.204,04	92,27	90,20	2.418,30	94,76	93,52	2.732,36	104,68	101,06	3.267,92
TOTAL	191,54	183,72	5.030,33	185,10	173,31	4.573,69	188,27	182,94	4.988,08	195,69	192,42	5.536,32	217,04	215,87	6.703,29

Fonte: Sistema AMBWeb

Figura 7. Produção beneficiada produzida e comercializada de rochas britadas e cascalho de 2011 a 2020 por região geográfica brasileira.

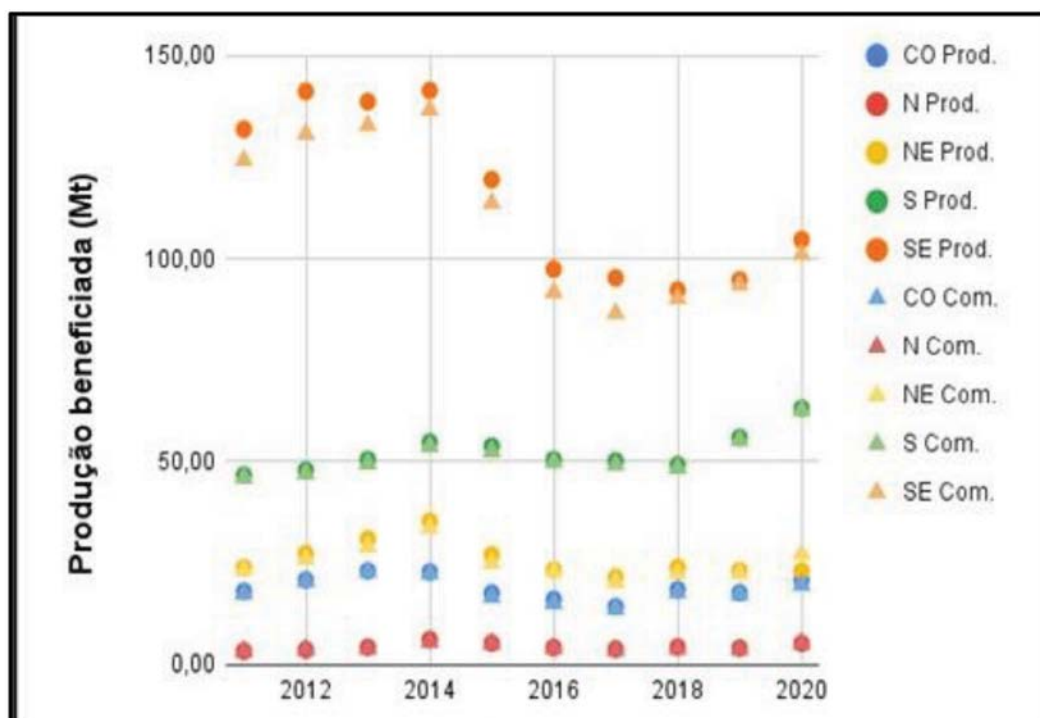
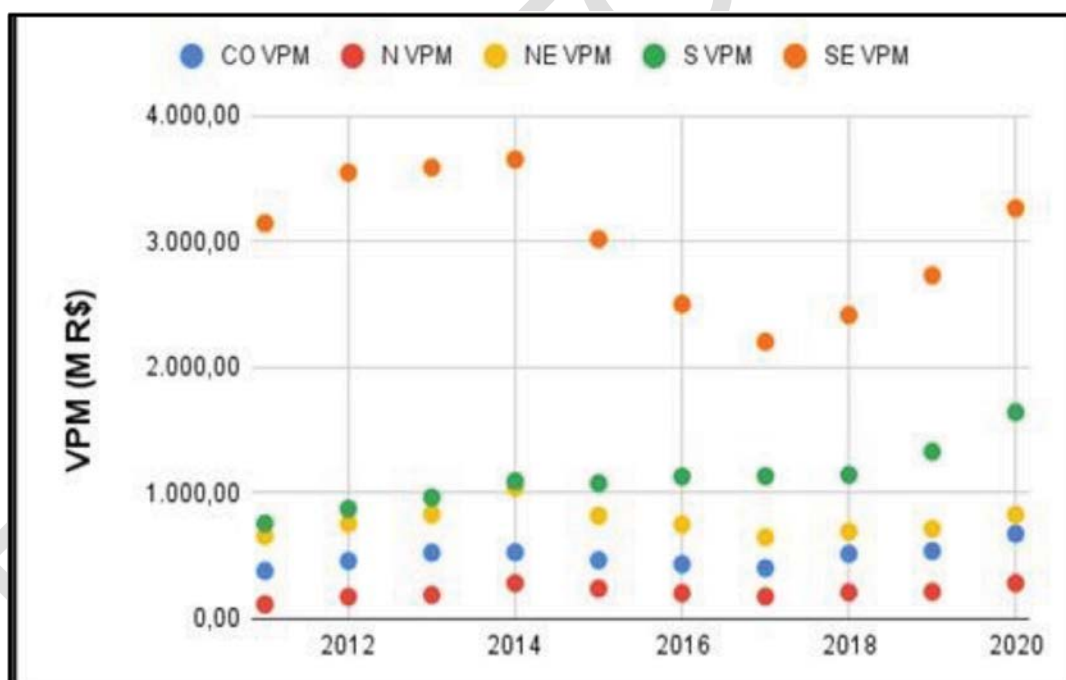


Figura 8. VPM beneficiada de rochas britadas e cascalho de 2011 a 2020 por região geográfica brasileira.



Os valores de produção bruta ROM e comercializada de rochas britadas e cascalho no Brasil aumentaram 12,48% e 863,73% ao longo da década, respectivamente. Em geral, houve uma grande diferença entre a produção bruta ROM e a

comercializada em cada região e ano; em 2011, a produção bruta comercializada total correspondeu a apenas 2,67% do total da produção bruta ROM, chegando a 22,84% em 2020. O VPM bruta, por sua vez, aumentou 1.008,77% de 2011 a 2020, contra inflação de 97,29% no período, medida pelo IGP-M (BCB, 2022). A região Sudeste concentrou cerca de 44% dos totais nacionais de produção bruta ROM e VPM bruta em 2020.

Já a produção beneficiada produzida de rochas britadas e cascalho no Brasil diminuiu 3,06% ao longo da década, enquanto a produção beneficiada comercializada e o VPM beneficiada aumentaram 0,68% e 32,41%, respectivamente. A região Sudeste respondeu por mais de 46% dos totais nacionais em todas as três variáveis, de 2011 a 2020. Em todas as regiões geográficas do país, os valores de produção beneficiada, produzida e comercializada ao longo da década foram próximos.

2.3.2.1.3. Polos produtivos de areia e brita

Tomando como base o ano de 2020, a produção bruta (ROM e comercializada) e beneficiada (produzida e comercializada) de areia concentra-se nas regiões Sudeste e Sul. A região Sudeste respondeu por 51,95% da produção bruta ROM, 45,67% da produção bruta comercializada, 75,11% da quantidade beneficiada produzida e 75,37% da produção beneficiada comercializada em 2020, enquanto à região Sul coube 28,89% da produção bruta ROM, 32,08% da produção bruta comercializada, 16,97% da quantidade beneficiada produzida e 17,04% da produção beneficiada comercializada (AMB, 202-; Sistema AMBWeb, 202-).

Já a produção de rochas britadas e cascalho apresenta comportamento ligeiramente diferente. Em 2020, 44,24% da produção bruta ROM ocorreu na região Sudeste e 28,49% na região Sul. Analisando a produção bruta comercializada, por outro lado, verifica-se que a região Norte respondeu por 45,08%, seguida pela região Sudeste com 19,82% e pela região Sul com 17,70%. A produção beneficiada, por sua vez, apresentou o mesmo comportamento da de areia: concentração nas regiões Sudeste (48,23% da quantidade produzida e 46,82% da produção comercializada) e Sul (29,11% da quantidade produzida e 29,01% da produção comercializada) em 2020 (AMB, 202-; Sistema AMBWeb, 202-).

2.3.2.1.4. Consumo energético

As principais fontes energéticas utilizadas nas operações de extração e processamento de areia e brita são óleo diesel, como combustível nos caminhões de transporte, e eletricidade, no acionamento de equipamentos.

As emissões de dióxido de carbono (CO_2) limitam-se às dos motores a combustão dos caminhões e às da detonação de explosivos, no caso da brita. Essas emissões podem ser diminuídas por meio do uso de uma frota de veículos modernizada (Zuo et al., 2018) e por uma gestão aprimorada do desgaste de pneus (Rodvalho e Tomi, 2017).

2.3.2.1.5. Utilização de água

As operações de extração e processamento de areia e brita consomem pouca água. No primeiro caso, a água é até mesmo filtrada nos portos de areia ou paióis, antes de ser devolvida aos corpos fluviais. No segundo, a água acumulada na frente de mina, por ocorrência de chuva ou alteamento de lençol freático, é coletada para aspersão nas vias de acesso, a fim de reduzir a suspensão de poeira e melhorar a qualidade do ar.

2.3.2.1.6. Geração de resíduos minerais

As operações de extração e processamento de areia e brita geram resíduos limitados. No caso da brita, em particular, uma tendência recente é o aproveitamento de finos de pedreiras de basalto como fertilizante agrícola, para remineralização do solo, em um processo chamado rochagem (Lavoura 10, 2019). Também há estudos relacionados ao uso de finos de pedreiras de rocha ígnea para sequestro de carbono, por meio de reações de carbonatação que consomem seus altos teores de cálcio, ferro e magnésio, após moagem (Rigopoulos et al., 2018).

2.3.2.1.7. Consumo de areia e brita

Segundo a *Global Aggregates Information Network* (GAIN), o consumo mundial de areia e brita supera 6 toneladas métricas/ habitante/ ano (GAIN, 2020), o que as coloca como os produtos a granel mais consumidos globalmente.

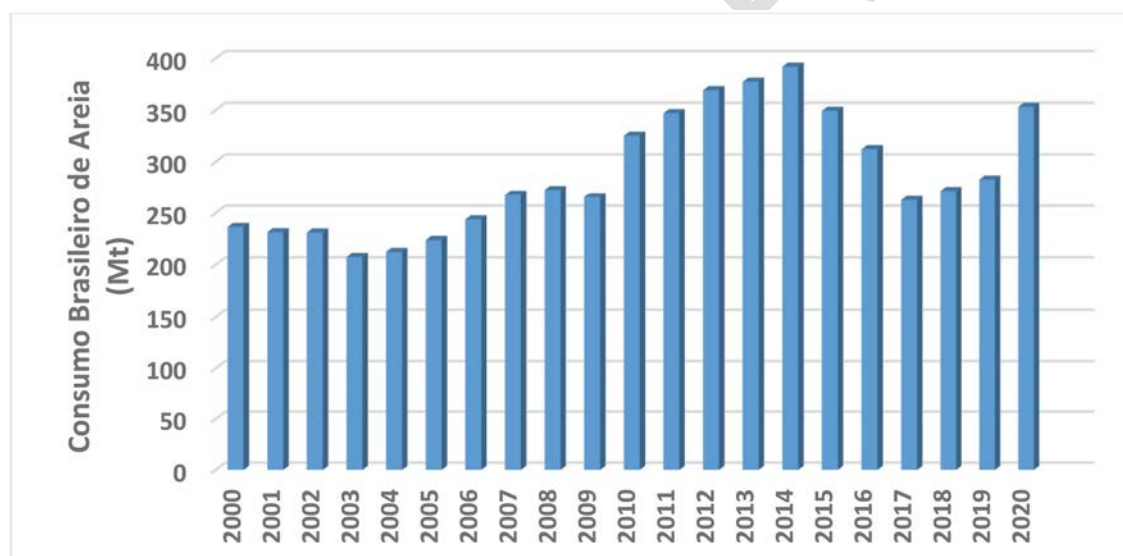
As Tabelas 5 e 6, juntamente com as Figuras 9 e 10, apresentam respectivamente dados de consumo de areia e brita no Brasil de 2000 a 2020. Os valores para os anos de 2000 a 2007 foram estimados a partir de dados de consumo de cimento (MME, 2009b), enquanto os valores para os anos de 2008 a 2020 indicam consumo aparente (quantidade produzida somada à importada, deduzidas as exportações). As importações e exportações no referido período foram inexpressivas, de modo que o consumo praticamente equivale à produção.

Tabela 5. Consumo brasileiro de areia, desde 2000 até 2020, em Mt.

Consumo Brasileiro de Areia (Mt)											
Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
TOTAL	236,3	231,2	230,9	207,2	212,2	223,6	243,6	267,7	272,4	265,4	325,0
Ano	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
TOTAL	346,8	369,0	377,2	391,8	349,1	312,0	262,5	271,4	282,6	353,0	

Fontes: MME, 2009b; DNPM, 2012a; DNPM, 2012b; DNPM, 2013; DNPM, 2014; DNPM, 2016; DNPM, 2018b; ANM, 2019; Valverde, 2020; Revista Grandes Construções, 2021.

Figura 9. Evolução do consumo brasileiro de areia, desde 2000 até 2020, em Mt.



Fontes: MME, 2009b; DNPM, 2012a; DNPM, 2012b; DNPM, 2013; DNPM, 2014; DNPM, 2016; DNPM, 2018b; ANM, 2019; Valverde, 2020; Revista Grandes Construções, 2021.

O consumo anual de areia no Brasil cresceu 49,39% no período de 2000 a 2020, a uma taxa de crescimento anual composta (CAGR, do inglês *compound annual growth rate*) de 2,03%. O período de 2010 a 2014 foi marcado por aumento expressivo do consumo, em grande parte devido às obras relacionadas à Copa do Mundo FIFA 2014 e aos Jogos Olímpicos 2016. De 2015 a 2017, período de recessão econômica, o consumo caiu a níveis menores do que o de 2008, enquanto de 2018 a 2020 houve retomada do crescimento, que totalizou 30,07%

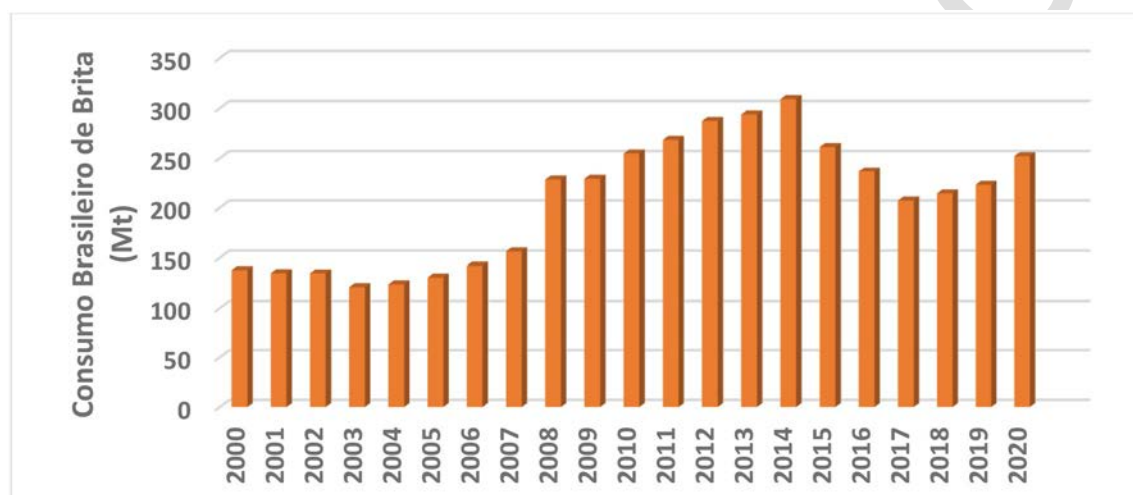
no período (CAGR de 14,05%). Em 2020, no contexto da pandemia de COVID-19, um fenômeno relevante que impulsionou o consumo foi o da autoconstrução residencial (Valverde, 2020).

Tabela 6. Consumo brasileiro de brita, desde 2000 até 2020, em Mt.

Consumo Brasileiro de Brita (Mt)											
Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
TOTAL	137,9	134,9	134,7	120,9	123,8	130,5	142,1	156,2	227,9	228,8	254,6
Ano	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
TOTAL	268,1	287,1	293,5	309,0	261,0	236,4	207,0	214,1	222,8	252,0	

Fontes: MME, 2009a; DNPM, 2012a; DNPM, 2012b; DNPM, 2013; DNPM, 2014; DNPM, 2016; DNPM, 2018b; ANM, 2019; Valverde, 2020; Revista Grandes Construções, 2021.

Figura 10. Evolução do consumo brasileiro de brita, desde 2000 até 2020, em Mt.



Fontes: MME, 2009a; DNPM, 2012a; DNPM, 2012b; DNPM, 2013; DNPM, 2014; DNPM, 2016; DNPM, 2018b; ANM, 2019; Valverde, 2020; Revista Grandes Construções, 2021.

O consumo anual de brita no Brasil cresceu 82,74% no período de 2000 a 2020, a uma CAGR de 3,06%. O período de 2008 a 2014 foi marcado por aumento expressivo do consumo, em grande parte devido às obras relacionadas à Copa do Mundo FIFA 2014 e aos Jogos Olímpicos 2016. De 2015 a 2017, período de recessão econômica, o consumo caiu a níveis menores do que o de 2008, enquanto de 2018 a 2020 houve retomada do crescimento, que totalizou 17,70% no período (CAGR de 8,49%). Em 2020, no contexto da pandemia de COVID-19, um fenômeno relevante que impulsionou o consumo foi o da autoconstrução residencial (Valverde, 2020).

Do passado para o futuro, as Tabelas 7 e 8 apresentam, juntamente com as Figura 11 e 12, respectivamente, projeções para o consumo per capita de areia e

brita no Brasil de 2022 a 2050, segundo três cenários de evolução. Para o cenário de referência definido pelo IPEA (2022), as projeções foram calculadas tomando como referência a Variante de Baixa Demanda do *Roadmap tecnológico do cimento: potencial de redução das emissões de carbono da indústria do cimento brasileira até 2050* (SNIC, 2019), aplicando as taxas de crescimento associadas à produção de cimento nesse contexto ao consumo nacional de areia e brita, a partir de 2020, e dividindo o número obtido para cada ano pela respectiva projeção para a população brasileira (IPEA, 2022). Para o cenário transformador (IPEA, 2022), foram adotadas duas estratégias: (i) ajustar o consumo projetado na situação anterior pelo excesso de crescimento anual do PIB no cenário transformador em relação ao cenário de referência (Cenário transformador I); e (ii) calcular as projeções de consumo tomando como referência a Variante de Alta Demanda de cimento (SNIC, 2019), aplicando as taxas de crescimento associadas à produção de cimento nesse contexto, ao consumo nacional de areia e brita, a partir de 2020, e dividindo o número obtido para cada ano pela respectiva projeção para a população brasileira (IPEA, 2022) (Cenário transformador II).

Tabela 7. Projeções calculadas para o consumo per capita de areia no Brasil, até 2050, considerando três cenários de evolução.

Projeções do consumo per capita de areia no Brasil (t/ hab)									
Ano	2020	2022	2026	2030	2034	2038	2042	2046	2050
Cenário de referência	1,660	1,820	2,117	2,194	2,586	2,945	3,115	3,048	2,833
Cenário transformador I	1,660	1,827	2,211	2,312	2,700	3,097	3,279	3,199	2,970
Cenário transformador II	1,660	1,855	2,237	2,384	2,955	3,525	3,495	3,895	3,634

Fontes: IPEA, 2022; SNIC, 2019.

Figura 11. Projeções calculadas para o consumo per capita de areia no Brasil, até 2050, considerando três cenários de evolução.

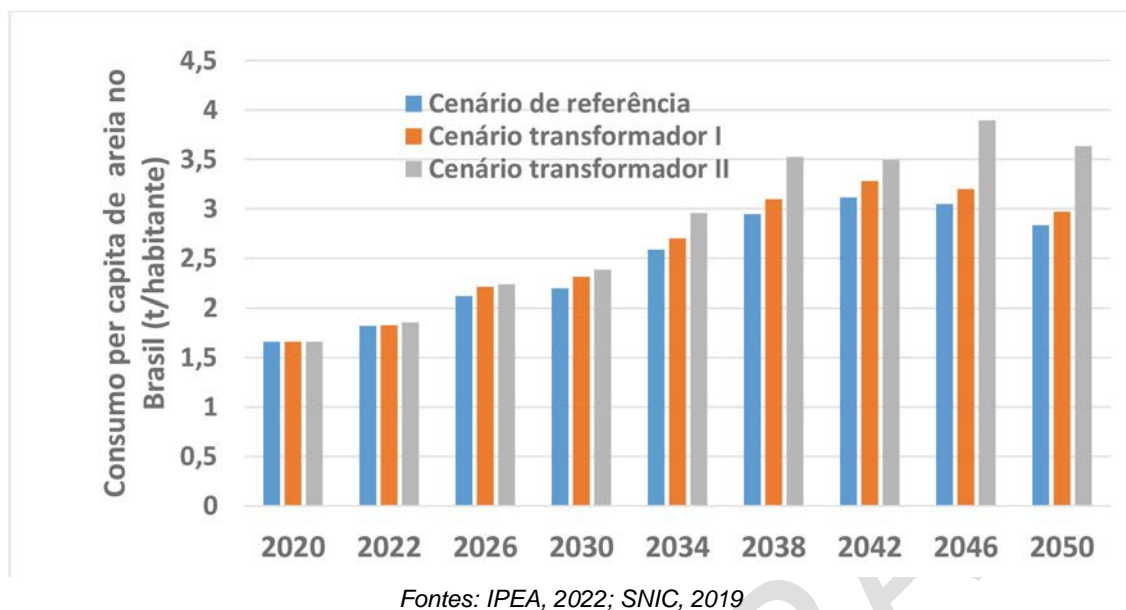
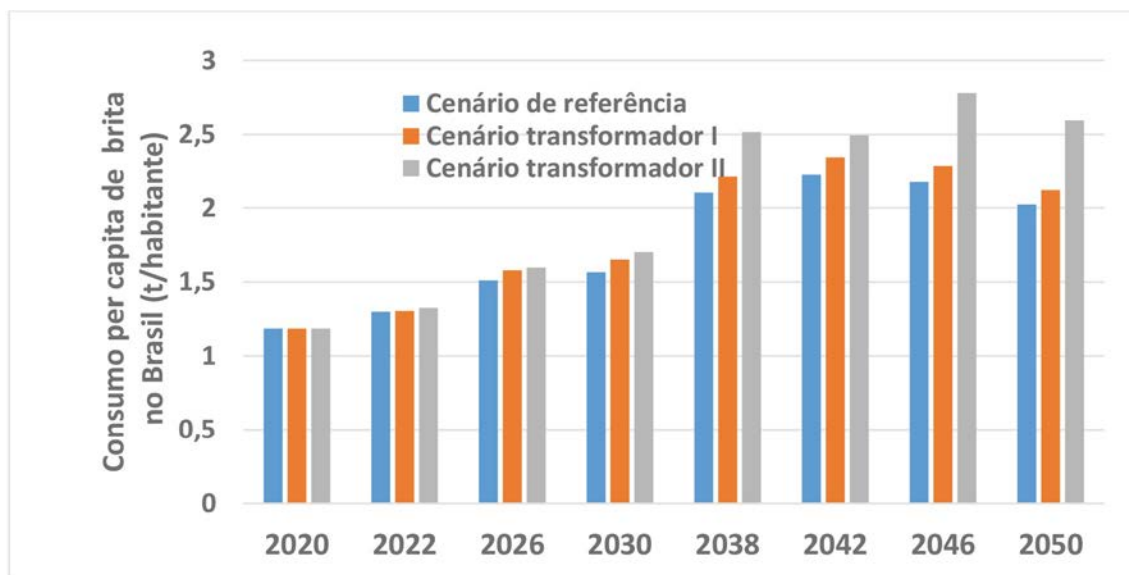


Tabela 8. Projeções calculadas para o consumo per capita de brita no Brasil, até 2050, considerando três cenários de evolução.

Projeções do consumo per capita de brita no Brasil (t/ hab)									
Ano	2020	2022	2026	2030	2034	2038	2042	2046	2050
Cenário de referência	1,185	1,299	1,511	1,566	1,846	2,103	2,224	2,176	2,023
Cenário transformador I	1,185	1,304	1,579	1,651	1,927	2,211	2,341	2,283	2,121
Cenário transformador II	1,185	1,324	1,597	1,702	2,109	2,516	2,495	2,780	2,595

Fontes: IPEA, 2022; SNIC, 2019.

Figura 12. Projeções calculadas para o consumo per capita de brita no Brasil, até 2050, considerando três cenários de evolução.



Fontes: IPEA, 2022; SNIC, 2019

As projeções calculadas para o cenário de referência sugerem crescimento de 32,12% para o consumo per capita de areia e brita de 2020 a 2030 e de 42,01% de 2030 a 2042; posteriormente, a expectativa é de retração do consumo per capita em 9,05% de 2042 a 2050. Já para o cenário transformador I, projeta-se crescimento de 39,26% do consumo per capita de areia e brita de 2020 a 2030 e de 41,79% de 2030 a 2042, e retração de 9,40% de 2042 a 2050. Finalmente, as projeções calculadas para o cenário transformador II estipulam crescimento de 43,61% do consumo per capita de areia e brita de 2020 a 2030 e de 63,34% de 2030 a 2046. Posteriormente, a expectativa é de retração de 6,68% de 2046 a 2050. Essas tendências são bem explicadas no *Roadmap* (SNIC, 2019):

“Alguns fatores foram levados em conta para a projeção de cimento: o crescimento populacional, as grandes deficiências em infraestrutura, o elevado déficit habitacional e os avanços tecnológicos.

Com relação à projeção demográfica, estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)³³ [“Projeção da População do Brasil por Sexo e Idade para o Período 2000-2060”. IBGE, 2013.] apontam para um crescimento populacional até 2040, seguido de estabilização e queda prevista a partir de 2050.

Estradas, pontes, portos, aeroportos, geração e distribuição de energia elétrica e redes de saneamento e abastecimento de água, entre diversos outros tipos de obra, demandarão cimento em sua construção. Uma vez construída esta infraestrutura, haverá moderação no crescimento da demanda pelo material,

ainda que sua manutenção tenda a manter o consumo em níveis elevados.

No que diz respeito a habitações, espera-se que com o crescimento esperado da renda e sob a hipótese da persistência de políticas habitacionais ativas ocorra a eliminação ou pelo menos uma diminuição significativa deste déficit, o que igualmente impulsionaria o consumo de cimento por alguns anos, seguindo-se então um período de moderação no consumo para uso na construção residencial.

Finalmente, no longo prazo, avanços tecnológicos e técnicas mais modernas de construção tendem a aumentar a eficiência no uso do material, acarretando uma menor demanda de cimento para um mesmo número de edificações.

Todos estes fatores apontam na direção de uma redução, a partir de algum momento no horizonte de projeção, na intensidade da relação de longo prazo entre a renda do país, medida pelo PIB [Produto Interno Bruto], e o consumo de cimento. Este efeito foi incluído no modelo estimado.

A análise dos resultados obtidos indica um crescimento significativo da demanda por cimento no Brasil entre 2016 e 2050 tanto no cenário de alta quanto de baixa demanda. Projeta-se que o consumo deva crescer com força até início da década de 2040 para, a partir de então, desacelerar, até que haja redução de demanda a partir de 2045.”

2.3.2.1.8. Produção mineral de areia e brita

As Tabelas 9 e 10 apresentam, juntamente com a Figura 13, respectivamente, dados de produção de areia e brita no Brasil, de 2000 a 2020. Os valores para os anos de 2006 e 2007 foram estimados a partir de dados de consumo de cimento (MME, 2009b).

Tabela 9. Produção brasileira de areia, desde 2000 até 2020.

Produção Brasileira de Areia (Mt)											
Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
TOTAL	264,0	253,6	251,4	221,9	208,9	247,1	218,5	240,1	272,4	266,9	325,0
Ano	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
TOTAL	346,8	369,0	377,2	391,8	349,1	312,0	262,5	271,4	282,6	353,0	

Fontes: MME, 2009b; DNPM, 2012a; DNPM, 2012b; DNPM, 2013; DNPM, 2014; DNPM, 2016; DNPM, 2018b; ANM, 2019; Valverde, 2020; Revista Grandes Construções, 2021.

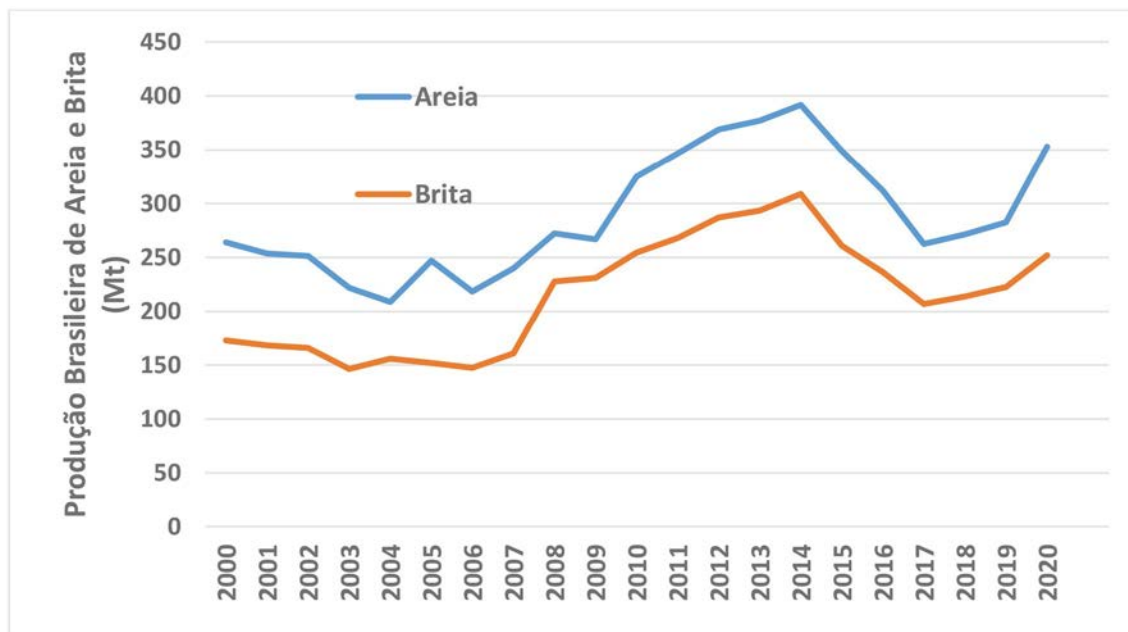
A produção anual de areia no Brasil cresceu 33,71% no período de 2000 a 2020, a uma CAGR de 1,46%. O período de 2010 a 2014 foi marcado por aumento expressivo da produção, em grande parte devido à demanda das obras relacionadas à Copa do Mundo FIFA 2014 e aos Jogos Olímpicos 2016. De 2015 a 2017, período de recessão econômica, a produção caiu a níveis menores do que o de 2008, enquanto de 2018 a 2020 houve retomada do crescimento, que totalizou 30,07% no período (CAGR de 14,05%). Em 2020, no contexto da pandemia de COVID-19, um fenômeno relevante que impulsionou o mercado foi o da autoconstrução residencial (Valverde, 2020).

Tabela 10. Produção brasileira de brita, desde 2000 até 2020.

Produção (Mt)											
Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
TOTAL	172,8	168,1	165,8	146,3	155,9	151,8	147,4	160,7	227,9	231,2	254,5
Ano	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
TOTAL	268,0	287,0	293,4	308,8	261,0	236,4	206,9	213,9	222,7	252,0	

Fontes: MME, 2009b; DNPM, 2012a; DNPM, 2012b; DNPM, 2013; DNPM, 2014; DNPM, 2016; DNPM, 2018b; ANM, 2019; Valverde, 2020; Revista Grandes Construções, 2021.

Figura 13. Produção brasileira de areia e brita, de 2000 a 2020.



Fontes: MME, 2009b; DNPM, 2012a; DNPM, 2012b; DNPM, 2013; DNPM, 2014; DNPM, 2016; DNPM, 2018b; ANM, 2019; Valverde, 2020; Revista Grandes Construções, 2021.

A produção anual de brita no Brasil cresceu 45,83% no período de 2000 a 2020, a uma CAGR de 1,90%. Do mesmo modo que a areia, o período de 2008 a 2014 foi marcado por aumento expressivo da produção de brita, em grande parte devido à demanda das obras relacionadas à Copa do Mundo FIFA 2014 e aos Jogos Olímpicos 2016. De 2015 a 2017, período de recessão econômica, a produção caiu a níveis menores do que o de 2008, enquanto de 2018 a 2020 houve retomada do crescimento, que totalizou 17,81% no período (CAGR de 8,54%).

Do passado para o futuro, as Tabelas 11 e 12 apresentam, respectivamente, projeções para a produção de areia e brita no Brasil de 2022 a 2050, segundo três cenários de evolução. O gráfico das projeções é mostrado na Figura 14. Os cenários foram adotados segundo os mesmos critérios descritos no item anterior, referente ao consumo brasileiro, uma vez que tais bens minerais, praticamente não apresentam potencial para participação em transações de comércio exterior.

Tabela 11. Projeções calculadas para a produção de areia no Brasil, até 2050, considerando três cenários de evolução.

Projeções da Produção de Areia no Brasil (Mt)									
Ano	2020	2022	2026	2030	2034	2038	2042	2046	2050
Cenário de referência	353,0	390,9	462,1	489,6	587,5	677,7	723,1	710,1	660,5
Cenário transformador I	353,0	392,4	482,7	516,1	613,4	712,6	761,0	745,3	692,4
Cenário transformador II	353,0	398,5	488,3	532,2	671,3	811,1	900,2	907,5	847,2

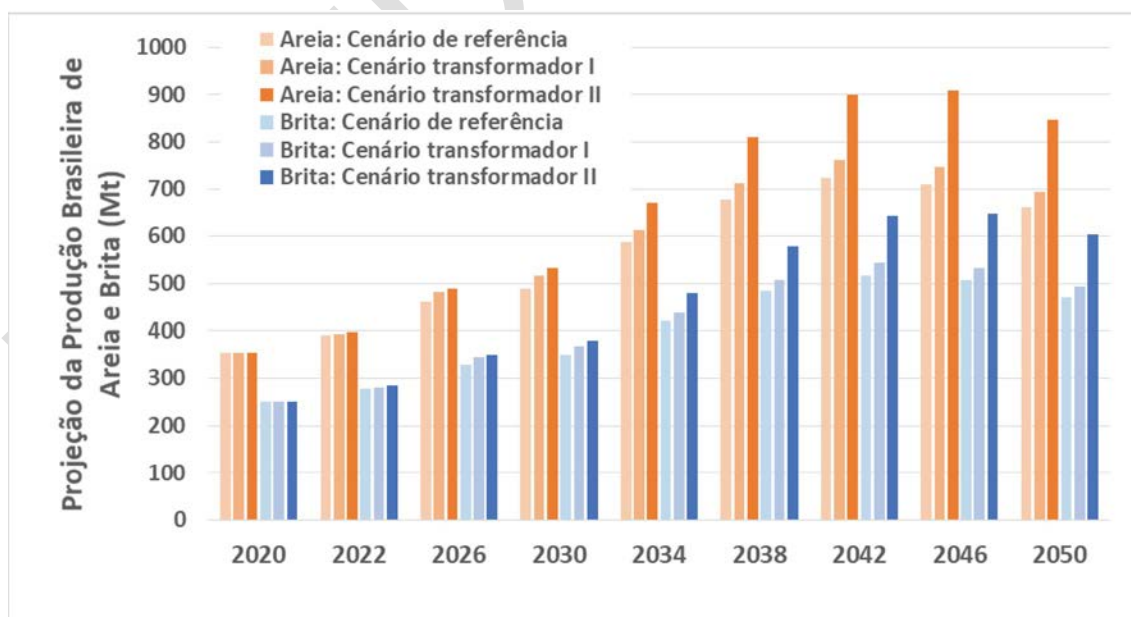
Fontes: IPEA, 2022; SNIC, 2019.

Tabela 12. Projeções calculadas para a produção de brita no Brasil, até 2050, considerando três cenários de evolução.

Projeções da Produção de Brita no Brasil (Mt)									
Ano	2020	2022	2026	2030	2034	2038	2042	2046	2050
Cenário de referência	252,0	279,0	329,9	349,5	419,4	483,8	516,2	506,9	471,5
Cenário transformador I	252,0	280,2	344,6	368,4	437,9	508,7	543,2	532,1	494,3
Cenário transformador II	252,0	284,5	348,6	379,9	479,2	579,0	642,7	647,8	604,8

Fontes: IPEA, 2022; SNIC, 2019.

Figura 14. Projeções calculadas para as produções de areia e brita no Brasil, até 2050, considerando três cenários de evolução.



Fontes: IPEA, 2022; SNIC, 2019.

As projeções calculadas para o cenário de referência sugerem crescimento de 38,71% para a produção de areia e brita de 2020 a 2030 e de 47,67% de 2030 a 2042; posteriormente, a expectativa é de retração da produção em 8,66% de 2042 a 2050. Já para o cenário transformador I, projeta-se crescimento de 46,21% da produção de areia e brita de 2020 a 2030 e de 47,44% de 2030 a 2042, e retração de 9,01% de 2042 a 2050. Finalmente, as projeções calculadas para o cenário transformador II estipulam crescimento de 50,77% da produção de areia e brita de 2020 a 2030 e de 70,51% de 2030 a 2046. Posteriormente, a expectativa é de retração de 6,64% de 2046 a 2050. Essas tendências são bem explicadas no *Roadmap* (SNIC, 2019), conforme texto transcrito no item anterior.

Assim como o Brasil, outros países emergentes também devem ampliar sua produção de areia e brita visando endereçar deficiências de infraestrutura e déficits habitacionais. Mesmo em países desenvolvidos, a tendência também parece ser de crescimento da produção, com a renovação de sistemas de infraestrutura envelhecidos. Nos Estados Unidos da América (EUA), em particular, o *Infrastructure Investment and Jobs Act*, também conhecido como *Bipartisan Infrastructure Law* (BIL), prevê financiamento público superior a um trilhão de dólares estadunidenses para diferentes iniciativas, sendo uma das principais a renovação do sistema hídrico norte-americano (McKinsey & Company, 2022).

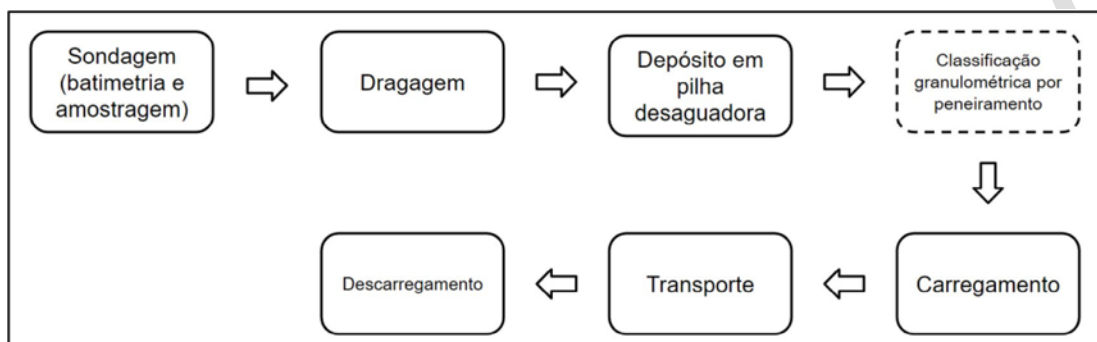
2.3.2.1.9. Tecnologia das operações de extração de areia e brita

O padrão tecnológico das operações de extração de areia e brita descrito nos “Estudos para elaboração do Plano Duodecenal (2010 - 2030) de Geologia, Mineração e Transformação Mineral” permanece dominante (MME, 2009a e 2009b).

A Figura 15 apresenta um fluxograma simplificado da rota tecnológica predominante na extração de areia. Sua mineração mais comum ocorre em leito de rio, começando pela sondagem de depósitos por meio da técnica de batimetria e pela análise laboratorial de amostras coletadas. Uma vez definida a área de exploração, a lavra do sedimento ocorre por dragagem seguida de depósito do material extraído em pilha desaguadora para secagem. De acordo com o grau de investimento da operação, pode haver classificação granulométrica por peneiramento. Finalmente, a areia seca é carregada em caminhões e transportada até seu destino, por exemplo depósitos de material de construção, pátios de concreteiras e canteiros de obra, onde ocorre o descarregamento. Diferentes tipos de escavadeiras e dragas podem ser empregados na lavra de areia.

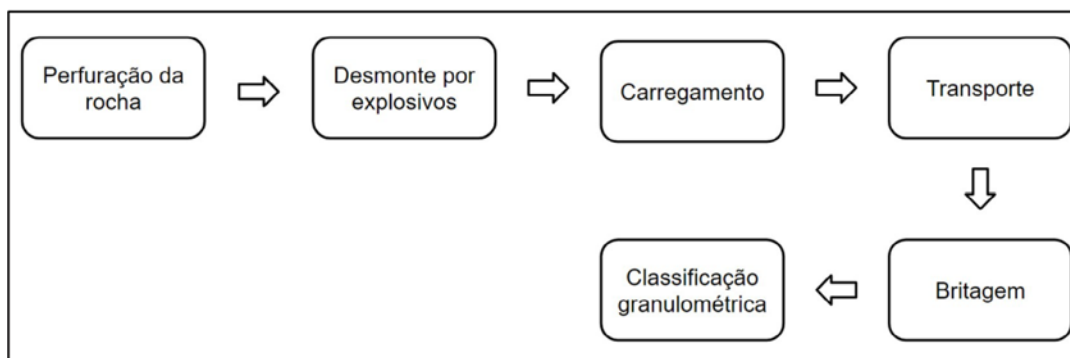
Os impactos ambientais envolvidos na extração de areia são conhecidos, limitados e reversíveis. Em geral, a recuperação supera em muito o dano. Como exemplo, muitas vezes a extração de areia acontece nas margens de um rio onde não há mais vegetação, por conta de outras atividades como a agropecuária; em contrapartida, como medida de recuperação, faz-se o reflorestamento de uma área superior a explorada, contribuindo para aumento efetivo da área coberta por vegetação no país. Além disso, a extração de areia promove o desassoreamento das calhas dos rios.

Figura 15. Fluxograma simplificado da rota tecnológica predominante na extração de areia.



A Figura 16, por sua vez, apresenta um fluxograma simplificado da rota tecnológica predominante na extração de brita. Nesse caso, a exploração ocorre a céu aberto, com avanço em meia encosta ou cava; inicia-se pela perfuração da rocha, para colocação dos explosivos, que promovem seu desmonte. Após o desmonte, os blocos explodidos são carregados em caminhões e transportados até os britadores primários. Conforme necessário, pode ocorrer britagem secundária, além da primária. O processo termina com a classificação granulométrica das rochas britadas, resultando em diferentes produtos. Algumas variações possíveis são o uso de uma unidade de britagem primária móvel, em vez de fixa, e a automatização das operações de britagem e classificação granulométrica. Em casos excepcionais, pode haver a exploração de pedreiras subterrâneas, por meio do sistema salão e pilar.

Figura 16. Fluxograma simplificado da rota tecnológica predominante na extração de brita.



De modo geral, os danos ambientais relacionados à mineração de brita, assim como os da areia, são menos graves, em comparação à extração de minerais metálicos, já que o processo gera pouco volume de resíduos e tais resíduos são constituídos de material inerte e não perigoso.

Um problema notório é o paisagístico, devido ao seu impacto visual contrastante, principalmente quando há proximidade entre as pedreiras e os centros urbanos – situação até desejável do ponto de vista econômico, uma vez que boa parte do custo ao consumidor refere-se ao transporte. Esse problema pode ser mitigado por meio da criação de cortinas verdes, isto é, barreira de árvores para restringir ao máximo a visibilidade, ou pela aquisição de propriedades no entorno da pedreira, evitando que construções ou atividades incompatíveis com a extração mineral se instalem muito próximas. Outra questão relevante é o fluxo de caminhões entrando e saindo da área de mineração, incômodo para as comunidades locais, quando não é possível criar uma rota alternativa. Algumas boas práticas que podem ser adotadas são: usar caminhões-pipa circulando com frequência para diminuir a poeira, se o caminho não é pavimentado, ou mesmo pavimentar e cuidar da via; e manter a pista em boas condições de uso, caso contrário.

Na operação em si, aspersores podem ser usados para reduzir a poeira. No desmorte da rocha por explosivos, pode-se buscar cumprir à risca as rígidas normas brasileiras sobre velocidade de partícula e sopro de ar com monitoramento por aparelhos de medição de vibrações e de deslocamento do ar. Ademais, bota-foras e bacias de decantação de finos de lavagem devem ser constantemente monitorados, além de revegetados.

Por fim, inovações tecnológicas relevantes iniciadas ou intensificadas na década de 2010 são o uso de softwares e de drones ou veículos aéreos não

tripulados (VANTs) em diferentes atividades mineiras. Softwares de tecnologias da informação e comunicação (TICs) visam aumentar a conectividade entre as diferentes etapas de produção e fornecimento (BNDES, 2017) e podem ser usados para várias finalidades, por exemplo, para monitoramento das operações em tempo real por meio de alertas e comunicação entre operadores e central através de mensagens (RajaMine, 2021).

Drones, por sua vez, têm aplicação destacada (i) no mapeamento de leitos fluviais e áreas de cava, gerando cartas de análise e auxiliando na definição de pontos de perfuração e na identificação de fraturas e falhas de detonação; (ii) no levantamento topográfico (planialtimétrico), possibilitando a obtenção da volumetria de pilhas de minério; (iii) na realização de inspeções de estruturas, blocos detonados e equipamentos; e (iv) na geração de registros fotográficos e audiovisuais diversos (OrtoPixel, 2021). Uma característica do setor de areia e brita, no entanto, é a relativamente baixa qualificação e capacitação profissional dos funcionários das empresas, muitas vezes de pequeno porte, que hoje dificulta a incorporação de softwares e drones na mineração.

Lista de referências:

Agência Nacional de Mineração (ANM) (2019). Sumário Mineral 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral>. Acesso em: 11 mar. 2022.

Anuário Mineral Brasileiro (AMB) - Produção bruta (202-). Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiZTRkNjI3MWEtMG13My00ZTgzLWlyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2liwidCI6ImEzMDgzZTlxLTc0OWltNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a>. Acesso em: 06 mai. 2022.

Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção (ANEPAC) (2022a). Disponível em: <https://www.anepac.org.br/agregados/areia-e-brita>. Acesso em: 14 mar. 2022.

Banco Central do Brasil (BCB) (2022). Calculadora do cidadão - Correção de valores. Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADA0/publico/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores>. Acesso em: 03 mai. 2022.

Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES) (2017). Desafios da mineração: desenvolvimento e inovação para redução dos impactos ambientais e sociais. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/inovacao-tecnologia-mineracao-metais>. Acesso em: 26 mai. 2022.

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (2012a). Sumário Mineral 2011. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-1>. Acesso em: 14 mar. 2022.

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (2012b). Sumário Mineral 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-1>. Acesso em: 14 mar. 2022.

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (2013). Sumário Mineral 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-1>. Acesso em: 14 mar. 2022.

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (2014). Sumário Mineral 2014. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-1>. Acesso em: 14 mar. 2022.

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (2016). Sumário Mineral 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-1>. Acesso em: 14 mar. 2022.

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (2018b). Sumário Mineral 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-1>. Acesso em: 14 mar. 2022.

Global Aggregates Information Network (GAIN). Disponível em: <https://www.gain.ie/>. Acesso em: 05 mai. 2022.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) (2022). Cenários Macroeconômicos para o Setor Mineral Brasileiro.

Lavoura 10 - O blog da Aegro. Rochagem: Como essa prática pode beneficiar sua lavoura (2019). Disponível em: https://blog.aegro.com.br/rochagem/?gclid=Cj0KCQjwwJuVBhCAARIsAOPwGAQjfsW6hMp6BWlkiyInpwXDJ-n9YRzBhx2BuDoefUIG5EOpq7AbjylaAoG1EALw_wcB. Acesso em: 13 jun. 2022.

McKinsey & Company (2022). The US Bipartisan Infrastructure Law: Reinvesting in water. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/industries/public-and-social-sector/our-insights/the-us-bipartisan-infrastructure-law-reinvesting-in-water?cid=other-eml-alt-mip-mck&hdpid=f3b5d99d-55a4-4b25-bec0-22951fa534ad&hctky=12239123&hlk-id=e7d8b5b7bd544edab9c8206498523ad9>. Acesso em: 05 mai. 2022.

Ministério de Minas e Energia (MME) (2009a). Relatório Técnico 30 - Perfil de brita para construção civil. Disponível em: http://antigo.mme.gov.br/documents/36108/448620/P22_RT30_Perfil_de_brita_para_construcao_civil.pdf/0b657545-498a-46ee-b836-a974026d435a?version=1.0. Acesso em: 21 mar. 2022.

Ministério de Minas e Energia (MME) (2009b). Relatório Técnico 31 - Perfil de areia para construção civil. Disponível em: http://antigo.mme.gov.br/documents/36108/448620/P22_RT31_Perfil_de_areia_para_construcao_civil.pdf/2e777d92-aa4d-6304-0b41-b74c12e63d93?version=1.0. Acesso em: 21 mar. 2022.

OrtoPixel (2021). Uso de drone na mineração: conheça as possibilidades. Disponível em: <https://ortopixel.com.br/uso-de-drone-na-mineracao-conheca-as-possibilidades/#:~:text=Atualmente%2C%20o%20uso%20de%20drone,mapear%20metais%20preciosos%20ou%20minerais>. Acesso em: 25 mai. 2022.

RajaMine (2021). Solução de Despacho / Parte Diária. Disponível em: https://rajamine.com/solucao-de-despacho-parte-diaria?gclid=CjwKCAjwryUBhBSEiwAGN5OCFA0xW__mECoNzZA2WrbdJ2wy1U7HkhftNN_6dUcci8gfBi-5DLKEBoCGKUQAvD_BwE. Acesso em: 26 mai. 2022.

Revista Grandes Construções (2022). Disponível em: <https://www.grandesconstrucoes.com.br/Noticias/Exibir/25469#:~:text=Em%202021%2C%20esse%20mercado%20vive,e%20252%20milh%C3%B5es%20de%20brita>. Acesso em: 16 mar. 2022.

Rigopoulos, I.; Török, A.; Kyratsi, T.; Delimitis, A.; Ioannou, I. (2018). Sustainable exploitation of mafic rock quarry waste for carbon sequestration following ball milling. *Resources Policy*, 59, 24-32. DOI: 10.1016/j.resourpol.2018.08.002.

Rodvalho, E. C.; Tomi, G. (2017). Reducing environmental impacts via improved tyre wear management. *Journal of Cleaner Production*, 141, 1419-1427. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.09.202.

Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC) (2019). Roadmap tecnológico do cimento: potencial de redução das emissões de carbono da indústria do cimento brasileira até 2050. Disponível em: <https://>

coprocessamento.org.br/wp-content/uploads/2019/11/Roadmap_Tecnologico_Cimento_Brasil_Book-1.pdf. Acesso em: 08 mar. 2022.

Sistema AMBWeb (202-). Planilha complementar - produção beneficiada. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiZTRkNjI3MWEtMG13My00ZTgzLWlyN2YtMzNjNDhjNlVIM2Q2liwidCI6ImEzMdGzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a>. Acesso em: 11 Abr. 2022.

Valverde, F. M. O novo normal na indústria de agregados. (2020). Disponível em: <https://sitefiespstorage.blob.core.windows.net/observatoriodaconstrucao/2020/09/file-20200910200501-o-novo-normal-na-industria-de-agregados.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2022.

Zuo, C.; Birkin, M.; Clarke, G.; McEvoy, F.; Bloodworth, A. (2018). Reducing carbon emissions related to the transportation of aggregates: Is road or rail the solution? Transportation Research Part A, 117, 26-38. DOI: 10.1016/j.tra.2018.08.006.

PLANO NACIONAL DE MINERAÇÃO 2050

PNM 2050

ANÁLISE DETALHADA: ARGILA**CADERNO 2: Pesquisa e Produção Mineral**

ANÁLISE DETALHADA: ARGILA.....	953
2.3. Análise Detalhada de Segmentos Selecionados	954
2.3.2. Mercado Doméstico	954
2.3.2.2. Argila	954
2.3.2.2.1. Preço de mercado e análise de tendência.....	954
2.3.2.2.1.2. Produção e Valor da Produção Mineral	955
2.3.2.2.3. Polos produtivos de argila	958
2.3.2.2.4. Consumo energético	959
2.3.2.2.5. Utilização de água.....	959
2.3.2.2.6. Geração de resíduos minerais.....	960
2.3.2.2.7. Consumo de argila	960
2.3.2.2.9. Tecnologia das operações de extração de argila	967

2.3. Análise Detalhada de Segmentos Selecionados

2.3.2. Mercado Doméstico

2.3.2.2. Argila

Conforme descrito pela geóloga Yara Kulaif, em apresentação intitulada “Produção de Argilas no Brasil” (DNPM-SP/ DDM, 2012), argilas são formadas a partir da transformação - principalmente intemperismo - dos minerais mais comuns da crosta. Podem ser classificadas segundo quatro tipos principais: argilas comuns; argilas plásticas; argilas refratárias; bentonita e argilas decolorantes. As argilas comuns, por sua vez, podem ser subdivididas em (i) argila para cerâmica vermelha ou estrutural; (ii) argila para revestimento cerâmico ou industrial; e (iii) argila para cimento. As argilas em foco nas análises do presente documento são argila para cerâmica vermelha e argila industrial.

2.3.2.2.1. Preço de mercado e análise de tendência

De acordo com Junior e De Azevedo (2017), o preço CIF - do inglês *cost, insurance and freight*, ou seja, com frete e seguro incluído – por tonelada de argila para cerâmica vermelha no Brasil situa-se no intervalo de R\$ 15,00 a R\$ 20,00, sendo R\$ 17,50 o valor de referência. Corrigindo os preços indicados pelo Índice Geral de Preços - Mercado (IGP-M) de janeiro de 2017 a abril de 2022, obtém-se o intervalo de R\$ 26,72 a R\$ 35,62, com R\$ 31,17 como valor de referência (BCB, 2022).

Considerando (i) que o Brasil apresenta taxas de crescimento urbano positivas, incrementadoras do consumo de telhas, blocos e outros materiais relacionados à construção civil; (ii) que políticas públicas de desenvolvimento social urbano devem continuar por meio de obras de melhoria da infraestrutura em cidades de todo o país; e (iii) que as pressões inflacionárias, principalmente sobre os preços dos combustíveis, são expressivas, a tendência é de que os preços praticados para venda de argila no Brasil aumentem. Existem, entretanto, oportunidades para redução (em bases reais) dos custos de produção e dos preços de comercialização das argilas, mediante principalmente a adoção de medidas de eficiência energética e melhoria dos sistemas de logística de transporte, com simultâneos efeitos de redução da geração de CO₂.

2.3.2.1.2. Produção e Valor da Produção Mineral

A produção bruta *run of mine* (ROM) e comercializada e o Valor da Produção Mineral (VPM) de argilas no Brasil a cada ano, desde 2010 até 2020, segmentados pelas cinco regiões geográficas do país, são mostrados na Tabela 1. Do mesmo modo, a produção beneficiada produzida e comercializada e seu VPM são mostrados na Tabela 2. As Figuras 1 a 4 exibem gráficos com essas informações.

Tabela 1. Produção brasileira bruta ROM e comercializada e VPM de argilas, desde 2010 até 2020, segmentada pelas cinco regiões geográficas do país.

Produção bruta - ROM e comercializada (Mt) e VPM (M R\$)															
Ano	2011			2012			2013			2014			2015		
Região	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM
CO	4,25	1,79	29,08	2,34	1,70	17,54	2,61	1,85	18,47	2,88	2,02	19,93	3,06	1,68	18,32
N	1,88	1,86	15,76	1,93	1,89	18,68	2,03	2,03	22,57	6,14	6,13	22,87	1,66	1,48	18,19
NE	8,99	7,54	51,77	9,98	8,59	59,80	10,34	8,73	64,33	10,04	8,32	64,77	9,05	7,58	56,99
S	9,85	9,59	42,75	12,37	12,15	52,71	10,27	10,05	52,91	8,47	7,66	54,08	7,44	6,55	59,64
SE	17,87	14,91	124,70	19,04	16,27	137,94	20,36	17,21	145,44	21,79	19,29	169,68	19,95	18,36	174,49
TOTAL	42,84	35,69	264,06	45,66	40,60	286,67	45,61	39,87	303,72	49,32	43,42	331,33	41,16	35,65	327,63

Ano	2016			2017			2018			2019			2020		
Região	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM
CO	1,99	0,99	13,31	1,92	0,93	10,96	3,10	1,75	5,47	1,65	1,70	10,72	1,70	1,46	14,92
N	1,45	1,41	18,24	4,05	4,44	17,73	3,34	3,25	19,68	1,69	2,27	16,43	1,73	1,81	24,87
NE	7,85	6,63	60,36	7,30	5,73	52,74	7,67	6,77	59,12	6,75	6,61	54,84	7,15	6,84	53,00
S	7,41	6,64	61,64	7,46	6,76	62,23	7,37	7,16	69,92	9,39	8,94	75,88	9,60	9,87	89,64
SE	18,54	16,69	154,25	17,12	15,61	156,00	15,66	13,46	153,37	22,07	19,82	177,28	17,01	15,35	191,15
TOTAL	37,24	32,36	307,80	37,85	33,47	299,66	37,14	32,39	307,56	41,55	39,34	335,15	37,19	35,33	373,58

Fonte: (AMB)

Figura 1. Produção bruta ROM e comercializada de argilas de 2011 a 2020 por região geográfica brasileira.

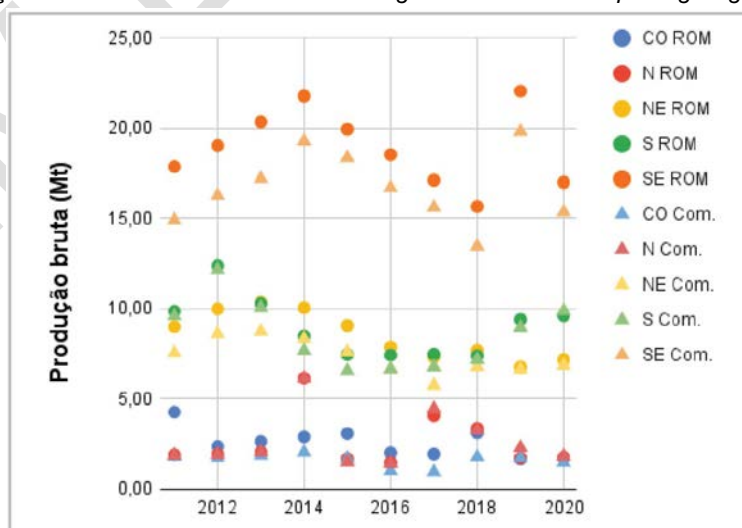


Figura 2. VPM bruta de argilas de 2011 a 2020 por região geográfica brasileira.

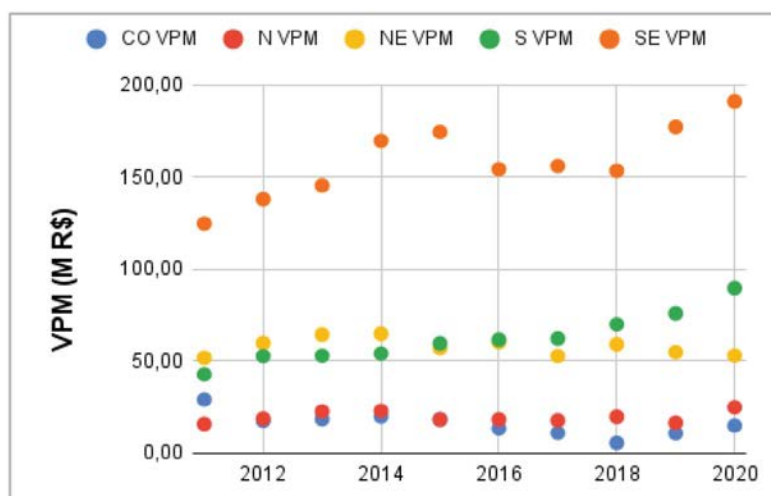


Tabela 2. Produção brasileira beneficiada produzida e comercializada e VPM de argilas, desde 2010 até 2020, segmentada pelas cinco regiões geográficas do país.

Produção beneficiada - produzida e comercializada (Mt) e VPM (M R\$)															
Ano	2011			2012			2013			2014			2015		
Variável	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM
CO	2,72	2,66	23,95	0,90	0,90	45,04	1,25	1,24	48,89	0,93	0,91	44,51	1,57	1,56	47,85
N	0,02	0,02	1,67	0,00	0,00	0,90	0,02	0,02	0,70	0,02	0,02	0,58	0,45	0,41	4,46
NE	1,83	1,80	157,08	9,23	9,23	163,89	9,40	9,41	193,04	1,79	1,78	193,50	1,24	1,29	223,28
S	11,33	9,97	4,43	3,14	4,48	2,68	0,11	0,11	7,04	0,85	0,85	12,42	0,75	0,75	12,56
SE	3,04	3,17	52,25	3,29	3,30	68,57	3,38	3,37	59,28	3,20	3,18	69,31	3,11	3,06	76,25
TOTAL	18,94	17,62	239,38	16,56	17,91	281,08	14,16	14,15	308,95	6,79	6,74	320,32	7,12	7,07	364,40
Ano	2016			2017			2018			2019			2020		
Variável	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM
CO	1,20	1,18	42,58	1,23	1,22	34,51	2,46	3,55	17,79	0,75	0,81	46,13	0,61	0,64	56,25
N	0,04	0,04	1,36	0,06	0,17	3,21	0,15	0,17	4,12	0,15	0,98	1,61	0,03	0,03	0,75
NE	1,06	1,07	224,21	1,04	1,17	224,54	9,97	10,01	263,93	0,70	0,71	233,92	0,74	0,70	179,24
S	0,19	0,18	9,62	0,21	0,21	11,25	0,38	0,44	15,20	0,59	0,37	18,50	0,71	0,71	15,56
SE	2,88	2,89	91,37	2,45	2,48	90,37	2,81	2,85	106,47	2,51	2,51	113,90	2,73	2,77	108,36
TOTAL	5,37	5,36	369,14	4,99	5,25	363,88	15,77	17,02	407,51	4,70	5,38	414,06	4,82	4,85	360,16

Fonte: (Sistema AMBWeb)

Figura 3. Produção beneficiada produzida e comercializada de argilas de 2011 a 2020 por região geográfica brasileira.

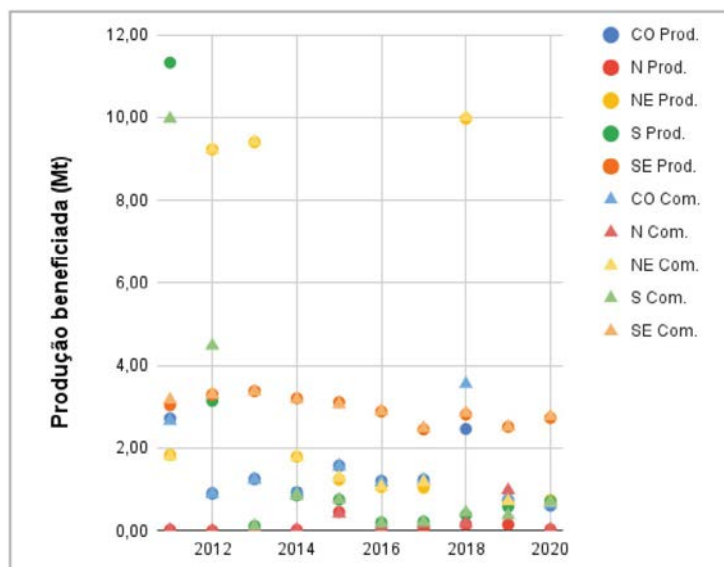
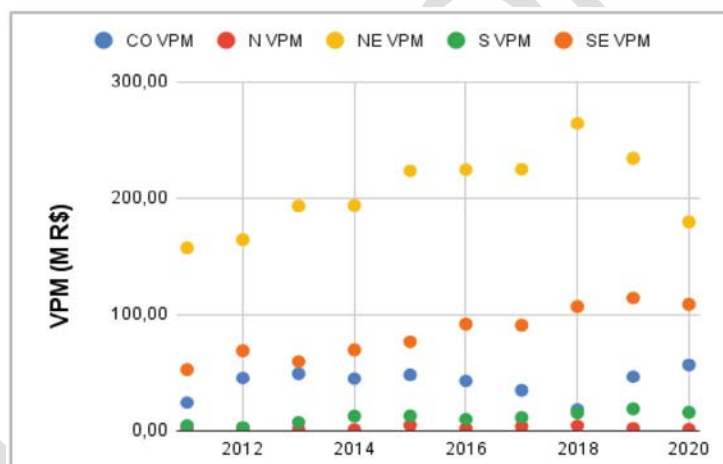


Figura 4. VPM beneficiada de argilas de 2011 a 2020 por região geográfica brasileira.



Os valores de produção bruta ROM e comercializada de argilas no Brasil diminuíram 13,19% e 1,01% ao longo da década, respectivamente. Já o VPM bruta aumentou 41,48% de 2011 a 2020. A região Sudeste concentrou mais de 41% dos totais nacionais em todas as três variáveis, ao longo da década. De maneira geral, os valores de produção bruta ROM e comercializada em cada região e ano foram próximos, sendo a produção bruta comercializada um pouco menor do que a produção bruta ROM, de 2011 a 2020.

Por sua vez, os valores de produção beneficiada produzida e comercializada de argilas no Brasil diminuíram 74,55% e 72,47% ao longo da década, respectivamente.

O VPM beneficiada aumentou 50,46% de 2011 a 2020. Em 2011, a região Sul respondeu por 59,82% da produção beneficiada produzida nacional e por 56,58% do total de produção beneficiada comercializada no país; em 2020, foi a região Sudeste que concentrou 56,64% e 57,11% dos totais nacionais de produção beneficiada produzida e comercializada, respectivamente. Paradoxalmente, a região Nordeste respondeu por mais de 49% do VPM beneficiada tanto no início quanto ao final da década, embora sua participação nos totais nacionais de produção beneficiada produzida e comercializada não tenha ultrapassado 15,35% em nenhum dos dois momentos. Não foi possível observar uma tendência inter-regional clara ao longo da década, mas em geral os valores de produção beneficiada produzida e comercializada foram próximos em cada região e ano, de 2011 a 2020.

2.3.2.2.3. Polos produtivos de argila

Tomando como base o ano de 2020, a produção bruta (ROM e comercializada) de argila concentra-se nas regiões Sul e Sudeste, que responderam por 45,74% e 25,81% da produção bruta ROM e 43,45% e 27,94% da produção bruta comercializada, respectivamente. Já a produção beneficiada (produzida e comercializada) concentra-se na região Sudeste, que respondeu por 56,64% da quantidade beneficiada produzida em 2020 - seguida pelas regiões Nordeste e Sul com 15,35% e 14,73%, respectivamente - e por 57,11% da produção beneficiada comercializada, seguida pelas regiões Sul e Nordeste com 14,64% e 14,43%, respectivamente (AMB, 202-; Sistema AMBWeb, 202-).

Dada a predominância de pequenas e médias empresas no setor de argilas, deve-se considerar a constituição de um Programas de Desenvolvimento Setorial visando promover a capacitação tecnológica, gerencial e financeira dos polos produtores de argilas, com consequente melhoria de seus padrões de competitividade e de sustentabilidade. Tal medida de ação deverá utilizar a abordagem de APLs (Arranjos Produtivos Locais).

No caso de pequenos e micro empreendimentos produtores de argila, é desejável conceber mecanismo de financiamento associado à capacitação e desenvolvimento tecnológico e gerencial, associado à concepção e implementação de um programa de treinamento itinerante, voltado a atender os principais polos produtores de argila do país.

2.3.2.2.4. Consumo energético

A principal fonte energética utilizada nas operações de extração de argila, tanto em minas cativas (micro empreendimentos) quanto em minerações de pequeno e médio porte, é o óleo diesel, como combustível de equipamentos como escavadeiras-carregadeiras, retro-escavadeiras, pás-carregadeiras, caminhões e tratores (MME, 2009).

Como consequência, as emissões de dióxido de carbono (CO) correspondem basicamente às da queima de óleo diesel e são estimadas em 2,2 kg CO/ t de argila em minas cativas e 1,1 kg CO/ t de argila em minerações de pequeno e médio porte (MME, 2009).

Para redução das emissões de CO₂, cabe registrar o ordenamento territorial que propicie a redução dos raios de deslocamento das argilas e produtos cerâmicos, dos centros produtores aos polos de consumo. Cabe também considerar a adoção de medidas de eficiência energética ao longo de todo o ciclo de extração, processamento, utilização e reutilização/ reprocessamento de materiais cerâmicos.

Existem oportunidades para redução (em bases reais) dos custos de produção e dos preços de comercialização das argilas, mediante principalmente a adoção de medidas de eficiência energética e melhoria dos sistemas de logística de transporte, com simultâneos efeitos de redução da geração de CO₂.

No que se refere aos sistemas de logística de transporte, especial atenção deve ser conferida à adoção de caminhões elétricos e da possível utilização de modais alternativos, de acordo com alternativas porventura disponíveis em determinados contextos regionais.

2.3.2.2.5. Utilização de água

O consumo de água nas operações de extração de argila, baseadas em procedimentos de escavação mecânica a seco, é muito baixo. Seu uso restringe-se aos empreendimentos mais bem estruturados na umidificação das vias não-pavimentadas situadas no interior e nos acessos, para abatimento de partículas em suspensão (poeira) (MME, 2009).

2.3.2.2.6. Geração de resíduos minerais

A geração de resíduos pelas operações de extração de argila é pouco significativa; na verdade, o setor de argila absorve resíduos de outros segmentos, conforme destacado nos “Estudos para elaboração do Plano Duodecenal (2010 - 2030) de Geologia, Mineração e Transformação Mineral” (MME, 2009):

“(...) tendência tecnológica importante verificada nos últimos anos é a incorporação de resíduos nas massas de cerâmica vermelha. O sucesso desse processo de agregação de resíduos pode resultar em ganhos, tanto de natureza ambiental, possibilitando o uso de materiais com problemas de destinação, como também econômicos, para os fornecedores de resíduos e a indústria cerâmica consumidora.

Há uma série de resíduos minerais com possibilidades de serem agregados às massas cerâmicas, como por exemplo os rejeitos de serragem de rochas para revestimento e os finos de mineração (brita e areia para construção civil). De maneira geral, são materiais inertes e podem ser incorporados em quantidades definidas por parâmetros tecnológicos. Outros resíduos com aplicação em desenvolvimento correspondem aos detritos de natureza essencialmente orgânica, como os sólidos finos derivados de biomassa (palha de arroz, casca e caroço de oleaginosas), borras de óleo mineral e finos de carvão vegetal e mineral, cujos ganhos estão relacionados, mormente, à economia do combustível principal. Dependendo da composição mineralógica e química, essas substâncias são misturadas às argilas em determinadas proporções (5 a 20%, por exemplo), de forma que não haja prejuízos no processo cerâmico e na qualidade dos produtos (CABRAL JUNIOR et al., 2009).”

2.3.2.2.7. Consumo de argila

Segundo artigo de 2018, a produção mundial de argilas supera um bilhão de toneladas métricas por ano (Earth, 2018). Considerando a população mundial à época, de 7,509 bilhões (Banco Mundial apud Google, 2022), pode-se inferir que o consumo anual de argilas no mundo é maior do que 0,133 t/habitante. No Brasil, no entanto, este número chega a aproximadamente 0,185 t/habitante, o que provavelmente reflete o fato de que a construção civil nacional tem uso intenso de produtos à base de argila, em contraposição a países que apresentam grandes usos de madeira e materiais sintéticos.

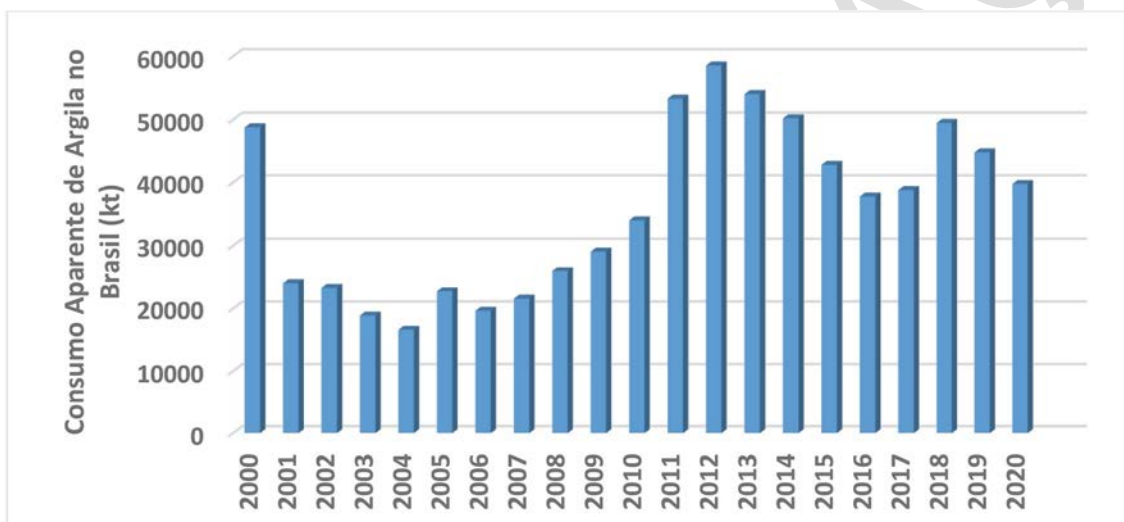
A Tabela 3 e a Figura 5 apresentam dados de consumo aparente de argila no Brasil de 2000 a 2020. O consumo aparente corresponde à soma da produção com as importações, subtraídas as exportações.

Tabela 3. Consumo aparente de argila no Brasil, desde 2000 até 2020.

Consumo aparente de argila no Brasil (kt)											
Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
TOTAL	48.770	23.976	23.235	18.876	16.608	22.711	19.627	21.552	25.934	29.059	34.001
Ano	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
TOTAL	53.306	58.524	54.016	50.204	42.740	37.765	38.773	49.466	44.724	39.734	

Fontes: 2020 (DNPM, 2001; DNPM, 2002; DNPM, 2003; DNPM, 2004; DNPM, 2005; DNPM, 2006; DNPM, 2011a; DNPM, 2011b; DNPM, 2011c; DNPM, 2011d, PNM2050 Análise Síntese da Argila).

Figura 5. Consumo aparente de argila no Brasil, desde 2000 até 2020.



Fontes: 2020 (DNPM, 2001; DNPM, 2002; DNPM, 2003; DNPM, 2004; DNPM, 2005; DNPM, 2006; DNPM, 2011a; DNPM, 2011b; DNPM, 2011c; DNPM, 2011d, PNM2050 Análise Síntese da Argila).

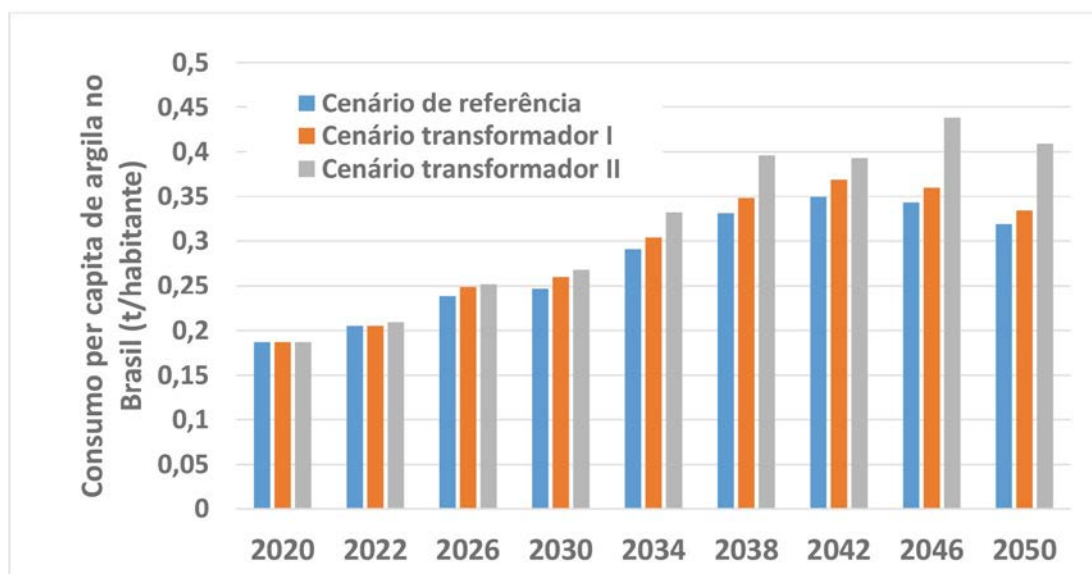
De 2000 para 2001, o consumo aparente de argilas no Brasil caiu impressionantes 50,84%, provavelmente associado à importação de bens acabados à base de argila, principalmente revestimentos e pisos. O consumo aparente do ano 2000 somente foi superado em 2011, atingindo um pico em 2012; de 2001 a 2012 o crescimento foi de 144,09%, equivalente a uma taxa anual composta (CAGR, do inglês *compound annual growth rate*) de 8,45%, embora fases de aumento e diminuição do consumo aparente tenham se alternado no período. De 2012 a 2020 também houve fases de queda e elevação do consumo aparente, mas o resultado agregado foi de retração de 32,11% (CAGR de -4,73%). Em relação ao ano 2000, o consumo aparente de 2020 foi 18,53% menor, equivalente a CAGR de -1,02%.

Do passado para o futuro, a Tabela 4 e a Figura 6 apresentam projeções para o consumo per capita de argila no Brasil de 2022 a 2050, segundo três cenários de evolução. Como trata-se de um bem mineral associado à construção civil, as tendências adotadas acompanharam as do cimento. Para o cenário de referência definido pelo IPEA (2022), as projeções foram calculadas tomando como referência a Variante de Baixa Demanda do *Roadmap tecnológico do cimento: potencial de redução das emissões de carbono da indústria do cimento brasileira até 2050* (SNIC, 2019), aplicando as taxas de crescimento associadas à produção de cimento nesse contexto ao consumo nacional de argila, a partir de 2020, e dividindo o número obtido para cada ano pela respectiva projeção para a população brasileira (IPEA, 2022). Para o cenário transformador (IPEA, 2022), foram adotadas duas estratégias: (i) ajustar o consumo projetado na situação anterior pelo excesso de crescimento anual do PIB no cenário transformador em relação ao cenário de referência (Cenário transformador I); e (ii) calcular as projeções de consumo tomando como referência a Variante de Alta Demanda de cimento (SNIC, 2019), aplicando as taxas de crescimento associadas à produção de cimento nesse contexto, ao consumo nacional de argila, a partir de 2020, e dividindo o número obtido para cada ano pela respectiva projeção para a população brasileira (IPEA, 2022) (Cenário transformador II).

Tabela 4. Projeções calculadas para o consumo per capita de argila no Brasil, até 2050, considerando três cenários de evolução (IPEA, 2022; SNIC, 2019).

Projeções do consumo per capita de argila no Brasil (t/ hab)									
Ano	2020	2022	2026	2030	2034	2038	2042	2046	2050
Cenário de referência	0,187	0,205	0,238	0,247	0,291	0,331	0,350	0,343	0,319
Cenário transformador I	0,187	0,205	0,249	0,260	0,304	0,348	0,369	0,360	0,334
Cenário transformador II	0,187	0,209	0,252	0,268	0,332	0,396	0,393	0,438	0,409

Figura 6. Projeções calculadas para o consumo per capita de argila no Brasil, até 2050, considerando três cenários de evolução (IPEA, 2022; SNIC, 2019).



As projeções calculadas para o cenário de referência sugerem crescimento de 32,12% para o consumo per capita de argila de 2020 a 2030 e de 42,01% de 2030 a 2042; posteriormente, a expectativa é de retração do consumo per capita em 9,05% de 2042 a 2050. Já para o cenário transformador I, projeta-se crescimento de 39,26% do consumo per capita de argila de 2020 a 2030 e de 41,79% de 2030 a 2042, e retração de 9,40% de 2042 a 2050. Finalmente, as projeções calculadas para o cenário transformador II estipulam crescimento de 43,61% do consumo per capita de argila de 2020 a 2030 e de 63,34% de 2030 a 2046. Posteriormente, a expectativa é de retração de 6,68% de 2046 a 2050. Tais tendências são corroboradas pelas premissas adotadas no “*Roadmap tecnológico do Cimento:...*” (SNIC, 2019):

“Alguns fatores foram levados em conta para a projeção de cimento: o crescimento populacional, as grandes deficiências em infraestrutura, o elevado déficit habitacional e os avanços tecnológicos.

Com relação à projeção demográfica, estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)³³ [“Projeção da População do Brasil por Sexo e Idade para o Período 2000-2060”. IBGE, 2013.] apontam para um crescimento populacional até 2040, seguido de estabilização e queda prevista a partir de 2050.

Estradas, pontes, portos, aeroportos, geração e distribuição de energia elétrica e redes de saneamento e abastecimento de água, entre diversos outros tipos de obra, demandarão cimento em sua construção. Uma vez construída esta

infraestrutura, haverá moderação no crescimento da demanda pelo material, ainda que sua manutenção tenda a manter o consumo em níveis elevados.

No que diz respeito a habitações, espera-se que com o crescimento esperado da renda e sob a hipótese da persistência de políticas habitacionais ativas ocorra a eliminação ou pelo menos uma diminuição significativa deste déficit, o que igualmente impulsionaria o consumo de cimento por alguns anos, seguindo-se então um período de moderação no consumo para uso na construção residencial.

Finalmente, no longo prazo, avanços tecnológicos e técnicas mais modernas de construção tendem a aumentar a eficiência no uso do material, acarretando uma menor demanda de cimento para um mesmo número de edificações.

Todos estes fatores apontam na direção de uma redução, a partir de algum momento no horizonte de projeção, na intensidade da relação de longo prazo entre a renda do país, medida pelo PIB [Produto Interno Bruto], e o consumo de cimento. Este efeito foi incluído no modelo estimado.

A análise dos resultados obtidos indica um crescimento significativo da demanda por cimento no Brasil entre 2016 e 2050 tanto no cenário de alta quanto de baixa demanda. Projeta-se que o consumo deva crescer com força até início da década de 2040 para, a partir de então, desacelerar, até que haja redução de demanda a partir de 2045.”

2.3.2.2.8. Produção de argila desde 2000 e projeções até 2050

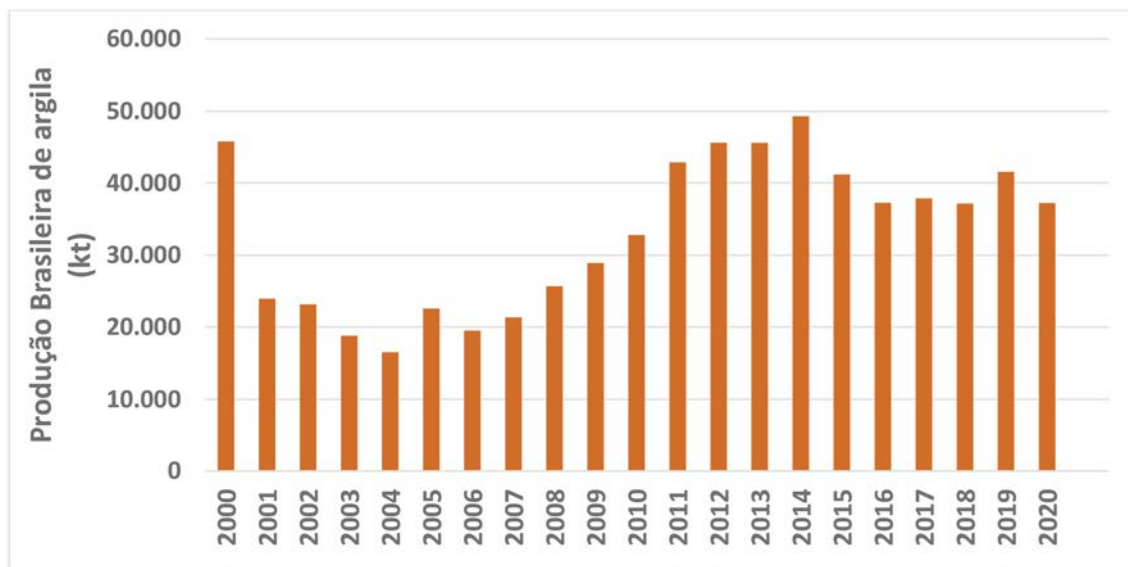
A Tabela 5 e a Figura 7 apresentam dados de produção de argila no Brasil de 2000 a 2020.

Tabela 5. Produção brasileira de argila, desde 2000 até 2020.

Produção brasileira de argila (kt)											
Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
TOTAL	45.825	23.900	23.139	18.782	16.495	22.545	19.494	21.338	25.721	28.941	32.810
Ano	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
TOTAL	42.841	45.648	45.612	49.315	41.172	37.231	37.854	37.140	41.552	37.213	

Fontes: DNPM, 2001; DNPM, 2002; DNPM, 2003?; DNPM, 2004; DNPM, 2005; DNPM, 2006; DNPM, 2011a; DNPM, 2011b; DNPM, 2011c; DNPM, 2011d; AMB.

Figura 7. Produção brasileira de argila, desde 2000 até 2020



Fontes: DNPM, 2001; DNPM, 2002; DNPM, 2003?; DNPM, 2004; DNPM, 2005; DNPM, 2006; DNPM, 2011a; DNPM, 2011b; DNPM, 2011c; DNPM, 2011d; AMB.

De 2000 para 2001, a produção brasileira de argilas caiu impressionantes 47,85%, acompanhando as tendências do consumo, pelas possíveis razões mencionadas na seção anterior. É importante notar que, embora vários produtos acabados à base de argila sejam itens de exportação, o mesmo não acontece com a matéria prima, que tende a apresentar baixo valor agregado, implicando sua inviabilidade frente aos custos de transporte de mercado internacional e mesmo de mercado nacional, para grandes distâncias até o processador final. A quantidade produzida correspondente ao ano 2000 somente foi superada em 2014; de 2001 a 2014 o crescimento foi de 106,34%, equivalente a uma taxa anual composta (CAGR, do inglês *compound annual growth rate*) de 5,73%, embora fases de aumento e diminuição da produção tenham se alternado no período. De 2014 a 2020 também houve fases de queda e elevação da produção, mas o resultado agregado foi de retração de 24,54% (CAGR de -4,58%). Em relação ao ano 2000, a produção de 2020 foi 18,79% menor, equivalente a CAGR de -1,04%, resultados que acompanham o consumo nacional.

Do passado para o futuro, a Tabela 6 e a figura 8 apresentam projeções para a produção de argila no Brasil de 2022 a 2050, segundo os três cenários de evolução, de metodologia descrita na seção anterior, uma vez que o consumo e a produção de argila praticamente se equivalem, no Brasil. Nos três cenários, da associação da produção de argila com a construção civil, foram aplicadas

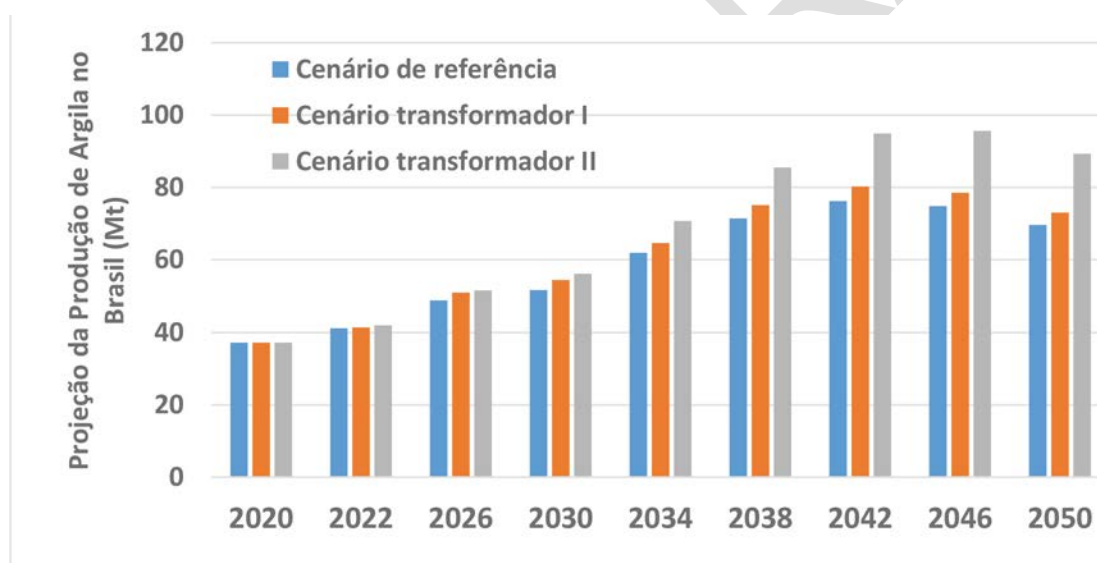
as taxas de crescimento antevistas para a produção de cimento, à produção nacional de argila, a partir de 2020.

Tabela 6. Projeções calculadas para a produção de argila no Brasil, até 2050, considerando três cenários de evolução.

Projeções da Produção de Argila no Brasil (Mt)									
Ano	2020	2022	2026	2030	2034	2038	2042	2046	2050
Cenário de referência	37,2	41,2	48,7	51,6	61,9	71,4	76,2	74,8	69,6
Cenário transformador I	37,2	41,4	50,9	54,4	64,6	75,1	80,2	78,5	73,0
Cenário transformador II	37,2	42,0	51,5	56,1	70,7	85,5	94,9	95,6	89,3

Fontes: IPEA, 2022; SNIC, 2019.

Figura 8. Projeções calculadas para a produção de argila no Brasil, até 2050, considerando três cenários de evolução.



Fontes: IPEA, 2022; SNIC, 2019.

As projeções calculadas para o cenário de referência sugerem crescimento de 38,71% para a produção de argila de 2020 a 2030 e de 47,67% de 2030 a 2042; posteriormente, a expectativa é de retração da produção em 8,66% de 2042 a 2050. Já para o cenário transformador I, projeta-se crescimento de 46,21% da produção de argila de 2020 a 2030 e de 47,44% de 2030 a 2042, e retração de 9,01% de 2042 a 2050. Finalmente, as projeções calculadas para o cenário transformador II estipulam crescimento de 50,77% da produção de argila de 2020 a 2030 e de 70,51% de 2030 a 2046. Posteriormente, a expectativa é de retração

de 6,64% de 2046 a 2050. Tais tendências são semelhantes às aplicadas para o consumo, conforme detalhamento na seção anterior.

Assim como o Brasil, outros países emergentes também devem ampliar sua produção de argila visando endereçar deficiências de infraestrutura e déficits habitacionais. Mesmo em países desenvolvidos, a tendência também parece ser de crescimento da produção, com a renovação de sistemas de infraestrutura envelhecidos. Nos Estados Unidos da América (EUA), em particular, o *Infrastructure Investment and Jobs Act*, também conhecido como *Bipartisan Infrastructure Law* (BIL), prevê financiamento público superior a um trilhão de dólares estadunidenses para diferentes iniciativas, sendo uma das principais a renovação do sistema hídrico norte-americano (McKinsey & Company, 2022).

É importante assinalar a existência de intensa demanda reprimida de habitações no país. A reversão desta crítica situação exigirá um intenso programa de habitação popular, com correspondentes obras de infraestrutura e consequente elevação dos atuais índices de consumo per capita de argila.

2.3.2.2.9. Tecnologia das operações de extração de argila

O padrão tecnológico das operações de extração de argila e preparação da massa cerâmica descrito nos “Estudos para elaboração do Plano Duodecenal (2010 - 2030) de Geologia, Mineração e Transformação Mineral” permanece dominante (MME, 2009; Junior et al., 2019).

As Figuras 9 e 10 apresentam, respectivamente, fluxogramas simplificados das rotas tecnológicas predominantes e alternativas na extração de argila e da rota tecnológica predominante na preparação da massa cerâmica. A extração de argila ocorre em meia encosta ou planície aluvionar. A rota predominante inicia-se, se necessário, ou seja, quando há compactação entre minério e capeamento, pelo desmonte por explosivos e segue com a escavação do depósito, carregamento e transporte à indústria cerâmica. De maneira alternativa, pode-se formar pilhas para secagem e sazonalamento da argila, antes do carregamento e transporte à cerâmica. A preparação da matéria-prima cerâmica, por sua vez, inicia-se pela recepção do carregamento no pátio da unidade de processamento e segue com a sua estocagem, homogeneização e composição de misturas (no pátio, em bateladas por proporção volumétrica, ou por interestratificação de diferentes argilas), sazonalamento e alimentação do extrusor.

Figura 9. Fluxograma simplificado das rotas tecnológicas predominante e alternativa na extração de argila.

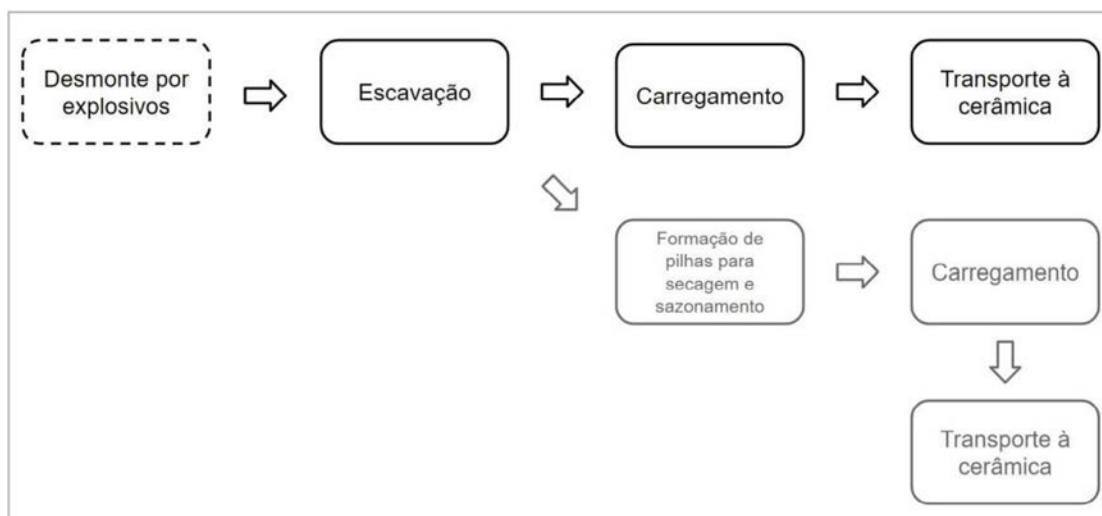
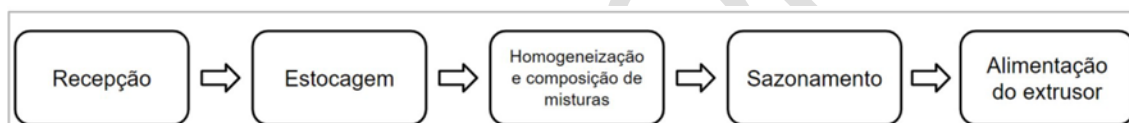


Figura 10. Fluxograma simplificado da rota tecnológica predominante na preparação da matéria-prima cerâmica.



Os arranjos produtivos conhecidos como lavras cooperativas de ceramistas ou mineradoras comuns e centrais de massa cerâmica são alicerces importantes para o desenvolvimento dessa indústria. As lavras cooperativas de ceramistas apresentam-se como solução para alcançar produção otimizada (ganho de escala), com melhor controle de qualidade e controle e recuperação das áreas mineradas, e facilitar a regularização das jazidas. As centrais de massa cerâmica, por sua vez, avançam nas etapas de preparação de misturas balanceadas para os diferentes processos e produtos cerâmicos, aperfeiçoando o controle de qualidade das matérias-primas e contribuindo para a simplificação e especialização das plantas industriais das cerâmicas.

Em relação aos impactos ambientais gerados por essas atividades, eles são em geral limitados, comparativamente a outras atividades minerais. Um dos problemas que se destaca é a aglomeração de empreendimentos, muitas vezes precários e ilegais, em certas regiões, provocando impacto cumulativo considerável (desmatamento, assoreamento de drenagem, formação de

pequenos lagos, pilhas abandonadas de argila e de material estéril e taludes expostos sujeitos à erosão).

Os principais tipos de resíduos gerados são solos e estéreis arenosos. Em função do baixo valor do minério argiloso, são lavradas jazidas com baixa relação estéril/minério, geralmente inferior a 0,25. Estéreis comuns podem ser usados para pavimentação de acessos internos na mina e reafeição do relevo das áreas impactadas pela mineração, em trabalhos de estabilização e preenchimentos de cavas já lavradas, enquanto arenosos mais puros (ou purificados por hidrociclonagem) podem ser comercializados como agregado para construção civil ou areia industrial.

Dentre as tecnologias que podem ser empregadas para redução dos danos ambientais, incluem-se: restrição da remoção da vegetação ao mínimo necessário; instalação de sistema de drenagem das águas pluviais nas frentes de lavra e nos pátios de estocagem de forma a conduzi-las para tanques de decantação antes da liberação para o meio externo; instalação de barreira vegetal nos entornos da cava e do pátio de estocagem e aspersão de água sobre os acessos não-pavimentados situados no interior e no acesso ao empreendimento, para o controle de poeira; e estabilização de taludes marginais por meio de suavização dos cortes e drenos adequados (MME, 2009; Junior et al., 2019)..

Após o aproveitamento das áreas escavadas para retirada da argila, deve ser feita a deposição de material não contaminante na praça da frente de lavra, tomando cuidado para não contaminar aquíferos subterrâneos que porventura estejam localizados abaixo da área minerada. Além disso, uma boa prática na recuperação ambiental da área é o nivelamento, aplainamento e revegetação com espécies nativas do terreno, objetivando o retorno da topografia original do local.

Por fim, inovações tecnológicas relevantes iniciadas ou intensificadas na década de 2010 são o uso de softwares e de drones ou veículos aéreos não tripulados (VANTS) em diferentes atividades mineiras. Softwares podem ser usados, por exemplo, para gerenciamento e otimização da operação de mina com suporte a controle de qualidade, otimização da frota e controle de manutenção, aspectos com gestão ainda incipiente em muitas operações de exploração de argila (RajaMine, 2021).

Drones, por sua vez, permitem captura e armazenamento de grandes quantidades de dados de maneira eficiente e confiável, mesmo em locais de difícil acesso humano, aumentando a segurança das operações mineiras (OrtoPixel, 2021). Para quaisquer casos de implementação de avanços tecnológicos, faz-se, no entanto, necessária a extensa formação da mão de obra do setor, ainda pouco qualificada, se comparada à dos grandes atores do setor mineral.

Lista de referências:

Anuário Mineral Brasileiro (AMB) - Produção bruta (202-). Disponível em: <https://app.powerbi.com/w?r=eyJrIjoiaZTRkNjI3MWEtMGI3My00ZTgzLWlyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2liwidCI6ImEzMdGZTlXLTc0OWltNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a>. Acesso em: 06 mai. 2022.

Banco Central do Brasil (BCB). Calculadora do cidadão - Correção de valores. Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAO/publico/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores>. Acesso em: 17 mai. 2022.

Banco Mundial apud Google (2022). População mundial 2017. Disponível em: https://www.google.com/search?q=popula%C3%A7%C3%A3o+mundial+2017&rlz=1C1SQJL_pt-BRBR804BR804&oq=popula%C3%A7%C3%A3o+mundial+2017&aqs=chrome..69i57j0i22i30j0i15i22i30.4691j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8. Acesso em: 17 mai. 2022.

Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES) (2017). Desafios da mineração: desenvolvimento e inovação para redução dos impactos ambientais e sociais. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/inovacao-tecnologia-mineracao-metais>. Acesso em: 26 mai. 2022.

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (2001). Anuário Mineral Brasileiro 2001. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/anuario-mineral-brasileiro-2001>. Acesso em: 16 mai. 2022.

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (2002). Anuário Mineral Brasileiro 2002. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/anuario-mineral-brasileiro-2002>. Acesso em: 16 mai. 2022.

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (2003?). Anuário Mineral Brasileiro 2003. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/anuario-mineral-brasileiro-2003>. Acesso em: 16 mai. 2022.

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (2004). Anuário Mineral Brasileiro 2004. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/anuario-mineral-brasileiro-2004>. Acesso em: 16 mai. 2022.

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (2005). Anuário Mineral Brasileiro 2005. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/anuario-mineral-brasileiro-2005>. Acesso em: 16 mai. 2022.

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (2006). Anuário Mineral Brasileiro 2006. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/anuario-mineral-brasileiro-2006>. Acesso em: 16 mai. 2022.

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (2011a). Anuário Mineral Brasileiro 2007. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/anuario-mineral-brasileiro-2007>. Acesso em: 16 mai. 2022.

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (2011b). Anuário Mineral Brasileiro 2008. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/anuario-mineral-brasileiro-2008>. Acesso em: 16 mai. 2022.

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (2011c). Anuário Mineral Brasileiro 2009. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/anuario-mineral-brasileiro-2009>. Acesso em: 16 mai. 2022.

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (2011d). Anuário Mineral Brasileiro 2010. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/anuario-mineral-brasileiro-2010>. Acesso em: 16 mai.

2022.

Departamento Nacional de Produção Mineral - Superintendência de São Paulo, Divisão de Desenvolvimento da Mineração (DNPM-SP/ DDM) (2012). Disponível em: https://sistemas.anm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=7133. Acesso em: 16 mai. 2022.

Earth - The Science Behind the Headlines (2018). Mineral Resource of the Month: Clay Minerals. Disponível em: <https://www.earthmagazine.org/article/mineral-resource-month-clay-minerals/>. Acesso em: 17 mai. 2022.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) (2022). Cenários Macroeconômicos para o Setor Mineral Brasileiro.

Junior, M. C.; De Azevedo, P. B. M. (2017). Potencial Técnico e Econômico do Aproveitamento de Resíduos da Indústria de Cerâmica Vermelha. *Cerâmica Industrial*, 22(3), 29-38. Disponível em: <https://www.ceramicaindustrial.org.br/article/10.4322/cerind.2017.017/pdf/ci-22-3-29.pdf>. Acesso em: 17 mai. 2022.

Junior, M. C.; De Azevedo, P. B. M.; Cuchierato, G.; Motta, J. F. M. (2019). Estudo Estratégico da Cadeia Produtiva da Indústria Cerâmica no Estado de São Paulo: Parte I – Introdução e a Indústria de Cerâmica Vermelha. *Cerâmica Industrial*, 24(1), 20-34. Disponível em: <https://www.ceramicaindustrial.org.br/article/10.4322/cerind.2019.003/pdf/ci-24-1-20.pdf>. Acesso em: 27 mai. 2022.

McKinsey & Company (2022). The US Bipartisan Infrastructure Law: Reinvesting in water. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/industries/public-and-social-sector/our-insights/the-us-bipartisan-infrastructure-law-reinvesting-in-water?cid=other-eml-alt-mip-mck&hdpid=f3b5d99d-55a4-4b25-bec0-22951fa534ad&hctky=12239123&hlk-id=e7d8b5b7bd544edab9c8206498523ad9>. Acesso em: 05 mai. 2022.

Ministério de Minas e Energia (MME) (2009). Relatório Técnico 32 - Perfil da Argila. Disponível em: https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/relatorios-de-apoio-ao-pnm-2030-projeto-estal-1/a-mineracao-brasileira/documentos/p23_rt32_perfil_da_argila.pdf/view. Acesso em: 27 mai. 2022.

OrtoPixel (2021). Uso de drone na mineração: conheça as possibilidades. Disponível em: <https://ortopixel.com.br/uso-de-drone-na-mineracao-conheca-as-possibilidades/#:~:text=Atualmente%2C%20o%20uso%20de%20drone,mapear%20metais%20preciosos%20ou%20minerais>. Acesso em: 25 mai. 2022.

RajaMine (2021). Solução de Despacho / Parte Diária, Disponível em: https://rajamine.com/solucao-de-despacho-parte-diaria?gclid=CjwKCAjwryUBhBSEiwAGN5OCFA0xW__mEC0NzZA2WrbdJ2wy1U7HkhftNN_6dUcci8gfBi-

5DLKEBoCGKUQAvD_BwE. Acesso em: 26 mai. 2022.

Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC) (2019). Roadmap tecnológico do cimento: potencial de redução das emissões de carbono da indústria do cimento brasileira até 2050. Disponível em: https://coprocessamento.org.br/wp-content/uploads/2019/11/Roadmap_Tecnologico_Cimento_Brasil_Book-1.pdf. Acesso em: 08 mar. 2022.

Sistema AMBWeb (202-). Planilha complementar - produção beneficiada. Disponível em: <https://app.powerbi.com/w?r=eyJrIjoizTRkNjI3MWEtMGI3My00ZTgzLWlyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2liwidCI6ImEzMDgzZTlxLTc0OVltNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a>. Acesso em: 11 Abr. 2022.

PLANO NACIONAL DE MINERAÇÃO 2050

PNM 2050

ANÁLISE DETALHADA: CALCÁRIO**CADERNO 2: Pesquisa e Produção Mineral**

ANÁLISE DETALHADA: CALCÁRIO.....	974
2.3. Análise Detalhada de Segmentos Selecionados	975
2.3.2. Mercado Doméstico.....	975
2.3.2.3. Calcário	975
2.3.2.3.1. Preço de mercado e análise de tendência.....	975
2.3.2.3.2. Produção e Valor da Produção Mineral	976
2.3.2.3.3. Polos produtivos de calcário.....	980
2.3.2.3.4. Consumo energético	980
2.3.2.3.5. Utilização de água.....	980
2.3.2.3.6. Geração de resíduos minerais.....	981
2.3.2.3.7. Consumo de calcário.....	981
2.3.2.3.8. Produção mineral de calcário desde 2000 e projeções até 2050	985
2.3.2.3.9. Tecnologia das operações de extração de calcário	989

2.3. Análise Detalhada de Segmentos Selecionados

2.3.2. Mercado Doméstico

2.3.2.3. Calcário

Calcário é uma denominação geral para rochas do tipo sedimentar constituídas predominantemente de carbonato de cálcio. Algumas de suas variedades são: o calcário calcítico, com teor de carbonato de magnésio ($MgCO_3$) inferior a 10% e maior teor de cálcio; o calcário magnesiano, com teor de $MgCO_3$ entre 10 e 25%; e o calcário dolomítico, com teor de $MgCO_3$ acima de 25% e baixo teor de cálcio (AgroPós, 2020). Calcários são usados por exemplo na produção de cimento Portland, na produção de óxido de cálcio (cal), na correção do pH do solo para agricultura, na adubação química, como fundente em metalurgia, na fabricação de vidro e como pedra ornamental. É interessante notar que a disponibilidade de jazidas de calcário é um fator determinante para a localização das indústrias de cimento (SNIC, 2019).

2.3.2.3.1. Preço de mercado e análise de tendência

Segundo dados da Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola (ABRACAL) (2022a), o preço médio a granel do calcário agrícola no Brasil em 2021 foi de R\$ 79,00/ t. Esse valor foi obtido pela média dos valores reportados para alguns estados, ponderada pelas respectivas quantidades produzidas (kt). Na região Sul, o preço médio variou de R\$ 41,00/ t no Paraná a R\$ 95,00/ t no Rio Grande do Sul. Já na região Sudeste, o preço médio variou de R\$ 57,61/ t em São Paulo a R\$ 90,21/ t em Minas Gerais. Na região Centro-Oeste, por sua vez, o preço médio variou de R\$ 85,00/ t no Mato Grosso a R\$ 105,00/ t em Goiás. Finalmente, na região Nordeste o preço médio de referência foi de R\$ 70,00/ t no estado da Bahia.

Tanto para o calcário agrícola, quanto para o calcário industrial, a tendência é de aumento da demanda, com a necessidade de substituição parcial de fertilizantes importados, em função por exemplo das questões geopolíticas relacionadas à invasão da Ucrânia pela Rússia, e com a ampliação do uso de fíler calcário na composição do cimento, conforme discutido nas seções 2.3.2.3.8 e 2.3.2.3.9. Tanto o aumento da demanda, quanto outros fatores, como a inflação dos preços

de combustíveis, contribuem para a perspectiva de elevação dos preços do calcário agrícola e industrial (Agromove, 2020).

2.3.2.1.2. Produção e Valor da Produção Mineral

A produção bruta *run of mine* (ROM) e comercializada e o Valor da Produção Mineral (VPM) de calcário no Brasil, a cada ano, desde 2010 até 2020, segmentados pelas cinco regiões geográficas do país, são mostrados na Tabela 1. Do mesmo modo, a produção beneficiada produzida e comercializada e seu VPM são mostrados na Tabela 2. As Figuras 1 a 4 exibem gráficos com essas informações.

Tabela 1. Produção brasileira bruta ROM e comercializada e VPM de calcário, desde 2010 até 2020, segmentada pelas cinco regiões geográficas do país.

Produção bruta - ROM e comercializada (Mt) e VPM (M R\$)															
Ano	2011			2012			2013			2014			2015		
Região	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM
CO	24,11	2,47	29,91	27,71	2,87	38,99	30,06	3,14	47,89	31,46	3,04	56,23	25,66	2,55	63,82
N	6,26	2,81	53,73	6,88	2,27	45,56	6,47	1,97	53,16	6,72	1,96	64,62	6,07	1,42	48,34
NE	17,14	2,82	47,39	17,45	4,82	65,35	18,75	3,10	60,03	18,56	4,39	69,21	18,19	5,03	81,01
S	17,97	2,46	32,78	19,43	1,98	17,54	20,95	3,10	43,92	22,12	3,00	47,93	21,58	3,44	52,46
SE	68,40	7,35	84,57	71,02	8,40	97,48	74,32	9,66	109,35	73,43	12,56	164,25	69,50	18,03	207,06
TOTAL	133,88	17,91	248,38	142,49	20,34	264,92	150,55	20,97	314,35	152,29	24,95	402,24	141,00	30,47	452,69

Ano	2016			2017			2018			2019			2020		
Região	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM	ROM	Com.	VPM
CO	25,47	3,01	82,42	24,18	2,68	86,90	27,26	1,56	39,45	34,10	4,50	79,90	38,62	1,20	47,95
N	5,80	0,86	29,30	6,60	0,80	26,17	6,43	0,38	10,82	7,13	0,58	25,98	9,10	1,69	43,61
NE	18,44	6,24	114,34	17,39	3,51	55,61	18,67	5,07	71,76	19,53	3,00	40,42	21,68	7,73	96,20
S	22,03	4,37	74,26	17,23	4,08	33,64	21,80	4,06	82,06	21,47	5,15	108,32	22,23	5,78	100,35
SE	66,23	15,24	153,67	59,10	15,38	200,17	57,78	12,66	193,97	57,70	15,18	214,27	61,23	18,83	247,70
TOTAL	137,97	29,72	453,99	124,50	26,45	402,49	131,94	23,73	398,06	139,93	28,41	468,89	152,86	35,23	535,81

Fonte: AMB

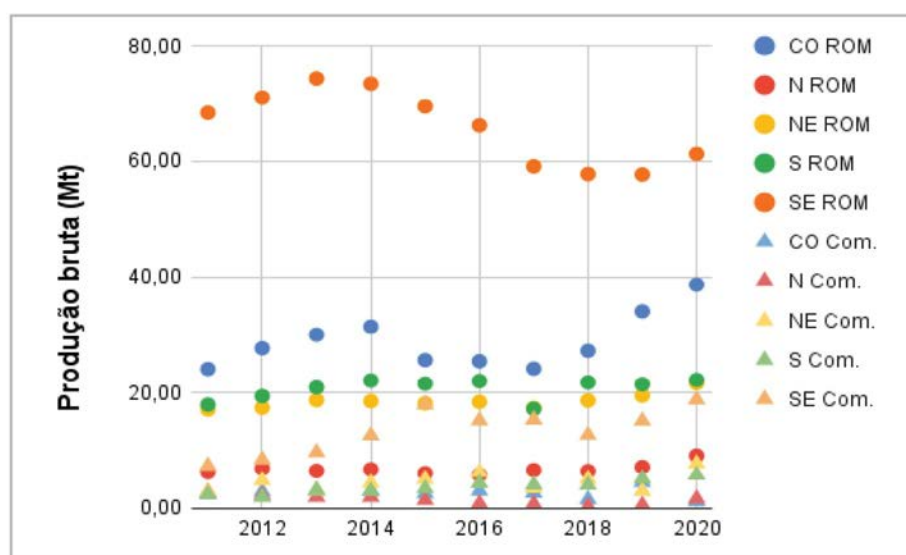


Figura 1. Produção bruta ROM e comercializada de calcário de 2011 a 2020 por região geográfica brasileira.

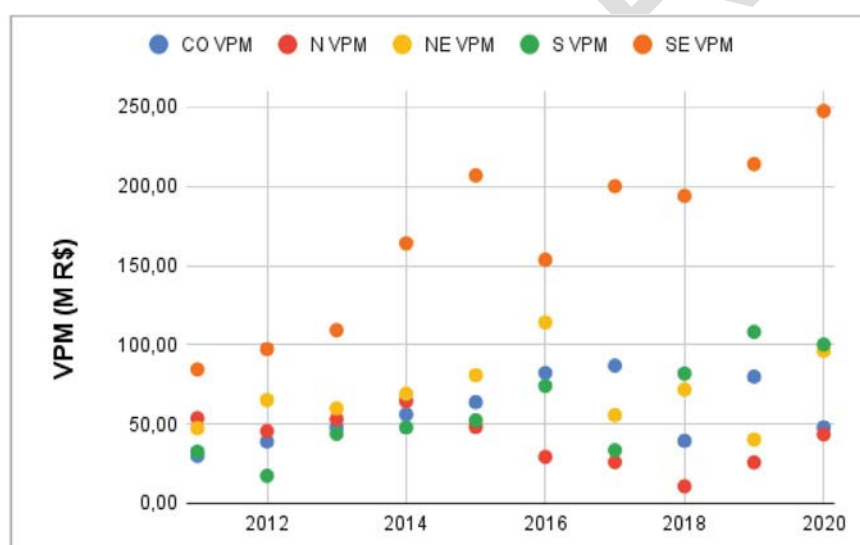


Figura 2. VPM bruta de calcário de 2011 a 2020 por região geográfica brasileira.

Tabela 2. Produção brasileira beneficiada produzida e comercializada e VPM de calcário, desde 2010 até 2020, segmentada pelas cinco regiões geográficas do país.

Produção beneficiada - produzida e comercializada (Mt) e VPM (M R\$)															
Ano	2011			2012			2013			2014			2015		
Região	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM
CO	17,29	17,09	370,62	19,37	19,31	490,25	23,98	23,78	635,14	24,18	23,87	722,87	19,25	19,07	576,45
N	3,15	3,17	72,66	3,97	3,95	86,85	3,95	3,96	112,64	4,09	4,05	128,37	3,89	3,88	134,75
NE	14,47	14,39	206,35	14,31	14,27	210,38	15,20	14,99	235,48	14,30	14,08	257,68	13,72	13,65	285,13
S	16,09	16,12	240,57	18,38	18,38	302,10	18,36	18,41	331,55	20,75	20,67	410,62	18,45	18,34	382,38
SE	63,64	62,90	1.091,07	59,27	58,79	1.032,90	66,62	63,72	1.160,78	63,01	60,73	1.102,11	59,20	55,37	1.063,06
TOTAL	114,64	113,67	1.981,27	115,30	114,70	2.122,48	128,11	124,86	2.475,59	126,33	123,40	2.621,65	114,51	110,31	2.441,77
Ano	2016			2017			2018			2019			2020		
Região	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM	Prod.	Com.	VPM
CO	18,69	18,51	613,23	19,90	19,93	845,67	22,98	23,06	992,13	29,04	28,11	1.228,91	38,08	38,29	1.699,59
N	4,04	4,02	152,94	5,03	4,86	180,35	6,76	6,56	246,46	7,00	6,76	273,27	8,25	8,27	364,54
NE	14,02	13,87	311,21	13,73	13,60	298,70	15,43	15,13	392,13	15,94	15,92	434,93	15,52	15,17	426,77
S	18,34	18,33	410,71	16,14	16,12	413,22	18,06	17,99	471,44	18,05	17,98	519,59	17,52	17,50	466,06
SE	50,37	47,63	1.111,63	49,09	47,81	1.050,46	47,34	47,89	1.189,03	44,19	44,51	1.153,03	51,50	52,12	1.377,87
TOTAL	105,46	102,36	2.599,72	103,89	102,32	2.788,40	110,57	110,63	3.291,19	114,22	113,28	3.609,73	130,87	131,35	4.334,83

Fonte: Sistema AMBWeb

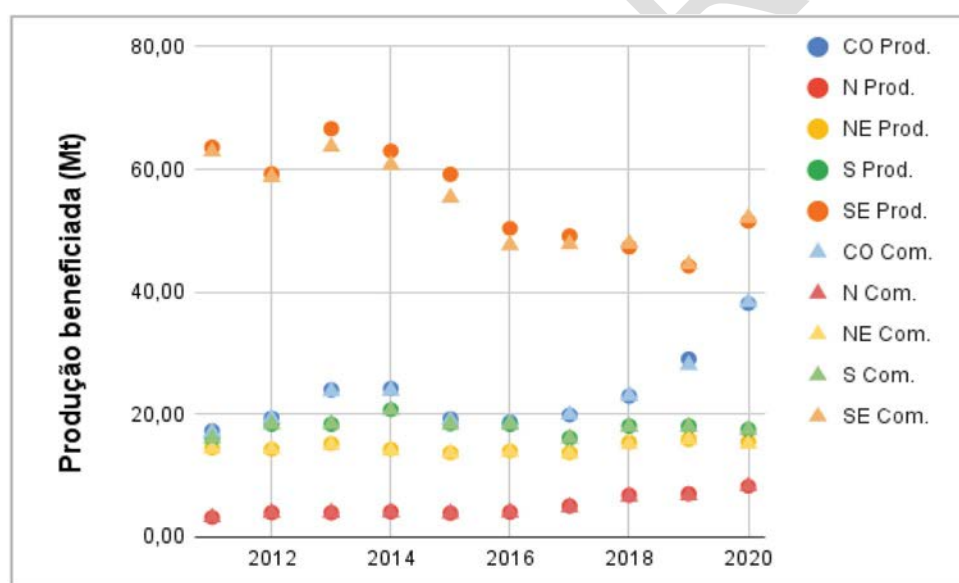


Figura 3. Produção beneficiada produzida e comercializada de calcário de 2011 a 2020 por região geográfica brasileira.

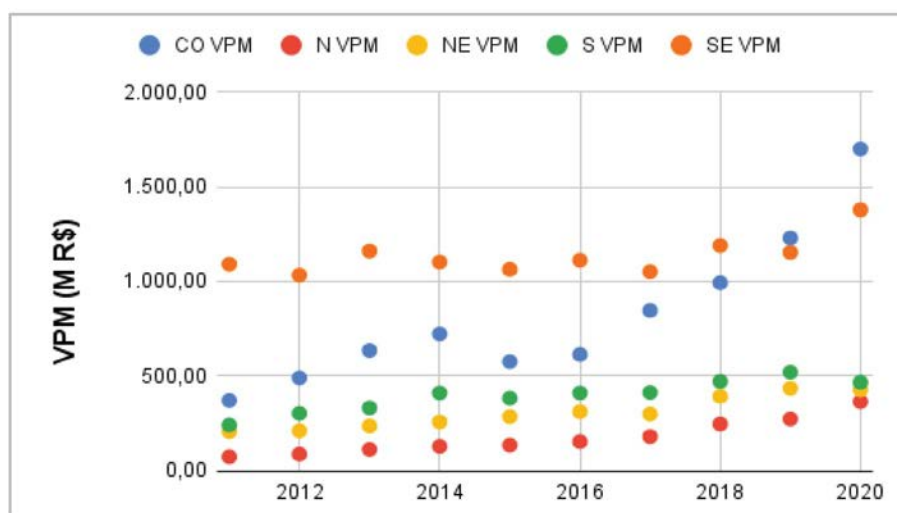


Figura 4. VPM beneficiada de calcário de 2011 a 2020 por região geográfica brasileira.

Os valores de produção bruta ROM e comercializada de calcário no Brasil aumentaram 14,18% e 96,71% ao longo da década, respectivamente. Já o VPM bruto aumentou 115,72% de 2011 a 2020, contra inflação de 97,29% no período, medida pelo Índice Geral de Preços - Mercado (IGP-M) (BCB, 2022). A região Sudeste concentrou mais de 34% dos totais nacionais em todas as três variáveis, ao longo da década.

Por sua vez, os valores de produção beneficiada produzida e comercializada de calcário no Brasil aumentaram 14,16% e 15,55% ao longo da década, respectivamente. O VPM beneficiada aumentou 118,79% de 2011 a 2020, contra inflação de 97,29% no período, medida pelo IGP-M (BCB, 2022). Em 2011, a região Sudeste respondeu por aproximadamente 55% dos totais nacionais de todas as três variáveis; ao final da década, sua participação caiu para cerca de 39% dos totais nacionais de produção beneficiada produzida e comercializada e para 31,79% do VPM beneficiada do país. Ao mesmo tempo, a participação da região Centro-Oeste passou de 15% dos totais nacionais de produção beneficiada produzida e comercializada e 18,71% do VPM beneficiada nacional, no início da década, para 29% dos totais nacionais de produção beneficiada produzida e comercializada e 39,21% do VPM beneficiada, em 2020 (crescimento de 358,58% do VPM intrarregional na década). De maneira geral, os valores de produção beneficiada produzida e comercializada em cada região e ano foram muito próximos, de 2011 a 2020.

2.3.2.3.3. Polos produtivos de calcário

Tomando como base o ano de 2020, a produção bruta ROM de calcário está concentrada nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, que responderam por 40,06% e 25,26% dessa quantidade, respectivamente. Já a produção bruta comercializada está concentrada na região Sudeste (53,45%), seguida pela região Nordeste com 21,94% (AMB, 202-). Dentre os principais polos de produção de calcário no país, destacam-se os de Arcos e Pedro Leopoldo, em Minas Gerais, e Cantagalo, no Rio de Janeiro.

No âmbito da produção beneficiada (produzida e comercializada) verifica-se concentração nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, que responderam respectivamente por 39,35% e 29,10% da quantidade beneficiada produzida e por 39,68% e 29,15% da produção beneficiada comercializada, em 2020 (Sistema AMBWeb, 202-).

2.3.2.3.4. Consumo energético

As principais fontes energéticas utilizadas nas operações de extração e processamento de calcário são óleo diesel, como combustível dos motores de pás-carregadeiras e caminhões, e eletricidade, no acionamento de britadores, moinhos e outros equipamentos. As emissões de dióxido de carbono (CO₂), por sua vez, correspondem principalmente à detonação de explosivos (Kittipongvises, 2017) e à queima de óleo diesel, visto que a geração de eletricidade no Brasil frequentemente ocorre com baixa emissão de CO₂. Essas emissões podem ser diminuídas por meio do aumento da eficiência energética dos equipamentos usados na mineração (Kittipongvises, 2017; Zuo et al., 2018) e por uma gestão aprimorada do desgaste de pneus (Rodovalho e Tomi, 2017).

Em se considerando as operações a juzante, deve-se ressaltar que os maiores impactos de geração de CO₂ estão relacionadas à produção de cimento, indústria que vem adotando medidas de eficiência energética e analisando as possibilidades de substituição de fontes de energia fóssil por renováveis.

2.3.2.3.5. Utilização de água

As operações de extração e processamento de calcário consomem pouca água, mas exigem atenção em relação aos riscos de assoreamento ou suspensão

de sólidos nas bacias hídricas próximas à frente de lavra, por conta da grande movimentação de minério e estéril, e de contaminação de aquíferos, comuns em áreas onde ocorrem depósitos de calcário, devido à dissolução dos carbonatos (MME, 2009a).

2.3.2.3.6. Geração de resíduos minerais

As operações de extração e processamento de calcário geram resíduos limitados. Uma tendência recente é o aproveitamento de finos da frente de lavra como fertilizante agrícola, para remineralização do solo, em um processo chamado rochagem (Lavoura 10, 2019).

2.3.2.3.7. Consumo de calcário

As Tabelas 3 e 4, juntamente com as Figuras 5 e 6, apresentam, respectivamente, dados de consumo aparente de calcário bruto e de calcário agrícola no Brasil de 2000 a 2021. Dada a pouca expressão das exportações e importações (DNPM, 2016), assumiu-se que o consumo aparente de calcário bruto foi igual à produção no mesmo período. Além disso, os valores para os anos de 2015 a 2021 foram calculados considerando que a produção de calcário agrícola (ABRACAL, 2022c) representa cerca de 25% da produção de calcário bruto no mesmo ano. Essa relação foi adotada a partir da observação das razões entre os valores de produção de calcário agrícola e calcário bruto de 2011 a 2014: 24% em 2011, 26% em 2012 e 28% em 2013 e 2014.

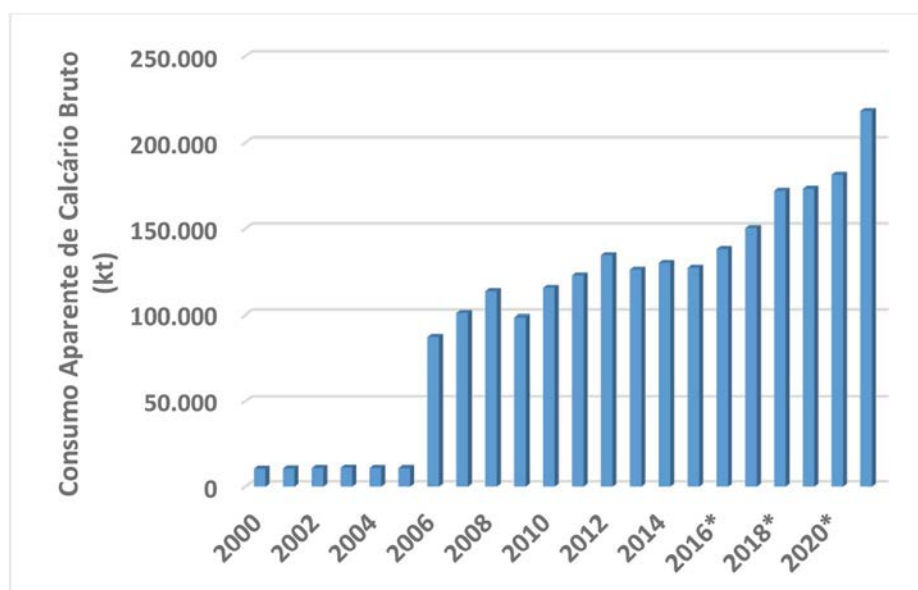
Tabela 3. Consumo aparente de calcário bruto no Brasil, desde 2000 até 2021.

Consumo aparente (kt)											
Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
TOTAL	10.283	10.415	10.745	10.910	10.745	10.745	87.586	101.013	115.183	98.753	115.704
Ano	2011	2012	2013	2014	2015*	2016*	2017*	2018*	2019*	2020*	2021*
TOTAL	122.828	134.456	126.155	130.000	127.232	138.312	150.328	172.024	173.184	181.200	218.072

Fontes: DNPM, 2003; DNPM, 2006; DNPM, 2010; DNPM, 2012; DNPM, 2013; DNPM, 2014; DNPM, 2016; ABRACAL, 2022c.

() - valor calculado considerando que a produção de calcário agrícola (ABRACAL, 2022c) representa cerca de 25% da produção de calcário bruto no mesmo ano.*

Figura 5. Consumo aparente de calcário bruto no Brasil, desde 2000 até 2021.



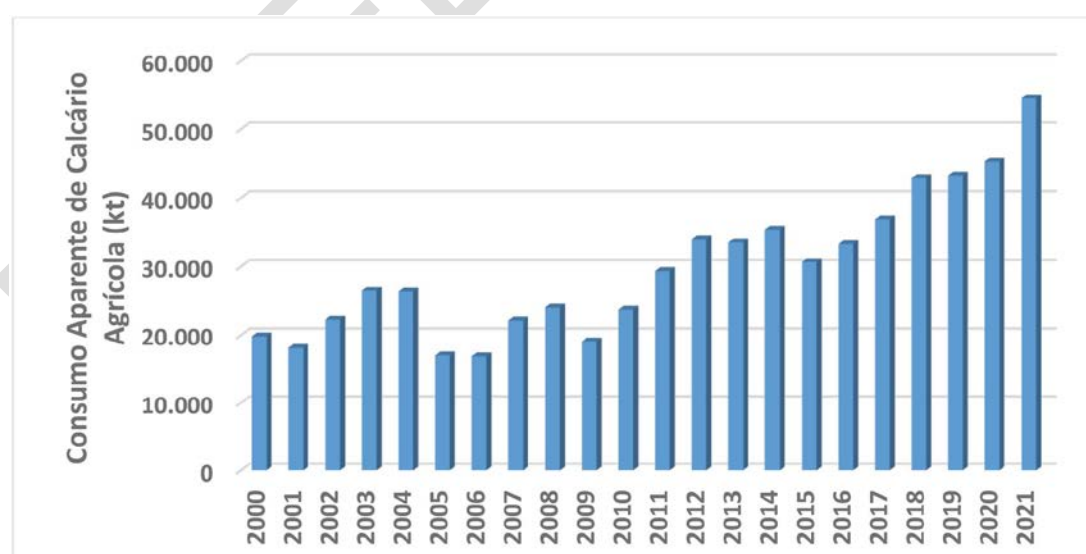
Fontes: DNPM, 2003; DNPM, 2006; DNPM, 2010; DNPM, 2012; DNPM, 2013; DNPM, 2014; DNPM, 2016; ABRACAL, 2022c.

Tabela 4. Consumo aparente de calcário agrícola no Brasil, desde 2000 até 2021.

Consumo aparente (kt)											
Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
TOTAL	19.812	18.078	22.286	26.463	26.320	16.987	16.850	22.161	23.972	19.079	23.690
Ano	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
TOTAL	29.353	33.943	33.471	35.378	30.642	33.239	36.911	42.910	43.296	45.300	54.518

Fonte: ABRACAL, 2022b.

Figura 6. Consumo aparente de calcário agrícola no Brasil, desde 2000 até 2021 (ABRACAL, 2022b).



O consumo aparente anual de calcário bruto no Brasil manteve-se praticamente estável de 2000 a 2005 (crescimento de 4,49% no período). Em 2006 houve um salto de impressionantes 715,13% em relação ao ano anterior, enquanto de 2006 a 2014 o aumento foi de 48,43%, equivalente a uma taxa anual composta (CAGR, do inglês *compound annual growth rate*) de 5,06%. Em 2015 e 2016, durante a recessão econômica, praticamente não houve crescimento do consumo, enquanto de 2016 a 2021 ele aumentou 57,67%, a uma CAGR de 9,53%.

O consumo aparente anual de calcário agrícola, por sua vez, cresceu 175,18% de 2000 a 2021, a uma CAGR de 4,94%. De 2015, no período recessivo, quando o consumo fez um mínimo local, a 2021, o crescimento foi de 77,92% (CAGR de 10,08%). Comparando os dados de consumo aparente e de produção disponibilizados separadamente pela ABRACAL (2022a; 2022b), verifica-se que a dinâmica do consumo aparente é de fato bastante semelhante à da produção, indicando que as exportações e importações são pouco expressivas também nesse caso específico.

Do passado para o futuro, a Tabela 5 e a Figura 7 apresentam projeções para o consumo per capita de fíler calcário no Brasil de 2022 a 2050, segundo três cenários de evolução.

Para o cenário de referência definido pelo IPEA (2022), as projeções foram calculadas tomando como referência a Variante de Baixa Demanda do *Roadmap tecnológico do cimento: potencial de redução das emissões de carbono da indústria do cimento brasileira até 2050* (SNIC, 2019), empregando as projeções para consumo de fíler calcário informadas para os anos de 2020, 2030 e 2050, assumindo taxa de crescimento constante em cada intervalo e dividindo a projeção de consumo obtida para cada ano pela respectiva projeção para a população brasileira (IPEA, 2022).

Para o cenário transformador (IPEA, 2022), foram adotadas duas estratégias: (i) ajustar o consumo projetado na situação anterior pelo excesso de crescimento anual do PIB no cenário transformador em relação ao cenário de referência (Cenário transformador I); e (ii) calcular as projeções de consumo tomando como referência a Variante de Alta Demanda de cimento (SNIC, 2019), ajustando as projeções de consumo de fíler calcário informadas para os anos de 2020, 2030 e 2050, na mesma proporção do aumento da produção de cimento, na Variante de Alta Demanda em relação à Variante de Baixa Demanda, assumindo taxa de

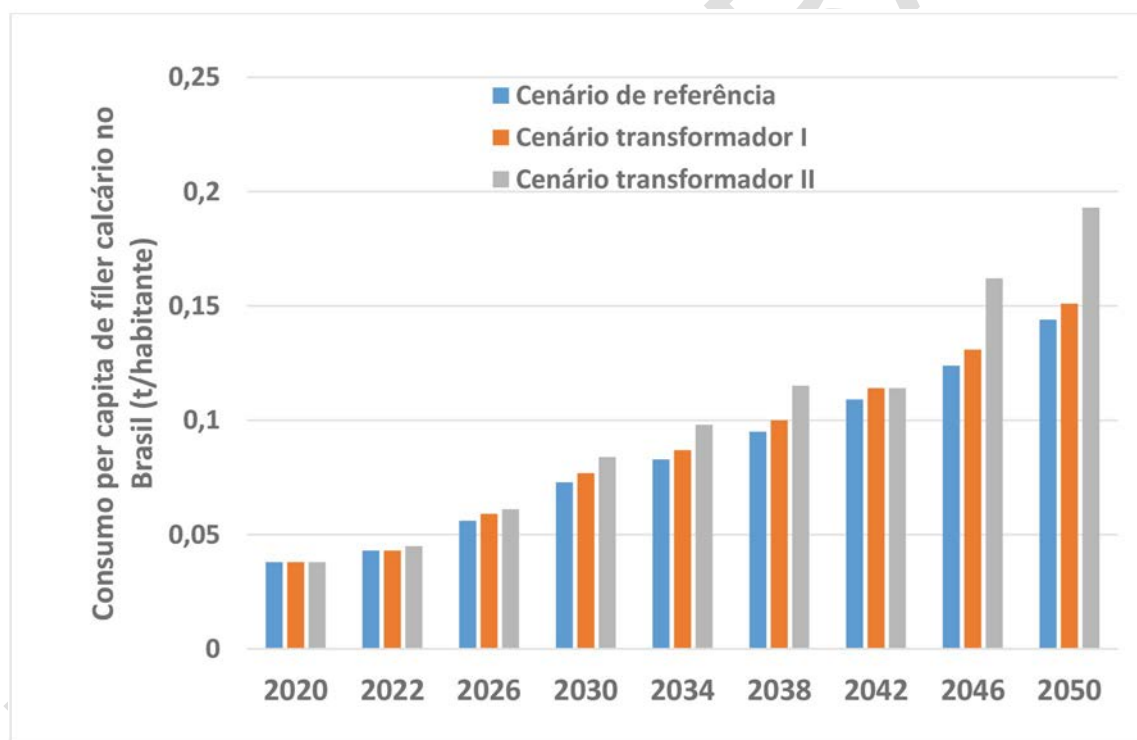
crescimento constante, em cada intervalo e dividindo o número obtido, para cada ano, pela respectiva projeção, para a população brasileira (IPEA, 2022) (Cenário transformador II).

Tabela 5. Projeções calculadas para o consumo per capita de fíler calcário no Brasil, até 2050, considerando três cenários de evolução.

Consumo per capita (t/ hab)									
Ano	2020	2022	2026	2030	2034	2038	2042	2046	2050
Cenário de referência	0,038	0,043	0,056	0,073	0,083	0,095	0,109	0,124	0,144
Cenário transformador I	0,038	0,043	0,059	0,077	0,087	0,100	0,114	0,131	0,151
Cenário transformador II	0,038	0,045	0,061	0,084	0,098	0,115	0,114	0,162	0,193

Fontes: IPEA, 2022; SNIC, 2019.

Figura 7. Projeções calculadas para o consumo per capita de fíler calcário no Brasil, até 2050, considerando três cenários de evolução.



Fontes: IPEA, 2022; SNIC, 2019.

As projeções calculadas para o cenário de referência sugerem crescimento de 92,85% para o consumo per capita de fíler calcário de 2020 a 2030 e de 95,59% de 2030 a 2050. Já para o cenário transformador I, projeta-se crescimento de 103,28% do consumo per capita de fíler calcário de 2020 a 2030 e de 94,55% de 2030 a 2050. Finalmente, as projeções calculadas para o cenário transformador

II estipulam crescimento de 119,76% do consumo per capita de fíler calcário de 2020 a 2030 e de 130,83% de 2030 a 2050.

De acordo com o *Roadmap*, elaborado sob coordenação geral do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC) e da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), uma das alternativas para mitigação das emissões de carbono pela indústria do cimento é o aumento do teor de aditivos incorporados ao clínquer, como escórias de alto forno, cinzas volantes, argilas calcinadas e, de modo mais promissor, fíler calcário. Esse tipo de adição também diversifica as especificidades e aplicações do cimento e representa uma solução ambientalmente correta para subprodutos de outros processos produtivos (SNIC, 2019).

Existe uma expectativa de redução na disponibilidade de escórias siderúrgicas e cinzas volantes no longo prazo, com a evolução dos processos tecnológicos dos quais elas se originam. Nesse contexto, o setor de produção do cimento deverá se voltar especificamente para o aumento do emprego de fíler calcário e argilas calcinadas (SNIC, 2019), respondendo pelo crescimento projetado para o consumo de calcário.

O uso do fíler calcário, em particular, apresenta o maior potencial de mitigação de emissões de dióxido de carbono. Além disso, não exige grandes investimentos, não requer calcinação e possui disponibilidade ampla para todas as fábricas que optarem por sua utilização, considerando que elas já estão localizadas nas proximidades de jazidas de calcário (SNIC, 2019).

Contudo, o aumento do teor de fíler calcário no cimento deve ser realizado de maneira gradativa, de modo a viabilizar a superação de eventuais dificuldades operacionais e garantir o desempenho em serviço, conduzindo à aceitação do consumidor. Ademais, as normas brasileiras em vigor limitam o uso de fíler calcário a no máximo 10% da composição do cimento. Portanto, faz-se necessária a criação de uma nova base normativa, que permita a incorporação de maiores teores de aditivos, seguindo padrões já utilizados internacionalmente (SNIC, 2019).

2.3.2.3.8. Produção mineral de calcário desde 2000 e projeções até 2050

As Tabelas 6 e 7, juntamente com a Figura 8, apresentam, respectivamente, dados de produção de calcário bruto e de calcário agrícola no Brasil de 2000 a 2021. Os valores de produção de calcário bruto para os anos de 2015 a 2021

foram calculados considerando que a produção de calcário agrícola (ABRACAL, 2022c) representa cerca de 25% da produção de calcário bruto no mesmo ano. Essa relação foi adotada a partir da observação das razões entre os valores de produção de calcário agrícola e calcário bruto de 2011 a 2014: 24% em 2011, 26% em 2012 e 28% em 2013 e 2014.

Tabela 6. Produção brasileira de calcário bruto, desde 2000 até 2021.

Produção (kt)											
Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
TOTAL	10.283	10.415	10.745	10.910	10.745	10.745	87.586	101.013	115.183	98.753	115.704
Ano	2011	2012	2013	2014	2015*	2016*	2017*	2018*	2019*	2020*	2021*
TOTAL	122.828	134.456	126.155	130.000	127.232	138.312	150.328	172.024	173.184	181.200	218.072

DNPM, 2003; DNPM, 2006; DNPM, 2010; DNPM, 2012; DNPM, 2013; DNPM, 2014; DNPM, 2016; ABRACAL, 2022c.

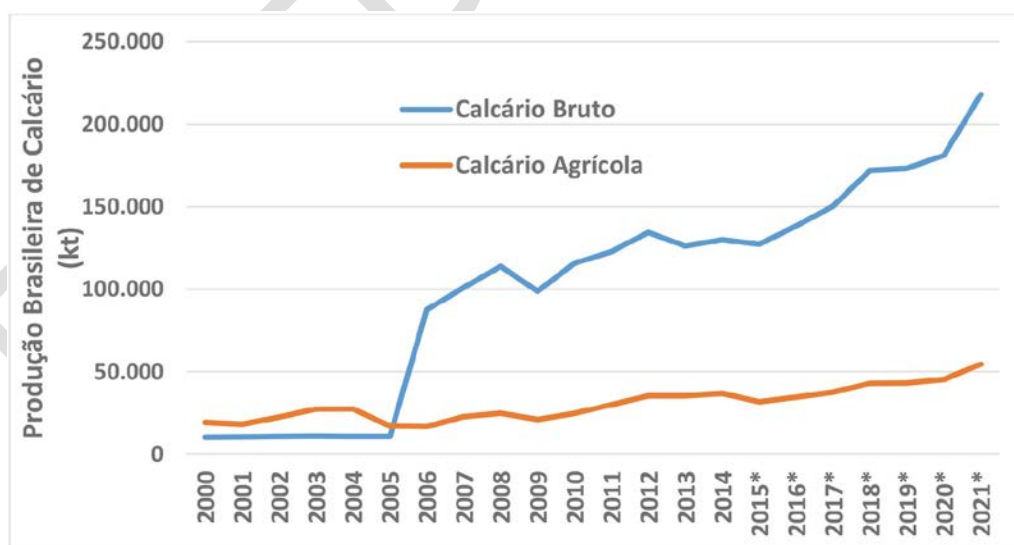
(*) - valores calculados considerando que a produção de calcário agrícola representa cerca de 25% da produção de calcário bruto no mesmo ano.

Tabela 7. Produção brasileira de calcário agrícola, desde 2000 até 2021.

Produção (kt)											
Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
TOTAL	19.305	18.254	22.439	27.360	27.441	17.120	16.736	22.747	24.801	20.995	24.748
Ano	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
TOTAL	30.054	35.367	35.384	36.875	31.808	34.578	37.582	43.006	43.296	45.300	54.518

Fonte: ABRACAL, 2022c.

Figura 8. Produção de calcário no Brasil, de 2000 a 2021.



A produção anual de calcário bruto no Brasil manteve-se praticamente estável de 2000 a 2005 (crescimento de 4,49% no período). Em 2006 houve um salto de 715,13% em relação ao ano anterior, enquanto de 2006 a 2014 o aumento foi de 48,43%, equivalente a CAGR de 5,06%. Em 2015 e 2016, durante a recessão econômica, praticamente não houve crescimento da produção, enquanto de 2016 a 2021 ela aumentou 57,67%, a uma CAGR de 9,53%. A produção anual de calcário agrícola, por sua vez, cresceu 182,40% de 2000 a 2021, a uma CAGR de 5,07%. De 2015, no período recessivo, quando a produção fez um mínimo local, a 2021 o crescimento foi de 71,40% (CAGR de 9,40%).

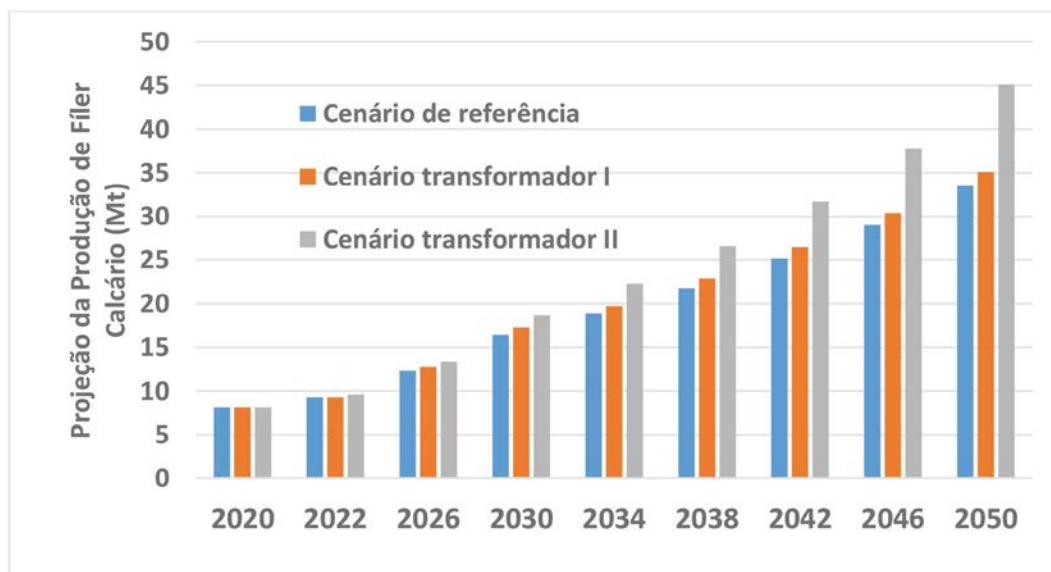
Do passado para o futuro, a Tabela 8 e a Figura 9 apresentam projeções para a produção de fíler calcário no Brasil de 2022 a 2050, segundo três cenários de evolução, conforme critérios semelhantes aos adotados para a projeção do consumo per capita. Para o cenário de referência definido pelo IPEA (2022), as projeções foram calculadas tomando como referência a Variante de Baixa Demanda do *Roadmap tecnológico do cimento: potencial de redução das emissões de carbono da indústria do cimento brasileira até 2050* (SNIC, 2019), empregando as projeções para consumo de fíler calcário informadas para os anos de 2020, 2030 e 2050 e assumindo taxa de crescimento constante em cada intervalo e produção igual ao consumo. Para o cenário transformador (IPEA, 2022), foram adotadas duas estratégias: (i) ajustar a produção projetada na situação anterior pelo excesso de crescimento anual do PIB no cenário transformador em relação ao cenário de referência (Cenário transformador I); e (ii) calcular as projeções de produção tomando como referência a Variante de Alta Demanda de cimento (SNIC, 2019), ajustando as projeções de consumo de fíler calcário informadas para os anos de 2020, 2030 e 2050 na mesma proporção do aumento da produção de cimento na Variante de Alta Demanda em relação à Variante de Baixa Demanda e assumindo taxa de crescimento constante em cada intervalo e produção igual ao consumo (Cenário transformador II).

Tabela 8. Projeções calculadas para a produção de fíler calcário no Brasil, até 2050, considerando três cenários de evolução.

Produção (Mt)									
Ano	2020	2022	2026	2030	2034	2038	2042	2046	2050
Cenário de referência	8,1	9,3	12,3	16,4	18,9	21,8	25,2	29,0	33,5
Cenário transformador I	8,1	9,3	12,8	17,3	19,7	22,9	26,5	30,4	35,1
Cenário transformador II	8,1	9,6	13,4	18,7	22,3	26,6	31,7	37,8	45,1

Fontes: IPEA, 2022; SNIC, 2019.

Figura 9 Projeções calculadas para a produção de fíler calcário no Brasil, até 2050, considerando três cenários de evolução.



Fontes: IPEA, 2022; SNIC, 2019.

As projeções calculadas para o cenário de referência sugerem crescimento de 102,47% para a produção de fíler calcário de 2020 a 2030 e de 104,27% de 2030 a 2050. Já para o cenário transformador I, projeta-se crescimento de 113,41% da produção de fíler calcário de 2020 a 2030 e de 103,17% de 2030 a 2050. Finalmente, as projeções calculadas para o cenário transformador II estipulam crescimento de 130,72% da produção de fíler calcário de 2020 a 2030 e de 141,07% de 2030 a 2050.

Como mencionado na seção anterior, as normas brasileiras em vigor limitam o uso de fíler calcário a no máximo 10% da composição do cimento, sendo necessária a criação de uma nova base normativa, para que as projeções acima se concretizem.

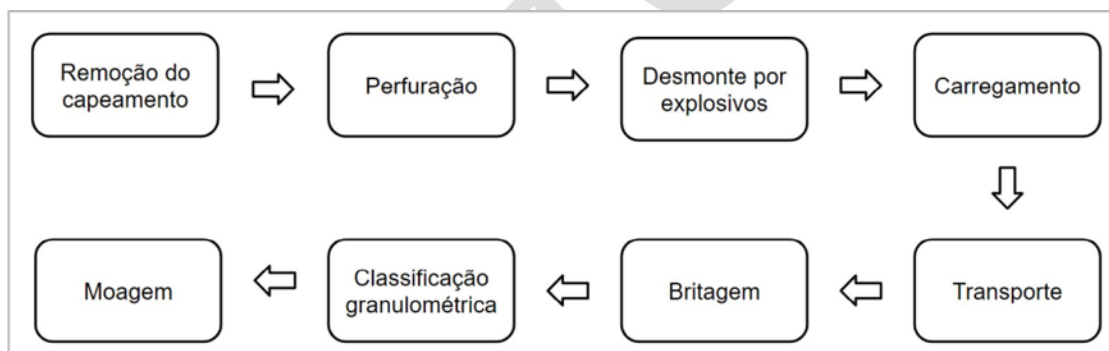
Assim como o Brasil, outros países emergentes também devem ampliar sua produção de cimento - e, por conseguinte, de fíler calcário - visando endereçar deficiências de infraestrutura e déficits habitacionais ao mesmo tempo em que buscam zerar as emissões líquidas de gases causadores do efeito estufa, um compromisso global (McKinsey & Company, 2022a). Mesmo em países desenvolvidos, a tendência também parece ser de crescimento da produção, com a renovação de sistemas de infraestrutura envelhecidos. Nos Estados Unidos da América (EUA), em particular, o *Infrastructure Investment and Jobs Act*, também conhecido como *Bipartisan Infrastructure Law (BIL)*, prevê financiamento público

superior a um trilhão de dólares estadunidenses para diferentes iniciativas, sendo uma das principais a renovação do sistema hídrico norte-americano (McKinsey & Company, 2022b).

2.3.2.3.9. Tecnologia das operações de extração de calcário

O padrão tecnológico das operações de extração e processamento de calcário descrito nos “Estudos para elaboração do Plano Duodecenal (2010 - 2030) de Geologia, Mineração e Transformação Mineral” permanece dominante (MME, 2009a e 2009b). A Figura 10 apresenta um fluxograma simplificado dessas operações. A extração de calcário pode ocorrer em lavra a céu aberto (pedreira) ou subterrânea, o que é raro no Brasil. Inicia-se pela remoção do capeamento e segue com a perfuração da rocha para colocação das cargas de detonação, desmonte por explosivos, carregamento e transporte. Na usina, as rochas detonadas passam por britagem, classificação granulométrica e moagem, que pode ocorrer em moinho de rolos tipo Raymond ou em moinhos tubulares com bolas, de acordo com a destinação do calcário processado.

Figura 10. Fluxograma simplificado da rota tecnológica predominante na extração e processamento de calcário.



No âmbito dos impactos ambientais, a extração de calcário gera como resíduos capeamento e estéréis. Tratando-se de um produto com valor relativamente baixo, a lavra de calcário não ocorre com elevados índices de remoção ou produção de estéril, apesar de não haver uma razão estéril/minério que imediatamente inviabilize a lavra (MME, 2009a e 2009b).

A lavra é planejada de maneira que se obtenha o maior aproveitamento econômico do maciço rochoso, objetivando toda recuperação do corpo e minimizando operações mineiras e áreas de impactos ambientais. Em relação

ao descomissionamento de minas, ou seja, desativação ambientalmente segura e socialmente responsável de minas e instalações conexas, identificado como problema devido à falta de esforços adequados (MME, 2009a e 2009b), houve um avanço recente com o regramento do Plano de Fechamento de Mina (MME/ANM, 2021), obrigatório para todo empreendimento minerário.

Dentre as medidas que podem ser empregadas para redução dos danos ambientais, destacam-se: retirar quantidades mínimas de vegetação das áreas de lavra; construir pilhas de estéril com deposição controlada; construir bacias de contenção de finos e sistemas de drenagem de tamanhos adequados; preservar o solo, coletar sementes e construir viveiros para posterior aproveitamento na recomposição/ revegetação; controlar as operações que geram poeira, gases, e ruídos; revegetar áreas impactadas assim que possível, após a intervenção da lavra; e realizar monitoramento cuidadoso e efetivo de águas naturais e efluentes das operações de lavra e processamento (MME, 2009b). De modo complementar, a gestão de resíduos totais da operação pode ser otimizada, enviando para reciclagem o que puder ser reciclado, compostando o que puder ser compostado, destinando corretamente os resíduos perigosos e acomodando em aterros sanitários o que não puder ser aproveitado de uma forma melhor.

Por fim, inovações tecnológicas relevantes iniciadas ou intensificadas na década de 2010 são o uso de softwares e de drones ou veículos aéreos não tripulados (VANTs) em diferentes atividades mineiras. Softwares estão inseridos em um contexto mais amplo de tecnologias da informação e comunicação (TICs) que visam aumentar a conectividade entre as diferentes etapas de produção e fornecimento, otimizando o controle integrado de processos, parâmetros e insumos, ao longo das cadeias de produção (BNDES, 2017). Podem ser usados, por exemplo, para gerenciamento e otimização da operação de mina com suporte a controle de qualidade, otimização da frota, controle de manutenção, despacho de equipamentos, monitoramento das operações em tempo real por meio de alertas e comunicação entre operadores e central através de mensagens (RajaMine, 2021).

No âmbito das TICs, as principais atividades de pesquisa e desenvolvimento estão relacionadas a sensores e monitoramento, incluindo novos métodos de obtenção de dados a baixo custo, análise de processos em tempo real e integração com tecnologias de controle; sistemas de controle e automação, com integração rápida entre os diversos mecanismos de produção e negócios;

modelos de simulação e sistemas digitais para visualização 3D, que auxiliem no design de produto e na definição de métodos de produção; e plataformas digitais, padrões e protocolos de comunicação para suporte a esse fluxo e integração de dados, compartilhados entre sistemas digitais e reais (BNDES, 2017).

Drones, por sua vez, têm aplicação destacada (i) no mapeamento de áreas de cava, auxiliando na definição de pontos de perfuração e na identificação de fraturas e falhas de detonação; (ii) no levantamento topográfico (planialtimétrico), possibilitando a obtenção da volumetria de pilhas de minério; (iii) na realização de inspeções de estruturas, blocos detonados e equipamentos; e (iv) na geração de registros fotográficos e audiovisuais diversos (OrtoPixel, 2021). Algumas das principais vantagens do uso de drones são a captação e o armazenamento de grandes quantidades de dados de maneira eficiente e confiável, mesmo em locais de difícil acesso humano, aumentando a segurança das operações mineiras (OrtoPixel, 2021). Em contrapartida, a incorporação de softwares e drones na mineração exige alta qualificação profissional e que se reflita sobre a recolocação dos trabalhadores antes responsáveis pelas atividades transferidas para os programas e VANTs.

Lista de referências:

Agromove (2020). Disponível em: <https://blog.agromove.com.br/7-fatores-que-influenciam-preco-calcario/#:~:text=O%20solo%20deve%20ter%20seu,come%C3%A7a%20a%20aumentar%20em%20abril>. Acesso em: 22 ago. 2022.

AgroPós (2020). Disponível em: <https://agropos.com.br/o-que-e-calcario/#:~:text=Calc%C3%A1rio%20%C3%A9%20uma%20a%20rocha,sem%20d%C3%BAvida%2C%20um%20dos%20bens>. Acesso em: 02 mar. 2022.

Anuário Mineral Brasileiro (AMB) - Produção bruta. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiZTRkNjI3MWEtMGI3My00ZTgzLWlyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2liwidCI6ImEzMDgzZTlxLTc0OWltNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a>. Acesso em: 06 mai. 2022.

Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola (ABRACAL) (2022a). Calcário agrícola Brasil 2021. Disponível em: <https://abracal.com.br/site/estatisticas/> -> <http://abracal.com.br/site/wp-content/uploads/2022/04/CALCARIO-AGRICOLA-BRASIL-2021.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2022.

Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola (ABRACAL) (2022b).

Consumo aparente BR 1992 a 2021. Disponível em: <https://abracal.com.br/site/estatisticas/> -> <http://abracal.com.br/site/wp-content/uploads/2022/04/CONSUMO-APARENTE-BR-1992-A-2021.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2022.

Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola (ABRACAL) (2022c). Produção BR 1987 a 2021. Disponível em: <https://abracal.com.br/site/estatisticas/> -> <http://abracal.com.br/site/wp-content/uploads/2022/04/PRODUCAO-BR-1987-A-2021.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2022.

Banco Central do Brasil (BCB). Calculadora do cidadão - Correção de valores. Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAO/publico/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores>. Acesso em: 03 mai. 2022.

Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES) (2017). Desafios da mineração: desenvolvimento e inovação para redução dos impactos ambientais e sociais. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/inovacao-tecnologia-mineracao-metals>. Acesso em: 26 mai. 2022.

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (2003). Sumário Mineral 2003. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-1>. Acesso em: 11 mai. 2022.

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (2006). Sumário Mineral 2006. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-1>. Acesso em: 11 mai. 2022.

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (2010). Sumário Mineral 2009. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-1>. Acesso em: 11 mai. 2022.

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (2012). Sumário Mineral 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-1>. Acesso em: 11 mai. 2022.

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (2013). Sumário Mineral 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-1>. Acesso em: 11 mai. 2022.

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (2014). Sumário Mineral 2014. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/>

publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-1. Acesso em: 11 mai. 2022.

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (2016). Sumário Mineral 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-1>. Acesso em: 11 mai. 2022.

Kittipongvises, S. (2017). Assessment of Environmental Impacts of Limestone Quarrying Operations in Thailand. *Environmental and Climate Technologies*, 20, 67-83. DOI: 10.1515/rtuect-2017-0011.

Lavoura 10 - O blog da Aegro. Rochagem: Como essa prática pode beneficiar sua lavoura (2019). Disponível em: https://blog.aegro.com.br/rochagem/?gclid=Cj0KCQjwwJuVBhCAARIsAOPwGAQjfsW6hMp6BWlkiyInpwXDJ-n9YRzBhx2BuDoefUIG5EOpq7AbjylaAoG1EALw_wcB. Acesso em: 13 jun. 2022.

McKinsey & Company (2022a). The net-zero transition: What it would cost, what it could bring. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/the-net-zero-transition-what-it-would-cost-what-it-could-bring>. Acesso em: 09 mar. 2022.

McKinsey & Company (2022b). The US Bipartisan Infrastructure Law: Reinvesting in water. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/industries/public-and-social-sector/our-insights/the-us-bipartisan-infrastructure-law-reinvesting-in-water?cid=other-eml-alt-mip-mck&hdpid=f3b5d99d-55a4-4b25-bec0-22951fa534ad&hctky=12239123&hlkid=e7d8b5b7bd544edab9c8206498523ad9>. Acesso em: 05 mai. 2022.

Ministério de Minas e Energia (MME) (2009a). Relatório Técnico 38 - Perfil do Calcário. Disponível em: http://www.jmendo.com.br/wp-content/uploads/2011/08/P27_RT38_Perfil_do_Calcxrio.pdf. Acesso em: 28 mai. 2022.

Ministério de Minas e Energia (MME) (2009b). Relatório Técnico 55 - Perfil do Calcário Agrícola. Disponível em: https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/relatorios-de-apoio-ao-pnm-2030-projeto-estal-1/a-mineracao-brasileira/documentos/relatorio-ndeg55_-perfil-do-calcario-agricola.doc/view -> https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/relatorios-de-apoio-ao-pnm-2030-projeto-estal-1/a-mineracao-brasileira/documentos/relatorio-ndeg55_-perfil-do-calcario-agricola.doc/@@download/file/Relat%C3%B3rio%20N%C2%B055_%20Perfil%20do%20Calc%C3%A1rio%20Agr%C3%ADcola.doc Acesso em: 27 mai. 2022.

Ministério de Minas e Energia/ Agência Nacional de Mineração (MME/ ANM) (2021). “Resolução ANM Nº 68”. *Diário Oficial da União*, 82(1), 102. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-anm-n-68-de-30-de-abril->

de-2021-317640591. Acesso em: 27 mai. 2022.

Mordor Intelligence (2022). Limestone Market - Growth, Trends, COVID-19 Impact, and Forecasts (2022 - 2027). Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/limestone-market>. Acesso em: 11 mai. 2022.

OrtoPixel (2021). Uso de drone na mineração: conheça as possibilidades. Disponível em: <https://ortopixel.com.br/uso-de-drone-na-mineracao-conheca-as-possibilidades/#:~:text=Atualmente%2C%20o%20uso%20de%20drone,mapear%20metais%20preciosos%20ou%20minerais>. Acesso em: 25 mai. 2022.

RajaMine (2021). Solução de Despacho / Parte Diária, Disponível em: https://rajamine.com/solucao-de-despacho-parte-diaria?gclid=CjwKCAjwyryUBhBSEiwAGN5OCFA0xW__mECoNzZA2WrbdJ2wy1U7HkhftNN_6dUcci8gfBi-5DLKEBoCGKUQAvD_BwE. Acesso em: 26 mai. 2022.

Rodvalho, E. C.; Tomi, G. (2017). Reducing environmental impacts via improved tyre wear management. *Journal of Cleaner Production*, 141, 1419-1427. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.09.202.

Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC) (2019). Roadmap tecnológico do cimento: potencial de redução das emissões de carbono da indústria do cimento brasileira até 2050. Disponível em: https://coprocessamento.org.br/wp-content/uploads/2019/11/Roadmap_Tecnologico_Cimento_Brasil_Book-1.pdf. Acesso em: 08 mar. 2022.

Sistema AMBWeb (202-). Planilha complementar - produção beneficiada. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiZTRkNjI3MWEtMGI3My00ZTgzLWlyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2liwidCI6ImEzMDgzZTlxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a>. Acesso em: 11 Abr. 2022.

Worldometers (2022). World Population. Disponível em: <https://www.worldometers.info/world-population/>. Acesso em: 11 mai. 2022.

Zuo, C.; Birkin, M.; Clarke, G.; McEvoy, F.; Bloodworth, A. (2018). Reducing carbon emissions related to the transportation of aggregates: Is road or rail the solution? *Transportation Research Part A*, 117, 26-38. DOI: 10.1016/j.tra.2018.08.006.

PLANO NACIONAL DE MINERAÇÃO 2050

PNM 2050

ANÁLISE DETALHADA: SEGMENTOS DA MINERAÇÃO QUE SUPREM INSUMOS PARA A AGRICULTURA

CADERNO 2: Pesquisa e Produção Mineral

ANÁLISE DETALHADA: SEGMENTOS DA MINERAÇÃO QUE SUPREM INSUMOS PARA A AGRICULTURA.....	995
2.4. Análise Detalhada de Segmentos Selecionados	996
2.4.1. Segmentos da mineração que suprem insumos para a agricultura	996
2.4.2 Análise dos fundamentos do Programa Nacional de Fertilizantes	997
2.4.3.1. Diagnóstico do fosfato	997
2.4.3.2. Comentários sobre o diagnóstico do fosfato.....	1000
2.4.3.3. Diagnóstico do potássio	1002
2.4.3.4. Complementando o diagnóstico do potássio	1004
2.4.4. Análise dos objetivos, metas e medidas de ação propostos no Programa Nacional de Fertilizantes	1006
2.4.5. Considerações finais.....	1032

2.4. Análise Detalhada de Segmentos Selecionados

Neste capítulo são revistos e analisados os fundamentos, o diagnóstico, assim como os objetivos, metas e medidas de ação propostas no Plano Nacional de Fertilizantes 2050 (PNF) (SEAE, 2021), de forma a sugerir medidas específicas de implementação que assegurem a efetiva e significativa redução dos atuais níveis de dependência de importações de produtos fosfatados e potássicos.

2.4.1. Segmentos da mineração que suprem insumos para a agricultura

Os segmentos da mineração que suprem insumos para a agricultura considerados no presente capítulo são o fosfato (em vários tipos de produtos) e o potássio. Trata-se de um setor mineral de extrema importância para o Brasil, já que as características dos seus solos demandam complementação de potássio e o fósforo, para conferir eficiência à atividade de agricultura (CET, 2005).

O fosfato é uma matéria-prima mineral para a fabricação dos fertilizantes fosfatados. O fosfato é moído e tratado com ácido sulfúrico para formar o fertilizante superfosfato simples e, em seguida, pode ser tratado com ácido fosfórico para formar o fertilizante super triplo. Ao ser separado dos outros componentes da rocha (carbonatos, silicatos, entre outros), o fósforo torna-se mais concentrado no fertilizante (20% no simples e 46% triplo), além de solúvel na água, o que o torna disponível para ser absorvido pelas plantas. Outros fertilizantes a base de fosfato amplamente utilizados no setor agrícola são o fosfato de monoamônio ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$), conhecido como MAP, e o fosfato de diamônio [$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$], conhecido como DAP. O MAP é a fonte mais concentrada de fósforo entre os fertilizantes sólidos, com 48 a 61% de P_2O_5 , fabricado usando ácido fosfórico de menor qualidade do que aquele usado para produzir outros fertilizantes fosfatados. Já o DAP é o fertilizante fosfatado mais amplamente utilizado no mundo, com 43% de P_2O_5 , sendo produzido pela reação da amônia com o ácido fosfórico. Tanto o DAP quanto o MAP possuem como vantagem a rápida absorção pelo solo e disponibilização quase imediata dos nutrientes para as plantas. O MAP possui mais fósforo do que o DAP, desta forma o seu uso é mais indicado para solos argilosos que possuem maior retenção de fósforo por fixação (IFA, 2017).

O Brasil é um grande consumidor mundial de fosfato e importa significativa porção da demanda nacional, sendo um importante agente do ponto de vista de comércio internacional.

Já o potássio é um dos dez elementos mais abundantes na crosta terrestre e ocorre na natureza em substâncias minerais formadas por cloretos, sulfatos e diversos outros minerais, com diferentes faixas de teor. A importância do potássio no metabolismo das plantas é conhecida desde a antiguidade (no século III a.C), existindo por exemplo referências de sua utilização como fertilizante a partir de cinzas resultantes da queima de árvores. Atualmente, os minérios potássicos são beneficiados em três principais rotas de processo: i) dissolução em meio aquoso e cristalização; ii) flotação; e iii) separação eletrostática.

2.4.2 Análise dos fundamentos do Programa Nacional de Fertilizantes

O PNF visa analisar o suprimento de nutrientes para atender a agricultura brasileira, devido à sua importância mundial em termos de negócios para o país e suprimento de produtos agrícolas. Embora amplo e ainda em fase de definição de ações estruturantes para o setor, o PNF vem ao encontro da necessidade do país de atender a demanda e aumentar a segurança do suprimento de fertilizantes, essencial para o crescente agronegócio (SEAE, 2022).

2.4.3.1. Diagnóstico do fosfato

As reservas oficiais brasileiras (medidas + indicadas) de fosfato em 2020 foram estimadas em 317 milhões de P_2O_5 contido, segundo o Plano Nacional de Fertilizantes 2050 (SEAE, 2022). Cerca de 80% das reservas estão associadas a corpos magmáticos e as atividades de mineração que ocorrem em lavra a céu aberto. O Brasil possui potencial geológico favorável para a expansão de suas reservas de fosfato, tanto que atualmente existem 4.321 processos registrados na ANM em diferentes fases, desde requerimento de pesquisa até a concessão de lavra (AMB 2022).

A produção nacional de concentrado fosfático, em 2019, foi de 7,6 milhões de toneladas de produto com teor médio do concentrado de 33 a 35% P_2O_5 (AMB, 2022). Essa produção se relaciona aos corpos alcalino-carbonatíticos de Tapira/

MG, Salitre/MG, Araxá/MG, Catalão I e II (GO), Cajati/SP, Angico dos Dias/ BA, Registro/SP, além das jazidas sedimentares em Arraias/MG, Pratápolis/ MG e Bonito/MS. A mina de Patos de Minas/MG, que também era produtora, foi paralisada em 2016 (ADR, 202), e, em Lagamar/MG, as reservas estão próximas da exaustão.

A Mosaic Fertilizantes é a líder na produção nacional (52%), seguida por CMOC (20%), Yara (11%), Itafós (5%), Galvani (4%), Mineração Curimbaba (3%), Grupo Scheffler (2%), EDEM (2%) e Mineração Morro Verde (1%) (EST 2020). Os termofosfatos são produzidos em Poços de Caldas e Pratápolis (MG) e Sapucaia/ Bonito (PA) (*neste caso, fosfato calcinado*).

Novos projetos ou expansão dos projetos existentes no setor de fosfatos estão previstos pelas empresas Yara, no projeto Serra do Salitre/MG, recentemente negociado com o grupo Eurochem (BLO, 2022), Itafos (Santana/PA e Arraias/ TO), Águia Resources (Três Estradas/RS), Fosnor-Galvani (Santa Quitéria/CE e Irecê/BA) e EDEM (Bonito/MS). Outros projetos de expansão na produção de fosfatos incluem a Morro Verde (Pratápolis, MG) e Hinove (Registro, SP).

Em conjunto, tais empreendimentos permitirão ampliar a capacidade instalada atual de 7,9 milhões de t/ano para 11,4 milhões de t/ano até 2026, reduzindo a dependência nacional. Segundo o PNF (SEAE, 2022), a produção de ácido fosfórico tem sido de cerca de 1,1 milhões de t/ano de P_2O_5 contido e de fertilizantes fosfatados entre 1,7 e 2,0 milhões de t/ano de P_2O_5 contido, nos últimos 5 anos.

Deve ser levado em conta que o país também depende da importação de enxofre, para a produção nacional de fertilizantes tradicionais, passando pela produção de ácido sulfúrico. A produção de ácido sulfúrico (AS) nacional é obtida essencialmente como subproduto da mineração e processamento de minerais sulfetados. Essa produção para a indústria de fertilizantes, em 2019, foi da ordem de 3,3 milhões de toneladas de AS, sendo Mosaic (47%), Yara (17%), CMOC (14%) e Paranapanema (8%) as empresas líderes da produção nacional, conforme o PNF (SEAE, 2022). A produção de AS como subproduto da mineração é baixa e geralmente não preenche espaço na produção de fosfatados. Por exemplo, na Bahia, a produção da Mineração Caraíba não tem sido suficiente para atender a demanda local de produtores de SSP como por exemplo os grupos Cibra e Timac. No caso da Nexa Resources, a empresa

teve redução da produção de AS, e a produção tem tido outras destinações, não abastecendo a indústria de fertilizantes. A maior parte da produção de AS para produção de fertilizantes tem sido proveniente de unidades verticalizadas como Mosaic, CMOC, Yara-Cubatão e Fosnor, sendo que outras unidades sem produção de AS têm recorrido a importações, como Timac, Yara-Rio Grande, Fospar, Cibra (SEAE, 2022).

Em relação ao processo de fabricação de ácido fosfórico (AF), a geração de grandes volumes de fosfogesso como resíduo da fabricação de AF tem representado um tema sensível para a indústria nacional de fertilizantes fosfatados. Entretanto, diversos estudos e pesquisas têm sido desenvolvidas no sentido de buscar seu aproveitamento industrial. Exemplos de aplicações para a reutilização de fosfogesso incluem a pavimentação, uso na construção civil como matéria prima de blocos e placas, aplicações na indústria de cimento, uso na recuperação de enxofre e de produção de ácido sulfúrico, além de ser utilizado como matéria prima para remineralizadores de solo.

Em termos da distribuição regional de demanda e consumo de fertilizantes fosfatados, apenas a região Sudeste consome fertilizantes produzidos na própria região. Essa região produz quantidade maior do que o seu consumo, mas como envia para outras regiões também depende de importações, que ocorrem em função da logística favorável para a distribuição. A região Centro-Oeste é responsável por cerca de 40% do consumo nacional de fosfatados, enquanto a região Sudeste responde por 18%, a região Sul por 27% e as regiões Norte e Nordeste por 15%.

Em termos dos processos ativos de fosfatos, o levantamento dos dados atuais registrados na ANM indica que os processos ocupam 7,6 milhões de hectares e aponta os seguintes resultados (ANM 2022):

- Existem 231 processos relacionados à fase de lavra de fosfato:
 - (a) Requerimentos de Lavra: 140 processos, assim distribuídos: 30 em Minas Gerais (29%), 20 na Bahia (19%), 14 no Espírito Santo (13%), 8 em Goiás (8%), 6 em Mato Grosso e Tocantins (6% cada), 4 no Pará (4%), 3 no Rio Grande do Norte (3%), 2 no Ceará, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul, Sergipe e São Paulo (2% cada), 1 em Pernambuco e Piauí (1% cada).

- (b) Concessões de Lavra: 64 processos, assim distribuídos: 22 em Minas Gerais (34%), 14 na Bahia (22%), 10 em Goiás (16%), 7 em Tocantins (11%), 3 no Espírito Santo e São Paulo (5% cada), 1 no Ceará, Mato Grosso do Sul, Pará, Paraná e Santa Catarina (2% cada).
- (c) Direitos de Requerer a Lavra: 53 processos, assim distribuídos: 15 em Minas Gerais (28%), 13 em Mato Grosso (25%), 8 em Goiás (15%), 7 na Bahia (13%), 4 no Piauí (8%), 3 no Rio Grande do Norte (6%), 1 no Espírito Santo, Paraná e São Paulo (2% cada).
- (d) Requerimentos de licenciamento: 8 processos assim distribuídos: 6 no Maranhão (75%) e 2 em Minas Gerais (25%).
- (e) Licenciamentos: 2 processos, ambos no Maranhão (100%).

2.4.3.2. Comentários sobre o diagnóstico do fosfato

O uso eficiente de fertilizantes é um desafio para o setor de fosfatados, já que a estimativa do aproveitamento atual do P_2O_5 adicionado aos solos agrícolas é de aproximadamente 50%. Há oportunidades de desenvolver métodos e estratégias mais eficientes para o seu aproveitamento, com o incentivo a iniciativas de pesquisa e desenvolvimento por parte das agências e das instituições de ciência e tecnologia (ICTs), como a Embrapa e as universidades especializadas no tema.

Sob o ponto de vista do potencial geológico, deve ser levado em conta que a produção de fertilizantes fosfatados depende da descoberta de novos depósitos de porte adequado às escalas de produção e investimentos necessários para instalação dos empreendimentos. Por outro lado, depósitos minerais de menores proporções podem também contribuir na oferta de produtos para consumo na escala local, como os fosfatos naturais, em que pese a necessidade de adequação das suas propriedades físicas e químicas, com avaliação da eficiência de cada um e, ainda que isso se mostre viável, há ainda a adequação aos métodos de manejo e adubação das culturas.

Outro aspecto crítico na produção de fertilizantes fosfatados está relacionado à capacidade de produção de fosfato. Novos projetos para o aumento da capacidade de produção de fertilizantes fosfatados em geral dependem da verticalização na produção de AS, sendo que qualquer plano de expansão demandará o aumento na importação de enxofre. A produção de fertilizantes fosfatados é, portanto,

dependente da fabricação de AS e da consequente necessidade de importação de enxofre para sua viabilização.

Os demais aspectos críticos identificados no diagnóstico do fosfato incluem os seguintes pontos:

- A logística da cadeia de suprimentos é um aspecto crítico no setor de fosfatos. Quanto mais próxima a mineração esteja do mercado consumidor, mais competitivo o empreendimento será em relação às alternativas de mercado, como por exemplo, importação de países como o Marrocos, onde os custos de frete, seguros, despesas portuárias e transporte interno têm peso significativo no custo final do produto.
- Nos últimos anos, constatou-se um número limitado de descobertas de novos depósitos no Brasil, que tivessem ocorrências significativas de fosfato. Com isso, a jazidas e os minérios de fosfato brasileiro apresentam características restritas de competitividade internacional.
- A Tabela 1 ilustra um exemplo comparativo dos custos de produção de rocha fosfática nos países e regiões que produzem fosfato no mundo.

Tabela 1. Estimativa de custos médios regionais de produção de concentrado de rocha fosfática no mundo

País ou Região	USD/t
África	70,0
América do Norte	30,0
Brasil	130,0
China	130,0
Marrocos	50,0
Oriente Médio	40,0

Fonte: (CRU, 2017)

- Os principais polos brasileiros produtores de fertilizantes fosfatados encontram-se localizados relativamente próximos à região de cerrado, área de expansão da fronteira agrícola do País. O crescimento da demanda tem ocorrido em regiões mais remotas dos estados de MT, PA e MA, que atualmente tem maior dependência de produtos importados. Dos novos projetos previstos de produção de fosfato e de fertilizantes fosfatados, o projeto Santa Quitéria é o que tem melhores condições de

atender parte dessa demanda crescente. A retomada do projeto Itafós, no estado de Tocantins, também poderá representar uma fonte adicional de fosfato e de fertilizantes fosfatados para essas regiões.

- Em relação às perspectivas de integração entre os polos produtores de fosfatados, potássicos e nitrogenados, observam-se perspectivas convergentes de integração da produção. No entanto, serão necessários insumos específicos não necessariamente disponíveis em todas as regiões, e novos empreendimentos deverão ser instalados para suprir a demanda de tais insumos, como o enxofre e potássio, entre outros.
- A dependência de importação de produtos fosfatados aumentou de 44%, no ano 2000, para 72% em 2020, segundo o PNF (SEAE, 2022). Essa dependência representa um aspecto crítico para o crescimento do setor e dos segmentos industriais associados, especialmente o de agronegócios. Outro aspecto associado é a capacidade ociosa de alguns produtores internacionais, já que a indústria mundial de fertilizantes fosfatados passou por intensa consolidação nas últimas décadas e, em consequência, a sua atual capacidade instalada é concentrada em pequeno número de produtores.
- No aspecto de formação de preços, o Brasil atua como um tomador de preços ao invés de formador de preços. As políticas públicas minerais nacionais devem focar a formação dos preços no cenário internacional, levando em conta o desenvolvimento de países emergentes, o aumento da demanda internacional, e o aumento da competição internacional nos mercados produtores e consumidores.
- O Brasil tem longa experiência, histórico de inovação e corpo técnico qualificado para o desenvolvimento de processos para concentração de apatita no caso de implantação de novas unidades industriais. O Brasil possui patentes com processo alternativo ao uso de ácidos inorgânicos para a produção de concentrados de rocha fosfática.

2.4.3.3. Diagnóstico do potássio

O Brasil depende fortemente da importação de potássio. Com o crescimento da produção agrícola brasileira, a partir da década de 1980, o Brasil se tornou o segundo maior importador mundial de potássio. A produção interna de cloreto de

potássio iniciou-se no ano de 1985, a partir do complexo da Mina/Usina Taquari-Vassouras, no estado de Sergipe, atualmente parte do grupo Mosaic Fertilizantes.

As principais reservas nacionais de sais de potássio no Brasil estão localizadas nas regiões de Taquari/Vassouras e Santa Rosa de Lima (mineral silvinita) e Rosário do Catete (mineral carnalita), em Sergipe, e nas regiões de Itacoatiara, Nova Olinda do Norte e Autazes (mineral silvinita), no estado do Amazonas (SEAE, 2022).

O único parque produtivo nacional, o de Taquari/Vassouras, em Sergipe, produziu, entre 1988 e 2020, aproximadamente 9,5 milhões de toneladas de K_2O . A empresa que opera o projeto, do grupo Mosaic Fertilizantes, afirmou recentemente que está buscando novos investimentos na unidade, para que ela continue em operação após 2024 (SER, 2021).

Além dos depósitos evaporíticos, outra fonte de potássio provém de rochas sedimentares siliciclásticas, o verdete, que é processado atualmente por exemplo, pela VERDE Agritech, em Minas Gerais, com capacidade produtiva da ordem de 12,7 mil t/a de K_2O . Outras fontes incluem o fonolito, extraído e processado pela Mineração Curimbaba, em Poços de Caldas/MG, e o kamafugito, extraído e processado pela empresa Triunfo Mineração, em Carmo do Paranaíba/MG, ambas já autorizadas para serem utilizadas como produtos remineralizadores de solo (KPF, 2022).

Em relação à demanda nacional, a produção agrícola do Brasil posiciona o País como um dos grandes produtores de grãos do planeta, bem como o posiciona no ranking mundial como o segundo maior consumidor global de potássio, ficando apenas atrás da China. A participação brasileira no cenário mundial da produção de potássio não é significativa, sendo que no ano de 2020, a dependência de fornecedores externos de potássio atingiu 96,4%, tendo sido necessário importar 6,80 milhões de t de KCl (K_2O contido), enquanto nossa produção foi de apenas 250 mil t de KCl (AMB 2022).

Em termos dos processos ativos de potássio, o levantamento dos dados atuais registrados na ANM aponta os seguintes resultados (ANM 2022):

- Existem 66 processos relacionados à fase de lavra de potássio:
 - (a) Requerimentos de Lavra: 39 processos, assim distribuídos: 29 em

Minas Gerais (74%), 5 no Amazonas (13%), 3 em São Paulo (8%), 1 em Goiás e Tocantins (3% cada).

- (b) Concessões de Lavra: 13 processos, assim distribuídas: 12 em Minas Gerais (92%) e 1 no Amazonas (8%).
- (c) Direitos de Requerer a Lavra: 14 processos, assim distribuídos: 10 em Minas Gerais (71%) e 4 no Amazonas (29%).

2.4.3.4. Complementando o diagnóstico do potássio

As ocorrências mais promissoras de recursos para produção de fertilizantes potássicos no Brasil estão localizadas nos estados do Amazonas e de Sergipe. É necessário avaliar os modais logísticos para a distribuição da produção atual e futuro, de forma a competir com as importações. Uma condição primordial é a disponibilidade de investidores com capacidade financeira que atendam as necessidades de capital para implantar empreendimentos deste porte e que essas operações possam ser competitivas em relação aos concorrentes internacionais. O caso recente da Potássio do Brasil, que está se estruturando para implantar uma operação de produção de potássio em Autazes/AM, é um exemplo dos desafios a serem enfrentados para implantar uma operação de grande porte de produção de potássio no Brasil (RMI, 2022).

Um aspecto crítico na produção de potássio no Brasil diz respeito à distribuição dos polos de produção e dos polos de demanda. As duas principais regiões do País detentoras de depósitos de rochas potássicas encontram-se localizadas relativamente próximas a grandes polos de demanda de fertilizantes, podendo utilizar modais logísticos e novas infraestruturas para facilitar o escoamento de produção desse insumo agrícola em direção aos mercados consumidores.

Os demais aspectos críticos identificados no diagnóstico do potássio incluem os seguintes pontos:

- Considerando o possível aumento da oferta a partir do novo polo produtor de potássio no estado do Amazonas, embora este polo não esteja necessariamente localizado próximo dos principais consumidores, existe potencial para o aproveitamento de modais de transporte logístico e de cabotagem com custos competitivos em relação aos produtos importados. Da mesma forma, a oferta de potássio a partir do polo produtor atual

no estado de Sergipe tem condições de manter preços competitivos, especialmente para os mercados consumidores na região nordeste. Por outro lado, a crescente oferta de rochas potássicas para substituir, pelo menos parcialmente, o uso de fertilizantes consagrados, tem potencial para suprir uma parte significativa da demanda nas regiões Sudeste e Centro-Oeste.

- Em relação às condições de produtividade da produção nacional, mesmo com a entrada em produção de novos projetos no estado do Amazonas, o nível de custo da produção nacional deverá se manter alto em relação aos demais produtores no mundo. A Tabela 2 apresenta a análise comparativa dos custos médios de produção, desenvolvida por aproximação e por critérios de interpretação, para os diferentes países e regiões que produzem potássio no mundo.

Tabela 2. Estimativa de custos médios regionais de produção de potássio no mundo

País ou Região	USD/t
Bielorrússia	110,0
Rússia	110,0
Brasil	240,0
Canadá	140,0
China	160,0

Fonte: (CRU, 2017)

- Em relação às perspectivas de integração entre os polos produtores de fosfatados, potássicos e nitrogenados, alguns dos polos produtores de matérias-primas e produtos fertilizantes tem possibilidade de oferecer um nível razoável de integração. No entanto, a participação dos produtos potássicos nesta integração é limitada pela rigidez da localização das jazidas de potássio, concentradas nos estados do Amazonas e de Sergipe.
- No caso do potássio, a dependência de produtos importados manteve-se alta nas últimas décadas (93% em 2002 e 96,4% em 2020), o que evidencia um aspecto crítico que pode ter impactos na posição competitiva do agronegócio brasileiro.
- A capacidade ociosa dos produtores internacionais também é um aspecto crítico na produção de potássio, já que a indústria mundial de fertilizantes passou por intensa consolidação nas últimas décadas e, em consequência,

a sua atual capacidade instalada é concentrada em um número limitado de produtores.

- Em relação ao contexto geológico, da mesma forma que o fosfato, há um número limitado de descobertas de novos depósitos com ocorrências significativas de potássio no Brasil nos últimos anos. Com isso, a jazidas e os minérios de potássio brasileiro apresentam características restritas de competitividade internacional.

2.4.4. Análise dos objetivos, metas e medidas de ação propostos no Programa Nacional de Fertilizantes

Os objetivos estratégicos para o setor de fertilizantes, apresentados no Plano Nacional de Fertilizantes são os seguintes:

- Modernizar, reativar e ampliar as plantas e projetos de fertilizantes existentes no Brasil
- Melhorar o ambiente de negócios no Brasil para atração de investimentos para a cadeia de fertilizantes e nutrição de plantas
- Promover vantagens competitivas na cadeia de produção nacional de fertilizantes para melhorar o suprimento do mercado brasileiro
- Ampliar os investimentos em PD&IE no desenvolvimento da cadeia de fertilizantes e nutrição de plantas do Brasil
- Adequar a infraestrutura para integração de polos logísticos e viabilização de empreendimentos

Para cada um dos objetivos estratégicos listados, o PNF propõe metas e medidas de ação, mencionadas a seguir, com foco nos temas especificamente relevantes para o fosfato e o potássio (SEAE, 2022).

Objetivo estratégico 1: modernizar, reativar e ampliar as plantas e projetos de fertilizantes existentes no Brasil.

Metas para o objetivo estratégico 1:

- Aumentar 3% ao ano a extração de rocha fosfática no Brasil até 2030 e 2% até 2050;
- Atingir 8 a 9 milhões de t/ano (2,9 milhões de t/ano de nutrientes em P2O5 equivalente) em 2025 (em termos de capacidade instalada). Atingir 14 milhões de t/ano de rocha fosfática (4,2 milhões de t/ano em nutrientes P2O5) em 2030; 21 milhões de t/ano de rocha fosfática (7,25 milhões de t/ano em nutrientes P2O5) em 2040; e 27 milhões de t/ano de rocha fosfática (9,2 milhões de toneladas em nutrientes P2O5/ano) em 2050, em termos de capacidade instalada;
- Elevar a produção nacional de K2O a, pelo menos, 2,0 milhões de toneladas até 2030; 4,0 milhões de toneladas até 2040 e 6,0 milhões de toneladas até 2050, em termos de capacidade instalada;
- Produzir, a partir de fontes alternativas, pelo menos: 1,0 milhão de toneladas de K2O até 2030; 2,0 milhões de toneladas de K2O até 2040 e 3,0 milhões de toneladas de K2O até 2050;
- Aumentar em, pelo menos, 25% o número de fábricas de FOM no Centro-Oeste e Centro-Norte como propulsores do mercado de organominerais no horizonte de 2030; em 50% até 2040 e em 100% até 2050;
- Aumentar a produção e oferta de fertilizantes orgânicos e organominerais em pelo menos, 25% até 2025; 50% até 2030; 200% até 2040; e 500% até 2050;
- Reaproveitar os resíduos sólidos e subprodutos com potencial de uso agrícola para a produção de fertilizantes e insumos agrícolas em, pelo menos, 10% da produção até 2030; 30% até 2040; e 70% até 2050;
- Atingir 100 plantas de beneficiamento adequadas para a produção de 2 milhões de toneladas anuais de remineralizadores a partir de produtos e coprodutos até 2030;
- 500 plantas de beneficiamento adequadas para a produção de 9 milhões de toneladas anuais de remineralizadores a partir de produtos e coprodutos até 2040;
- 1.000 plantas de beneficiamento adequadas para a produção de 18 milhões de toneladas anuais de remineralizadores a partir de produtos e coprodutos até 2050;

- Reduzir em 15% a emissão de gases de efeito estufa no processo industrial por meio da escolha de fornecedores, melhorias em processos internos e contabilidade do carbono relacionado ao reaproveitamento/reciclagem de resíduos orgânicos e minerais anuais de remineralizadores a partir de produtos e coprodutos até 2050;
- Aumentar em 7% a receita líquida anual gerada por novos produtos certificados ESG até 2030;
- Estimular e difundir boas práticas na produção de fertilizantes e insumos para nutrição de plantas que minimizem a emissão de GEE em pelo menos 10% até 2030, 20% até 2040, 30% até 2050;
- Reduzir o consumo de água/energia e aumentar o reúso nos processos de produção de fertilizantes e insumos para nutrição de plantas em pelo menos 10% até 2030, 20% até 2040, 30% até 2050; e
- Atrair investidores para a implantação de indústrias de fosfato, usando concentrado fosfático importado e ácido fosfórico, nos parques industriais acoplados às plantas de nitrogenados, promovendo a integração entre a indústria de nitrogenados e fosfatados até 2030.

Ações para o objetivo estratégico 1:

- Inserção na agenda da OCDE e de outros arranjos internacionais, por meio de atuação do MRE e da APEX, de plano de atração de investidores nacionais e internacionais, nos modelos híbridos (PPI) ou individuais (via *funding*) para expansão da capacidade produtiva (capacidade instalada e infraestrutura) de produtos nitrogenados- fosfatados-potássicos no Brasil;
- Estímulo ao maior aproveitamento do enxofre residual do refino de óleo e gás para a indústria de fertilizantes por meio de parcerias entre a Cadeia de O&G e a Cadeia de Fertilizantes;
- Viabilização junto aos respectivos órgãos ambientais federais e estaduais do estado de Santa Catarina para a licença ambiental da exploração de fosfato da jazida localizada em Anitápolis, buscando iniciar a sua exploração pelo setor de fertilizantes;
- Promoção de estudos de impacto ambiental e de viabilidade técnica para a exploração de fosfato na Jazida de Iperó, localizada em área declarada Floresta Nacional, no Município de Iperó, estado de São Paulo;

- Viabilização junto aos respectivos órgãos regulatórios e de fiscalização para a exploração de fosfato no depósito de Maecurú/PA;
- Viabilização de mecanismos de incentivo financeiro e de desburocratização para o início da operação de projetos de exploração de fosfatos como Jauru-MT, Três Estradas/RS, Mata da Corda/MG, Irecê/BA, Miriri/PB-PE, Santa Quitéria/CE, Bonfim/TO;
- Incentivo à finalização dos projetos de expansão da capacidade instalada de fertilizantes fosfatados no Brasil: Arraias/TO, Santana/PA, Salitre/MG e Patrocínio/MG, Santa Quitéria/CE, Pratápolis (Morro Verde)/MG;
- Criação de linhas de financiamentos por bancos públicos e privados para o aumento da capacidade instalada do setor de fertilizantes e insumos para nutrição de plantas no Brasil;
- Criação de linha de fomento para a expansão da capacidade instalada de produção de fertilizantes de eficiência aumentada na presença de risco tecnológico;
- Criação de incentivo fiscal ou linhas de financiamento diferenciados para indústrias que destinarem seus resíduos para reciclagem como fertilizante, proporcional à quantidade de resíduos destinada, e realizarem reuso de efluentes em sistemas de fertirrigação, proporcional à quantidade de efluentes destinada;
- Formalização de acordos bilaterais de fornecimento de fosfato para o mercado brasileiro com Marrocos, EUA, Peru e China;
- Formalização de acordos bilaterais de fornecimento de potássio para o mercado brasileiro com, Rússia, Canadá, Alemanha, Bielorrússia, Jordânia e Israel;
- Formalização de acordo bilateral e atração de investimentos privados, em parceria com a Argentina, para a produção e fornecimento de potássio para o Brasil; e
- Promoção do aumento de consumo de FOM e fertilizantes orgânicos, integrado com o PNRS e ODS12 (Produção e Consumo Sustentável) ao longo dos ciclos do PNF.

Análise das metas e ações recomendadas para o objetivo estratégico 1:

- O setor de mineração tem um potencial significativo para contribuir com o PNF, especialmente no tema da ampliação do conhecimento dos recursos minerais para a fabricação de fertilizantes fosfatados e potássicos.
- É necessário desenvolver mecanismos de incentivos e financiamento para que as empresas de mineração possam continuar contribuindo com a descoberta de novos depósitos, e que possam estabelecer condições de produção aproveitamento desses recursos de forma competitiva com as alternativas de mercado.
- Considerando que na ANM encontram-se registradas 231 processos de fósforo relacionados à fase de lavra (sendo um terço localizado no Estado de Minas Gerais) e 66 processos de potássio relacionados à fase de lavra (majoritariamente no Estado de Minas), é importante entender os obstáculos que os detentores desses direitos minerários possam estar enfrentando para desenvolver projetos de aproveitamento desses recursos. Mais uma vez, o oferecimento de mecanismos de incentivo e financiamento para impulsionar esses projetos por meio de políticas públicas para o setor mineral é um aspecto crítico para que as empresas possam superar esses obstáculos de forma a viabilizar o desenvolvimento desses projetos.
- Um exemplo de sucesso em situação similar é o caso da Índia, que buscava crescimento da sua produção de aço para tornar-se um dos líderes do setor. Tal crescimento dependeria da expansão da produção local de minério de ferro, para reduzir sua dependência de importações. Em 2017 foi lançada a Política Nacional do Aço, que permitiu enfrentar com sucesso os obstáculos para a produção nacional de minério de ferro, e assim possibilitou a expansão da indústria de ferro naquele país (KRI, 2022).
- O uso de fertilizantes no Brasil também deve levar em conta a priorização das suas possíveis aplicações no setor agropecuário. Na maioria dos casos, a priorização está associada às culturas mais importantes do agronegócio, que geram exportações, divisas cambiais, investimentos, empregos e infraestrutura. Além disso, a nível local e regional, é importante levar em conta também as culturas associadas à necessidade de abastecimento interno, essenciais para alimentação da população, que incluem aplicações de subsistência e outras culturas de menor expressão, como por exemplo o trigo, que atualmente é importado.

- A viabilização de novos projetos de produção de fertilizantes no Brasil deve levar em conta a necessidade de fabricar produtos com custos mais competitivos que os produtos importados, o que pode exigir o desenvolvimento de instrumentos administrativos de controle de importações, e políticas de preços regionais.

Objetivo estratégico 2: melhorar o ambiente de negócios no Brasil para atração de investimentos para a cadeia de fertilizantes e nutrição de plantas.

Metas para o objetivo estratégico 2:

- Aumentar, pelo menos, de 5 para 7 agentes produtores de fertilizantes fosfatados e matérias-primas em novas áreas minerárias até 2030 e totalizar 10 agentes até 2040;
- Aumentar, pelo menos, de 5 para 10 agentes produtores de fertilizantes potássicos e matérias-primas em novas áreas minerárias até 2030 e mais 10 agentes produtores até 2040;
- Adoção de incentivos tributários nos âmbitos federal/municipal/ estadual para estimular o setor de produção de fertilizantes orgânicos, organominerais e subprodutos com potencial de uso agrícola;
- Estimular e aumentar, até 20%, a exploração das jazidas de fósforo em lavra por empresas privadas detentoras dos direitos de concessão, até 2025;
- Instituir por lei, até 2025, um regime especial de incentivo ao desenvolvimento da infraestrutura da indústria de fertilizantes (REIF), com prazo de vigência de pelo menos 5 anos;
- Viabilizar, até 2030, pelo menos, cinco leilões das áreas de mineração para fertilizantes fosfatados e, pelo menos, cinco leilões das áreas de mineração para fertilizantes potássicos;
- Manter o equilíbrio e a isonomia tributária percebida no Convênio 100/1997 ao longo dos ciclos do PNF;
- Ter pelo menos quatro unidades da federação com planos estaduais de atração de investimentos implementados até 2025 e todas as unidades da federação que possuam potencial de produção de fertilizantes até 2030;

- Aumentar o número de agentes entrantes no mercado de fertilizantes organominerais e orgânicos em pelo menos 100% a cada 10 anos; e
- Atrair investimentos equivalentes a, pelo menos, US\$ 500 milhões de fontes privadas até 2030, US\$ 1 bilhão até 2040 e US\$ 5 bilhões até 2050 para o setor de produção de fertilizantes orgânicos, organominerais, subprodutos com potencial de uso agrícola.

Ações para o objetivo estratégico 2:

- Apresentação de projeto de lei para a criação da Política Tributária de Fertilizantes e Insumos para Nutrição de Plantas, ao nível federal, para vigorar em substituição ao acordo sobre o tema no CONFAZ (Convênio 100/1997), com vistas à estabilidade do setor e ao fortalecimento da indústria e da distribuição, alinhada à reforma tributária do País;
- Promoção de estudos técnicos acerca da política tributária federal para o setor de fertilizante e insumos para a nutrição de plantas;
- Promoção, junto aos governos dos estados e municípios, da harmonização das leis tributárias estaduais e municipais, de maneira a estimular os investimentos no setor de fertilizantes e insumos para nutrição de plantas;
- Inserção das rochas fosfáticas e enxofre destinadas à produção de fertilizantes na lista dos benefícios fiscais atribuídos aos fertilizantes importados classificados no Capítulo 31 da NCM;
- Inserção na agenda de negociação dos acordos bilaterais do Brasil de negócios relacionados ao investimento em produção e importação para a cadeia de fertilizantes e insumos para nutrição de plantas, com destaque para os principais países produtores de fertilizantes do mundo;
- Criação de um Comitê de Desburocratização e Aceleração do processo de Pesquisa Mineral, Lavra e Produção / Registro de Produto, para a minimização de riscos nos empreendimentos, no âmbito do Conselho Nacional de Fertilizantes do PNF (SEAE, 2022);
- Promoção de ajuste na regulação ambiental, no âmbito do Comitê de Desburocratização e Aceleração, alinhado às melhores práticas internacionais e de sustentabilidade, com prazos de análise de até 120 dias, que aprimorem a pesquisa e exploração mineral de reservas de fosfato e reservas de potássio;

- Apoio às iniciativas do Governo Federal para viabilizar a utilização efetiva de direitos minerários em garantias de financiamento para expansão da capacidade instalada da mineração e transformação mineral de matérias-primas para indústria de fertilizantes e insumos para nutrição de plantas;
- Desenvolvimento de um sistema eletrônico para a integração nacional (âmbitos federal, estadual e municipal) dos sistemas regulatórios de licenças para a pesquisa e exploração mineral, produção, registros de produtos e comercialização de fertilizantes e insumos para nutrição de plantas no Brasil - “SEI Fertilizantes”;
- Estabelecimento de modelos de estimativas da demanda e oferta futura do mercado nacional e regional (Mercosul) de fertilizantes e insumos para nutrição de plantas no Brasil a cada dois anos;
- Elaboração e implementação de uma Estratégia ESG para toda a cadeia de fertilizantes e insumos para nutrição de plantas no Brasil;
- Promoção da adesão das empresas à Estratégia ESG por meio de incentivos fiscais/tributários/econômicos;
- Integração, em parceria com o setor privado, da cadeia de fertilizantes no Mercado de Carbono e Mercado de Sustentabilidade Ambiental (ESG);
- Criação de um evento internacional bianual sobre a cadeia de fertilizantes e insumos para nutrição de plantas - “Bienal de Fertilizantes”;
- Elaboração de políticas públicas adequadas para o desenvolvimento sustentável do setor, em consonância com as exigências internacionais da OCDE;
- Capacitação e instrumentação dos órgãos envolvidos na regulação da cadeia de fertilizantes em Boas Práticas Regulatórias segundo padrões internacionais;
- Estímulo ao uso do sistema de propriedade intelectual, de maneira a promover a criação e comercialização de ativos tecnológicos por parte das instituições públicas e empresas privadas, para que o Brasil figure entre os cinco países mais inovadores no mundo na cadeia de fertilizantes e insumos para nutrição de plantas;
- Promoção das garantias seguradas pela Lei de Propriedade Industrial ao setor de fertilizantes e insumos para a nutrição de plantas ao longo dos

ciclos do PNF, trazendo segurança jurídica para as indústrias investirem no desenvolvimento de novos produtos (SEAE, 2022);

- Criação do protocolo nacional de critérios para aprovação de subprodutos a serem utilizados na agricultura e indústria de fertilizantes e insumos para nutrição de plantas, de acordo com as melhores práticas internacionais;
- Produção de um diagnóstico internacional sobre o histórico de investimentos públicos e privados em PD&I na cadeia de fertilizantes e sua relação com o desenvolvimento econômico dos países;
- Intensificação e aprimoramento da fiscalização na cadeia de produção e distribuição de fertilizantes e insumos para nutrição de plantas, visando à melhoria da qualidade dos produtos oferecidos ao consumidor final, melhorando a imagem das empresas que atuam no setor;
- Adequação de alíquotas de importação de máquinas, equipamentos e insumos sem similar nacional, visando à modernização do parque industrial e consequentemente a produtividade e competitividade da indústria, assim como mecanismo de incentivo ao desenvolvimento de produtos nacionais e transferência de tecnologia;
- Adoção de metas obrigatórias de gerenciamento e segregação de resíduos sólidos pelos poderes públicos municipais, por meio da coleta seletiva ou triagem mecanizada, causando ampliação da oferta de resíduos orgânicos e subprodutos com potencial de uso agrícola para a produção de fertilizantes e insumos para nutrição de plantas;
- Adoção de metas obrigatórias para o reuso de efluentes em sistemas de fertirrigação;
- Publicação do inventário nacional de resíduos da agropecuária, agroindústria e urbanos, com potencial para uso na cadeia de fertilizantes e insumos para nutrição de plantas;
- Promoção da inclusão da reciclagem/reaproveitamento de resíduos no Programa Federal de Pagamento por Serviços Ambientais (PFPSA) com base na Lei nº 14.119, de 13 de Janeiro de 2021, art. 6, §1º e na questão de conservação dos recursos hídricos;
- Inserção no censo agropecuário/industrial a coleta de informações a respeito de produção de resíduos e sua destinação no setor de fertilizantes;

- Criação de um protocolo para caracterização do nano insumos para novos produtos entrantes no mercado brasileiro;
- Estabelecimento do arcabouço legal com previsão de incentivos fiscais e desoneração de tributos para compra de equipamentos, estabelecimento e operação de empreendimentos para produção de fertilizantes à base de resíduos e subprodutos;
- Promoção da criação de um conselho sul-americano da indústria de fertilizantes no âmbito do Mercosul;
- Criação do Sistema Nacional de Informação de Fertilizantes e Nutrição de Plantas (SNIF), via acordos de cooperação interministeriais, em plataforma tecnológica, georreferenciada e aberta ao público;
- Promoção de pacto setorial para diminuição do preço final ao produtor rural dos fertilizantes no Brasil;
- Divulgação de estatísticas oficiais da cadeia de fertilizantes e insumos para nutrição de plantas;
- Implementação de um painel com a composição dos preços dos fertilizantes nacionais e importados para a redução das assimetrias de informação no setor de fertilizantes;
- Promoção, por meio de legislação específica, de arcabouço que permita melhor aproveitamento dos subprodutos com potencial de uso agrícola e bioinsumos no Brasil;
- Integração entre a cadeia de REM e outras cadeias (insumos agrícolas, mineração, distribuição e outros, assim como outros planos governamentais);
- Promover definição de remineralizadores como um bem mineral para inclusão no requerimento de pesquisa e de exigências adequadas para prospecção e quantificação de recursos minerais desta natureza, além de definição de métodos oficiais para a caracterização de remineralizadores;
- Ajuste do ambiente regulatório visando adequar as normas de licenças de operação para o setor de produção de fertilizantes orgânicos, organominerais, subprodutos com potencial de uso agrícola.

Análise das metas e ações recomendadas para o objetivo estratégico 2:

- Como é o caso nas demais substâncias minerais, o aproveitamento de fosfato e potássio poderiam se beneficiar da agilização dos processos administrativos e de licenciamento associados aos direitos minerários, inclusive com possibilidade de autorizações tácitas e maior autonomia das autoridades locais e regionais;
- A regulamentação dos processos de autorização de pesquisa mineral pode ser revista de forma a permitir reorganizar os direitos minerários das substâncias minerais associadas aos interesses nacionais, como é o caso do fosfato e do potássio;
- É necessário considerar as condições necessárias para estimular o ambiente de negócios associados a empreendimentos de mineração de potássio e fosfato, e gerar mecanismos de incentivo para investimentos para que esse setor possa competir com produtos importados.

Objetivo estratégico 3: promover vantagens competitivas na cadeia de produção nacional de fertilizantes para melhorar o suprimento do mercado brasileiro.

Metas para o objetivo estratégico 3:

- Ampliar a oferta de matéria-prima para fertilizantes na América do Sul, atendendo a demanda Brasileira em, pelo menos 5% em 2030, 10% em 2040, 15% em 2050;
- Promover ações de intercâmbio de tecnologia e conhecimento para aumentar a contribuição da FBN e de bioinsumos em pelo menos 15% da demanda da América do Sul para fertilizantes e insumos para nutrição de plantas até 2030;
- Ampliar e disponibilizar o conhecimento em recursos minerais fosfáticos no Brasil, cobrindo, pelo menos, 50% do território nacional até 2030, aumentando 10% a cada 2 anos, até 2040;
- Fomentar com recurso público, de pelo menos R\$ 20 milhões anuais, projetos de prospecção de fosfato e potássio, incluindo o foco em diferentes tipologias de depósitos de fosfatos, entre 2022 e 2030;

- Atrair investimentos, por meio de fontes privadas, pelo menos cinco vezes a proporção dos valores públicos aplicados para incorporar a pesquisa mineral de fósforo/potássio ao longo dos ciclos do PNF;
- Atingir 100% de adequação aos critérios ESG das empresas que operam empreendimentos de fertilizantes no Brasil, até 2030;
- Reduzir em 50% do passivo de resíduos do beneficiamento e 50% em rejeitos da atividade de mineração de fosfatos, até 2030 e, em 10% a cada 5 anos;
- Recuperar pelo menos 50% do fosfato secundário produzido no Brasil até 2030, 70% até 2040 e 80% até 2050;
- Disponibilizar no mercado pelo menos cinco novas rotas tecnológicas de processamento e padronização de matéria-prima, transformação para produção de fertilizantes orgânicos e organominerais de alta eficiência agrônômica até 2030;
- Criar um inventário nacional e mapeamento de matérias-primas e materiais para a produção de fertilizantes organominerais e orgânicos, disponibilizado em dashboard do PNF até 2030;
- Criar o Sistema Nacional de Informação sobre Fertilizantes e Nutrição de Plantas para o monitoramento e divulgação das metas e ações do PNF até 2025;
- Ampliar a área de adoção de inoculantes na cultura do feijão em 100% até 2030;
- Ampliar o número e a quantidade ofertada de produtos visando aumentar a eficiência e uso de nutrientes para as culturas como milho, café, cana-de-açúcar em, pelo menos, 25% até 2030, 75% até 2040 e 100% até 2050;
- Incrementar a adoção de bioinsumos para a nutrição de plantas, visando melhorar a eficiência de uso de nutrientes e aumentar a adaptação dos vegetais a condições edafoclimáticas adversas para culturas de grande escala e altamente dependentes de NPK, como milho, café, cana-de-açúcar para, pelo menos, 25% até 2030, 50% até 2040 e 75% até 2050, da área plantada no Brasil;

- Prospectar, pelo menos, 100 novos bioinsumos em ambientes não usuais com base em NGS, bioinformática e bancos de dados de genes funcionais até 2030;
- Criar linhas de fomento à pesquisa específicas na temática de desenvolvimento de bioinsumos para melhorar a adaptação das culturas agrícolas às mudanças climáticas de, pelo menos R\$ 20 milhões/ano, de fontes públicas e captar, pelo menos, o mesmo valor, de fontes privadas a cada 3 anos, a partir de 2022;
- Promover ações coordenadas voltadas para alinhamento de temas transversais a diferentes programas e/ou políticas públicas com foco em bioinsumos;
- Realizar zoneamento agro geológico na escala de 1:250.000 para os estados de Goiás, Tocantins, Bahia, Mato Grosso até 2030; para oito estados até 2040 e para o Brasil até 2050;
- Definir métricas do potencial de sequestro de carbono realizado pelo uso de remineralizadores em diversas condições regionais e de sistemas de produção até 2050;
- Implementar inventário de geração de resíduos com potencial de uso agrícola até 2025 e a calculadora de intensidade de carbono até 2030;
- Criar um painel de indicadores de sustentabilidade agroambiental e de sustentabilidade econômica para a cadeia de fertilizantes e nutrição de plantas no Brasil até 2025.

Ações para o objetivo estratégico 3:

- Ampliação e modernização da capacidade instalada e de recursos humanos especializados do Serviço Geológico do Brasil e do Centro de Tecnologia Mineral em pesquisa e transformação mineral para a cadeia do fosfato, potássio e enxofre;
- Incentivo às metas de antecipação do escoamento de gás em regiões como Sergipe- Alagoas e Santos, e à venda antecipada de volumes de gás a serem tratados *on-shore*;
- Realização de estudos prospectivos de fontes de financiamento alternativas para pesquisa mineral provenientes do setor privado, fundos internacionais etc.;

- Desenvolvimento de um modelo de financiamento para a indústria mineral de fertilizantes;
- Integração das metas do PNF ao PPI para estímulo ao aumento da capacidade instalada e da infraestrutura para o setor de fertilizantes;
- Estímulo à cadeia de fertilizantes e insumos para nutrição de plantas para a captação de investimentos diretamente via mercado de capitais, por meio de fundos de investimento em participação (FIPs), Fundos de Investimento em Direitos Creditórios (FIDCs), emissão de debêntures, *bonds*, ou captação em bolsas no Brasil e no exterior, via processos de abertura de capital, *Royalties* e *Streaming*, a exemplo do Canadá e Austrália;
- Estímulo ao uso de produtos e linhas para crédito de longo prazo do BNDES, contemplando, entre outros, o BNDES Finem Crédito para projetos Direto, com prazo total de financiamento de até 20 anos, definido em função da capacidade de pagamento, BNDES Finame Direto, limite de crédito para financiamento a máquinas, equipamentos, veículos, sistemas industriais e outros materiais industrializados, BNDES Debêntures Sustentáveis e de Infraestrutura, apoio a investimentos sociais, verdes e em infraestrutura por meio da aquisição de debêntures simples, BNDES Garantias, garantia fidejussória a obrigações pecuniárias assumidas pelos clientes junto a credores nacionais ou estrangeiros;
- Estímulo ao conhecimento geológico nacional de maneira a mapear pelo menos 60 folhas 1:250.000, 168 folhas 1:100.000 e 114 folhas na escala 1:50.000 até 2030, 75 folhas 1:250.000, 224 folhas 1:100.000 e 228 folhas na escala 1:50.000 entre 2030 e 2040, 125 folhas 1:250.000, 280 folhas 1:100.000 e 456 folhas na escala 1:50.000 entre 2040 e 2050 para atrair investimentos nacionais e internacionais na exploração mineral de fosfato, potássio e outros nutrientes no Brasil;
- Fomento de estudos de zoneamento agro geológico para identificar viabilidade logística de fontes regionais de agro minerais e estimular as cadeias regionais de novos fertilizantes e insumos para a nutrição de plantas;
- Aplicação dos instrumentos de financiamento à inovação da Finep, capazes de apoiar todo o ciclo de desenvolvimento de Fertilizantes e outras soluções inovadoras para nutrição de plantas;

- Criação de linha de financiamento para a produção de fertilizantes no âmbito das cadeias emergentes (expansão da capacidade instalada);
- Implementação de programas de comunicação e divulgação na mídia de informações baseadas em ciência sobre a relação dos fertilizantes, meio ambiente, sociedade e segurança alimentar ao longo dos ciclos do PNF;
- Estímulo do programa “Nutrientes para a vida”, coordenado pela Indústria de Fertilizantes e outras campanhas setoriais, para divulgação da cadeia de fertilizantes e nutrição e plantas no Brasil e no mundo;
- Incentivo fiscal e/ou linhas de financiamentos diferenciados para empresas que produzam fertilizantes utilizando subprodutos/resíduos, destacando-se os investimentos iniciais, proporcional à quantidade de fertilizantes a ser produzida;
- Incentivo fiscal e/ou linhas de financiamentos diferenciados para empresas que realizem o reuso de efluentes em sistemas de fertirrigação, destacando-se os investimentos iniciais, proporcional à quantidade de efluentes a ser reusada;
- Incentivo ao fortalecimento da indústria nacional de equipamentos utilizados na adequação de subprodutos ao uso agrícola e produção de fertilizantes a partir desses e à sua aplicação no campo;
- Incentivo à construção de fábricas de fertilizantes orgânicos, organominerais e insumos de base orgânica, regionalizados, por meio de linhas de financiamento específicas em parceria com os Estados e incentivo ao cooperativismo regional para criação de unidades de processamento de matéria-prima de larga escala, para fornecimento à indústria de fertilizantes;
- Mapeamento geológico das unidades portadoras de remineralizadores na escala de 1:250.000 dos estados de Goiás, Tocantins, Bahia, Mato Grosso e Integração de dados do potencial agro geológico na escala de 1:250.000.

Análise das metas e ações recomendadas para o objetivo estratégico 3:

- No caso de políticas de incentivo para os setores de fertilizantes, é necessário levar em conta, conforme mencionado anteriormente, que na maioria dos casos o agronegócio vinculado à indústria de fertilizantes

objetiva o desenvolvimento de negócios (exportações, divisas cambiais, geração de empregos, infraestrutura, entre outros), mas não pode excluir as aplicações associadas à alimentação da população brasileira.

- Note-se que a China, entre 2001 e 2013, ampliou a capacidade produtiva de fosfato (DAP) de 2 MMtpa para 10 MMtpa de P₂O₅ contido para atender sua crescente demanda de fertilizantes trazida pelo aumento das áreas agriculturáveis no país. O sucesso dessa iniciativa fez com que o país passasse de importador para exportador, sendo que atualmente a China exporta produtos de fosfato para o Brasil. No caso da China, esse processo incluiu subsídios e incentivos, não todos sustentáveis e vigentes na atualidade, mas os resultados refletem uma posição mais confortável para o país em termos de suficiência e equilíbrio econômico quando comparado ao cenário do início do século na China (REU, 2020 e IPI, 2022). Um risco da estratégia chinesa é a mais rápida exaustão dos seus recursos de mineração e a dependência no futuro de recursos de outros países.
- Por outro lado, a atração de investimentos parece ser possível com a superação dos entraves existentes e que contribuíram para a inércia do setor no Brasil como por exemplo agilização no licenciamento, simplificação dos processos de concessão de lavra e maior facilidade para promover investimentos no setor.
- Poderiam ser estabelecidas taxas de mineração menores conforme as prioridades a nível estadual e municipal, com políticas diferenciadas de tributos como IPTU, ISS, entre outros, de forma a promover a instalação de novos empreendimentos. Um exemplo da importância desse tipo de política pública é o processo de exploração de carnalita em Sergipe, onde os municípios envolvidos não chegaram a um acordo na disputa pelo recolhimento de ISS, mas o qual poderia ter alavancado as atividades econômicas em todos os municípios envolvidos, trazendo assim mais arrecadação de forma indireta.
- Algumas concessões de áreas para pesquisa mineral e mesmo para lavra de fosfato e potássio estão com suas atividades paralisadas. Essas áreas devem ser incluídas em futuros leilões para agilizar os estudos e projetos para estudar a viabilização de aproveitamento das substâncias minerais alvo desses direitos minerários.

- Planos estaduais de atração de investimentos devem ser estruturados e estimulados para viabilizar infraestrutura e condições econômicas para a implantação de novos empreendimentos de potássio e fosfato.
- A produção de organominerais pode elevar o potencial de nutrição associado aos resíduos produzidos por empresas do setor agropecuário, assim como a possibilidade de agregar produtos da mineração para elevação na capacidade nutricional e ganho de eficiência.

Objetivo estratégico 4: ampliar os investimentos em PD&IE no desenvolvimento da cadeia de fertilizantes e nutrição de plantas do Brasil.

Metas para o objetivo estratégico 4:

- Propiciar o aumento da oferta de produtos e processos tecnológicos que promovam aumento da eficiência do uso agrônomo de fertilizantes e novos insumos para a nutrição de plantas em até 20% para 2030, 50% para 2040 e 100% para 2050;
- Promover o aumento da qualidade tecnológica de produtos fertilizantes sólidos e fluidos para minimizar perdas nas etapas de transporte, armazenamento e aplicação em, pelo menos, 10% até 2025, 50% até 2030, 70% até 2050;
- Fomentar o desenvolvimento tecnológico para a implantação de, pelo menos, uma planta de nitrogenados baseada em hidrogênio verde/azul, a cada 10 anos, preferencialmente, com recursos privados e/ou do PPI;
- Fomentar e financiar a inovação para a diversificação da produção de fertilizantes básicos no Brasil alternativas à ureia (nitratos, sulfatos), conectada com a cadeia do hidrogênio verde, com capacidade de, pelo menos, 1,0 milhão de toneladas/ano de nitrogênio até 2040;
- Promover o aumento do fomento em, pelo menos, 25% ao ano, até 2030, de projetos em PD&I em fertilizantes e insumos para a nutrição de plantas e sustentabilidade ambiental, provenientes do governo federal, estadual e do setor privado;
- Consolidar, até 2025, a Rede FertBrasil como uma rede nacional de P&D com ampla representação dos atores científicos e privados do Brasil e conexões internacionais;

- Criar o Centro de Excelência de Fertilizantes e Nutrição de Plantas estruturado de maneira virtual até 2025 e, de maneira física até 2030, com uma sede interligada em rede com unidades regionais especializadas em temas do PNF;
- Promover a capacitação de, pelo menos, 150 mestres e 50 doutores especializados em pesquisa e transformação mineral, tecnologias de novos produtos fosfatados/potássicos, tecnologias para mitigação de impacto ambiental cadeia de fertilizantes e insumos para a nutrição de plantas e sustentabilidade ambiental, em centros de pesquisa referenciados no Brasil e no exterior, até 2030;
- Promover a formação de pelo menos 100 profissionais, especialistas técnicos, em centros de pesquisa referenciados no exterior, financiados pelo CNPq e Capes até 2030 e aumentar o número em, pelo menos, 25% a cada 5 anos;
- Promover o aumento da eficiência agrônômica dos fosfatos nos solos brasileiros em, pelo menos, 20% até 2030, 40% até 2040 e 60% até 2050;
- Promover o desenvolvimento tecnológico para a redução em até 50% do passivo de resíduos do beneficiamento e de rejeitos da atividade de mineração de fosfatos até 2030 e em 10% a cada 5 anos;
- Validar a eficiência agrônômica de novas fontes de fósforo, potássio e outros nutrientes, remineralizadores, resíduos minerais e orgânicos, que atendam às exigências regulatórias ambientais e de registro durante todos os ciclos do PNF;
- Promover o aumento da eficiência agrônômica do potássio na agricultura brasileira para acima de 90% até 2040;
- Promover a inovação, por meio de aplicação de recursos públicos e captação de recursos privados, em processamento e transformação mineral, recuperação/reciclagem e uso eficiente de fontes alternativas de potássio, de pelo menos, R\$ 5,0 milhões até 2030;
- Promover a aplicação dos recursos financeiros captados pela CFEM da cadeia de fertilizantes e insumos para a nutrição de plantas previstos por lei, em projetos de PD&I, com ênfase nas metas do PNF, durante todos os ciclos do PNF;

- Aumentar a oferta de novos produtos oriundos das cadeias emergentes em pelo menos 20% para 2025, 50% para 2030, 100% para 2040 e 200% até 2050;
- Aumentar a oferta de tecnologias nacionais aplicadas à agricultura de precisão, análises de solos e plantas, sensoriamento remoto, nanotecnologia em, pelo menos, 20% para 2025, 50% para 2030, 100% para 2040 e 200% até 2050;
- Aumentar a contribuição da fixação biológica em pelo menos 35% até 2030, 50% até 2040 e 100% até 2050 sobre a demanda de nitrogênio na agricultura brasileira;
- Diminuir em, pelo menos, 50% das perdas gasosas de nitrogênio até 2025, 70% até 2040 e 90% até 2050; e
- Criar *funding* público-privado, a exemplo do Programa “Rota 2030”, para garantir recursos para PD&I, a partir de 2030.

Ações para o objetivo estratégico 4:

- Lançamento da Caravana FertBrasil para difusão de boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes e insumos para a nutrição de plantas no Brasil, por meio de parcerias entre as ICTs e empresas privadas do setor;
- Articulação com os órgãos de fomento para estimular o lançamento de editais específicos para fomentar a pesquisa e desenvolvimento de tecnologias e oferecer fontes e rotas de produção alternativas de nitrogenados;
- Articulação com os C&T e o setor privado para a superação das limitações tecnológicas para que a aplicação da FBN e dos bioinsumos seja ampliada no Brasil, reduzindo a dependência de fertilizante nitrogenados;
- Continuação e ampliação do número de estudos técnicos fomentados pelo governo federal para atualizar cada ciclo de revisão do PNF sobre disponibilidade de matéria-prima, previsão de demanda regional, tecnologias de novos produtos e processos, produtos de eficiência aumentada e cadeias emergentes, prospecção e monitoramento tecnológico, aproveitamento de fosfatos secundários, processos aliados a química verde, “Clean Technologies” e economia circular;

- Criação do Centro de Excelência em Fertilizantes no Rio de Janeiro e mais cinco unidades regionais descentralizadas no País, dentro de ICTs parceiras;
- Viabilização de estudos científicos e tecnológicos em aproveitamento de fontes alternativas, como as de origem marinha, sedimentares e ígneas marginais, residual, coprodutos, orgânicos, associados a outros minerais, promovidos pelo Centro de Excelência em Fertilizantes e Nutrição de Plantas;
- Criação de um programa de apoio a bolsas para estudantes e pesquisadores em fertilizantes e nutrição de plantas;
- Estímulo à colaboração entre as empresas e as Fundações Estaduais de Apoio à Pesquisa, objetivando desenvolver a competência local em PD&I;
- Ações de apoio não reembolsável a projetos de PD&I realizados em parceria com unidades de competência da Embrapii;
- Criação de linha de fomento para a expansão da capacidade instalada de produção de fertilizantes no âmbito das cadeias emergentes (risco tecnológico);
- Criação de edital de projeto de Atualização de Manual de Recomendação de Correção e Adubação dos solos em plataforma digital e interativa;
- Lançamento de edital de estímulos às parcerias entre empresas e ICTs para validação de tecnologias em cadeias emergentes e sustentabilidade ambiental;
- Criação de um Programa Nacional de Boas Práticas para o Uso Eficiente de Corretivos e Fertilizantes no País em Plataforma Digital de Ensino em base gratuita;
- Criação de um fundo privado de fomento à inovação baseado na Lei de Inovação;
- Apoio a realização de diagnóstico dos investimentos em PD&I para fertilizantes e nutrição de plantas;
- Articulação para a criação de fundo setorial para a cadeia de fertilizantes e insumos para nutrição de plantas por parte do MCTI e ministérios associados, que poderia ser chamado de “CT- Fertilizantes”;

- Estabelecimento, junto ao comitê de especialistas do PNF, de linhas prioritárias de PD&I para lançamento de programas de bolsas de pós-graduação;
- Criação de um observatório tecnológico para a Cadeia de Fertilizantes e Nutrição de Plantas com enfoque nas questões atuais e tendências futuras do mercado consumidor;
- Promoção de cooperação internacional entre as instituições de ciência e tecnologia do Brasil que atuam na área de fertilizantes e nutrição de plantas com os países que são referência no setor;
- Criação de mecanismos para aproximar o setor privado de agências de fomento com o objetivo de lançamento de editais para jovens doutores empreendedores, aproveitando as iniciativas já existentes nos estados;
- Estruturação/ampliação de linhas de pesquisa nos editais lançados para apoio a PD&I para bioinsumos, para desenvolvimento de formulações de inoculantes multifuncionais contendo microrganismos isolados, comunidades/micro biomas com diferentes mecanismos de ação (FBN, solubilização de P, promoção do crescimento de raízes, controle biológico, fungos micorrízicos etc.);
- Focalização nos editais de fomento a PD&I da prospecção e desenvolvimento de produtos na categoria de bioinsumos para a nutrição de plantas e crescimento vegetal;
- Criação de grupos regionais de PD&I, associados à Rede FertBrasil, atuando em cursos de pós-graduação em cinco ICTs, sendo uma em cada região do País;
- Publicação de editais específicos para fomento e financiamento de indústrias de base tecnológica, incluindo *startups*, para que sejam criadas indústrias no modelo proposto no Brasil;
- Criação de linha de fomento específica ao desenvolvimento de soluções digitais para processos de aplicação de insumos em taxa variada e em tempo real, em parceria público-privada com o setor de máquinas e automação;
- Criação de política de incentivo, por meio de subvenção econômica, ao desenvolvimento de novos insumos agrícolas derivados de materiais

produzidos pela mineração e sua integração com outras cadeias da agroindústria;

- Investimento de R\$ 4 milhões na caracterização e quantificação de subprodutos e resíduos da mineração como remineralizadores realizado pelo SGB-CPRM;
- Investimento e financiamento privado e público-privado de R\$10 milhões a R\$ 80 milhões por unidade de produção na adequação do processo de beneficiamento de rochas para a produção de remineralizadores;
- Sugerir políticas de incentivo e articulação para organização setorial da cadeia de remineralizadores lideradas pelo MME;
- Execução e avaliação do ciclo de vida dos remineralizadores a cada 5 anos do PNF;
- Produção de protocolos de avaliação da performance de empresas em ESG (índice de sustentabilidade econômica da cadeia de fertilizantes);
- Integração com a Política Nacional do Clima, por meio de ações integradas com o Ministério do Meio Ambiente para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE);
- Criação de grupo de trabalho com o objetivo de produzir o protocolo de ISE para a indústria de fertilizantes;
- Certificação de empresas privadas da cadeia de fertilizantes em ESG por certificadoras oficiais privadas;
- Promoção de fóruns setoriais para estimular o tratamento de esgotos, o reúso de efluentes em sistemas de fertirrigação, resíduos e subprodutos com potencial agrícola nas principais regiões geradoras mapeadas pelo PNF;
- Atuação junto aos órgãos de fomento e financiamento público, em parceria com a gestão da PNRS, para criar ou ampliar linhas de fomento e financiamento para empreendimentos na cadeia;
- Atuação junto aos governos dos estados e municípios para criarem plano de atração de investimentos privados na cadeia para implantação das unidades de tratamento dos resíduos para a produção de fertilizantes e insumos para a nutrição de plantas;

- Proposição de estratégias por meio do comitê de especialistas do PNF para atuar junto aos estados e municípios para proposição de alterações nas leis e normas federais para aumentar o destino dos resíduos para a produção de fertilizantes e insumos para a nutrição de plantas;
- Proposta de inclusão de reciclagem/reaproveitamento do Programa Federal de Pagamento por Serviços Ambientais (PFPSA) nas ações da política nacional de recursos hídricos (PNRH);
- Articulação, com a área responsável pelo Censo Agropecuário, para produzir uma estratégia de inclusão da produção de resíduos com potencial para a indústria de fertilizantes e nutrição de plantas nas estimativas anuais do setor da agropecuária;
- Aplicação da metodologia de criação da calculadora de Carbono do programa Renovabio no PNF para as cadeias de fertilizantes N, P, K e as emergentes;
- Proposição da elaboração de protocolo e de normativas, em consonância com as diretrizes internacionais sobre mercado de carbono, propostas pela OCDE;
- Atuação junto às representações setoriais da cadeia de fertilizantes e nutrição de plantas e no mercado financeiro para realizar ações que estimulem as empresas associadas ou de capital aberto no mercado financeiro para que tenham em seu planejamento projetos de inovação e sustentabilidade ambiental formalizados;
- Construção de uma agenda programática de sustentabilidade ambiental a ser apresentada para a gestão do CONFERT;
- Elaboração e implementação de projeto de levantamento, processamento e interpretação de dados para criação do inventário de ciclo de vida de tecnologias modelo para as cadeias dos fertilizantes;
- Promoção de PD&I para fertilizantes que possam proporcionar, ao mesmo tempo, benefícios em termos de saúde do solo e valor nutricional;
- Incentivar as empresas privadas a investir os volumes de investimento em PD&I das empresas do setor de fertilizantes em projetos vinculados às metas do PNF, segundo a Política Nacional de Inovação (Lei nº 13.243 de 11 de janeiro de 2016, Lei nº 11.196/2005 Lei do Bem, Lei da Informática), durante os ciclos de avaliação do PNF;

- Promover, junto ao Ministério da Educação, estratégias para o fortalecimento das disciplinas de fertilizantes e nutrição de plantas nos cursos de Ciências Agrárias e Biológicas, o que no médio-longo prazo alinhar-se-ia com a formação de mão de obra de alta qualificação e com as ações do Centro de Excelência de Fertilizantes e Nutrição de Plantas.

Análise das metas e ações recomendadas para o objetivo estratégico 4:

- Os produtos da mineração de fosfato e potássio precisam de ter uma base mais sólida de avaliação da sua eficiência agrônômica, para evitar o risco de prejudicar a imagem no caso de não entregarem resultados esperados de desempenho.
- Em alguns casos, os fosfatos estão sendo utilizados de forma ineficiente em solos com fertilidade construída, o que pode não ser percebido em curto prazo, mas que podem impactar a qualidade dos solos agrícolas a médio prazo.
- Cada produto de fosfato deve ter uma avaliação própria do seu potencial desempenho, assim como no seu enquadramento nos processos de cominuição e moagem mais adequadas diante das suas características específicas e das necessidades locais e regionais. Também podem se destacar o desenvolvimento de soluções biológicas que proporcionem um maior aproveitamento dos minerais, estando em curso muitas iniciativas neste setor, as quais tem sido desenvolvidas com observância das questões regulatórias, ambientais e de registro
- É preciso consolidar as diretrizes de PD&I estabelecendo e fortalecendo os centros de pesquisas com instalações focadas também na difusão do conhecimento. Um exemplo desse tipo de atuação é o *Fertiliser Technology Research Centre, Waite Research Institute, University of Adelaide* que inclusive tem recebido muitos pesquisadores brasileiros para conhecer e praticar as metodologias de pesquisa em fertilizantes (ADE, 2021).

Objetivo estratégico 5: adequar a infraestrutura para integração de polos logísticos e viabilização de empreendimentos.

Metas do objetivo estratégico 5:

- Buscar no detalhamento do Plano Nacional de Logística 2035 – PNL-2035, nos Planos Setoriais de Transporte para os diversos modos, aquaviário (fluvial e marítimo) e terrestre (rodoviário e ferroviário), o incentivo, junto às secretarias finalísticas do Ministério da Infraestrutura, de ações e programas que possam aumentar o uso dos modos de alta capacidade no transporte de fertilizantes e seus insumos, e, assim, contribuir para a diminuição dos custos de transporte;
- Promover a execução de, pelo menos, cinco projetos de integração de modais ferroviários, fluviais e/ou marítimos para a produção e distribuição de fertilizantes e insumos para a nutrição de plantas no Brasil até 2030, de maneira a reduzir os gargalos logísticos;
- Diminuir os custos portuários em, pelo menos, 5% até 2025;
- Incentivar a cabotagem marítima por meio da rodovia do mar para portos do Norte e Nordeste com diminuição nos custos finais dos fertilizantes em, pelo menos, 5% até 2030;
- Estimular a criação de estruturas centrais de armazenamento e distribuição de fertilizantes em regiões estratégicas para diminuir o custo final dos fertilizantes em, pelo menos, 3%, até 2025;
- Reduzir os custos de transporte em, pelo menos, 50% até 2030, incentivando a multimodalidade, com um maior uso das ferrovias, hidrovias e cabotagem, principalmente nos novos trechos ferroviários que estão sendo propostos pela MP 1065 que trata das autorizações ferroviárias;
- Ampliar a viabilidade logística dos remineralizados de 300 km para 500 km, por meio da integração de modais rodoviário-ferroviário, até 2030;
- Modernizar as infraestruturas e regulamentação específicas das operações com Enxofre e Nitrato de Amônio, nos padrões de globais, dos portos do Brasil até 2030.

Ações para objetivo estratégico 5:

- Integração das ações de infraestrutura do PNF com o Plano Nacional de Logística durante todos os ciclos de avaliação do plano;
- Identificação de polos para o desenvolvimento do mercado de fertilizantes que poderiam ser alvo de investimento em infraestrutura;

- Incentivar a criação de estratégias logísticas para acoplar a cadeia de fertilizantes e nutrição de plantas com a de mineração, de resíduos sólidos e subprodutos;
- Melhoria da chegada de cargas de fertilizantes nos portos brasileiros nos períodos críticos de demanda no Brasil, buscando a diminuição de custos;
- Produção de estudos estratégicos e mapas de infraestrutura e logística, identificando as principais áreas produtoras/consumidoras de fertilizantes fosfatados para orientar os planos de ações de investimentos, bem como possíveis oportunidades em portos com capacidade ociosa a fim de promover a expansão da capacidade instalada de nitrogenados associada a fosfatados por meio do uso de matéria-prima importada e nacional (GNL, rocha fosfática e enxofre), dentro do conceito porto-indústria;
- Promoção da desburocratização e de investimentos em espaços dedicados para transporte e armazenamento de enxofre e nitrato de amônio no Brasil;
- Definição da malha logística intermodal otimizada para investimento em escoamento de rochas fosfáticas, fertilizantes básicos e fertilizantes secundários;
- Integração intermodal e das cadeias para diminuição dos custos de frete, considerando as questões de impostos interestaduais e vantagens competitivas de escala para indústrias de fertilizantes com atuação em escala regional.

Análise das metas e ações recomendadas para o objetivo estratégico 5:

- Na mineração, os aspectos críticos de infraestrutura estão relacionados à rigidez geográfica dos empreendimentos, ligados à localização dos depósitos minerais. Os respectivos modais de distribuição da produção devem ser definidos conforme o alcance competitivo dos produtos, sendo que a competitividade de uma operação depende do alcance dos produtos alternativos no mercado, seja por produção ou importação.
- As características de cada projeto determinam sua competitividade e novas soluções tecnológicas e logísticas podem tornar a produção mais competitiva com o fomento para a integração de modais de transporte com estruturas para o desembarque e armazenagem em pontos estratégicos relacionados com portos, hidrovias e ferrovias.

- Os investimentos em infraestrutura para o setor de mineração de fosfato e potássio deveriam incentivar a melhoria de rotas de transporte e distribuição para melhorar a competitividade, oferecendo vantagens para instalações regionais onde podem convergir a otimização da fabricação de fertilizantes.

2.4.5. Considerações finais

O desenvolvimento do setor de mineração de fosfato e potássio necessita de ações estruturantes paralelas, que priorizem a melhor convivência do setor com a oferta de produtos fertilizantes importados. Por exemplo, a Índia possui um sistema de cotas e um procedimento centralizado de leilão (reverso) de matérias-primas fertilizantes, e tem-se notícias que vem obtendo preços competitivos, conforme os exemplos publicados por HCI (2020) e NAT (2021).

Outra ação recomendada é a estruturação de uma Agência de Fertilizantes, que possa atuar no setor utilizando conhecimentos da demanda, da sazonalidade, e das demais necessidades do setor, gerando condições de formação de preços de forma competitiva, com a atração de ofertas periódicas para o fornecimento de matérias-primas para a fabricação de fertilizantes. Essa agência poderia analisar também a demanda e a necessidade de importações, e decidisse as políticas de proteção baseada em históricos de produção, projeções de desempenho do setor, planejamento e consultas junto às partes interessadas do setor.

Com relação à criação do CONFERT, a proposta parece não contemplar uma participação mais colaborativa da sociedade civil e de entidades de pesquisa e ICTs fora do âmbito federal. Esses atores, especialmente aqueles com atuação regional e local, podem desempenhar um papel importante no CONFERT em função dos amplos conhecimentos do setor agrícola e de fertilizantes. A estruturação proposta para o CONFERT conta com a participação de representantes do governo federal, de governos estaduais e de representantes privados da cadeia de fertilizantes e de produtores rurais, conforme apresentado a seguir:

1. Governo Federal

- a. Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos da Presidência da República (SEAE/PR)

- b. Casa Civil da Presidência da República (CC/PR)
- c. Ministério da Economia (ME)
- d. Ministério da Infraestrutura (MINFRA)
- e. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)
- f. Ministério de Minas e Energia (MME)
- g. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI)
- h. Ministério do Meio Ambiente (MMA)
- i. Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República (GSI/PR)
- j. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)

2. Governo Estadual

- a. Dois representantes indicados pelo Fórum Nacional de Governadores.

3. Organizações Cíveis

- a. Um representante das indústrias tradicionais de NPK;
- b. Um representante das cadeias emergentes de fertilizantes e insumos para nutrição de plantas;
- c. Dois representantes dos produtores rurais.

Conclui-se que pesquisadores de ICTs e da iniciativa privada, com reconhecida atuação na área de fertilizantes, poderiam também participar do conselho, ampliando o universo de conhecimento e orientação para a execução do PNF.

Referências bibliográficas:

ADE 2021: Fertilizer Technology Research Centre, University of Adelaide, em: <https://set.adelaide.edu.au/fertiliser/>

ADR 2020: A indústria de fosfatos do Alto Paranaíba (dissertação). Adriano Gonçalves da Silva; Universidade Federal de Uberlândia; em <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/29428/5/IndustriaDeFosfato.pdf>

AMB 2022: Anuário Mineral Brasileiro em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiazTRkNjI3MWEtMG13My00ZTgzLWlyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2liwidCI6ImEzMDgzZTlxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a>

ANM, 2022, Pesquisa de Processos ANM, em: <https://sistemas.anm.gov.br/SCM/site/admin/pesquisarProcessos.aspx>

BLO 2022: EuroChem compra operação de fosfato salitre da Yara no Brasil. Bloomberg, em: <https://www.bloomberglinea.com.br/2021/08/02/eurochem-compra-operacao-de-fosfato-salitre-da-yara-no-brasil/>

CET 2005: Rocha e Minerais Industriais – CETEM/2005, em <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1044/3/08.Agrominerais-POT%C3%81SSIO%20ok.pdf>

CRU, 2017. Phosphate Rock Cost Report, em: <https://www.avenira.com/wp-content/uploads/2017/10/171017-Expansion-Plan-Update-2017final.pdf>

CRU, 2018, CRU Potassium Chloride Market Study August 2018 em <https://korepotash.com/our-business/low-cost-production/>

HCI 2020: Tender For Import of Muriate of Potash (MOP) bulk (fertilizer grade). National Fertilizers Limited; em: <https://www.hciaccra.gov.in/docs/1595929981TenderMOP.pdf>

IFA 2017: Reetz, H.F. (2017). Fertilizantes e seu uso eficiente. Tradução Alfredo S. Lopes, São Paulo, ANDA (Associação Nacional para a Difusão de Adubos); 178p. IFA (International Fertilizer Industry Association); em: <https://www.ufla.br/dcom/wp-content/uploads/2018/03/Fertilizantes-e-seu-uso-eficiente-WEB-Word-Ouubro-2017x-1.pdf>

IPI 2022: History and Prospects of Potash Application in China; International Potash Institute; em: <https://www.ipipotash.org/publications/eifc-260>

KEL 2020: Estudos em Agronegócio: Participação brasileira nas cadeias produtivas. Gabriel da Silva Medina e José Elenilson Cruz. Editora Kelps; em https://files.cercomp.ufg.br/web/up/170/o/Estudos_em_agroneg%C3%B3cio_-_Volume_5.pdf

KPF 2022. KPFétil Kamafugito Remineralizador de Solo; em: <https://kp-fertil.com/quem-somos/>

KRI 2022: Krishnamurthy, K. V. (2022). Reserves and Resources of Iron Ores of India. Journal of the Geological Society of India, 98(5), 647-653; em: https://idp.springer.com/authorize/casa?redirect_uri=https://link.springer.com/article/10.1007/s12594-022-2040-z&casa_token=PjJkoX_oBmQAAAAA:hVtRoyxKSZdeZE4K4IFPs5vsu8VCouwBP3IRWcpRpRm4JusZ8mj3OuVjnHaeLTjmimDujqDnEaJDMMi29g

NAT 2021: e-Tender for the supply of potash derived from molasses; em: https://www.nationalfertilizers.com/NFL/admin_tender/upload/20211014131022_TenderDoc.pdf

REU 2020: China's biggest potash producer risks delisting amid third annual loss forecast; Reuters; em: <https://www.reuters.com/article/us-china-fertilizers-qinghaisaltlake-pot-idUSKBN1ZC0J2>

RMI 2022: Revista Mineração: Projeto de fertilizantes da Potássio do Brasil no AM pode garantir 20% do consumo nacional; em <https://revistamineracao.com>



com.br/2022/03/31/projeto-de-fertilizantes-da-potassio-do-brasil-no-am-pode-garantir-20-do-consumo-nacional/

SEAE 2022: Plano Nacional de Fertilizantes 2050. Uma estratégia para os fertilizantes no Brasil. Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos, Governo Federal; em: <https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2022/03/PNF-v-5-3-1.pdf>

SER 2021: Governo de Sergipe discute com Mosaic ampliação de investimentos em Sergipe; em: <https://www.f5news.com.br/economia/governo-discute-com-mosaic-ampliacao-de-investimentos-em-sergipe-.html>

EM EDITORAÇÃO