

CASSIO ROBERTO DA SILVA

Pesquisador em Geociências
Serviço Geológico do Brasil - CPRM

RECURSOS MINERAIS DO BRASIL

Defesa, Segurança e Desenvolvimento

Trabalho de Conclusão de Curso – Monografia apresentada ao Departamento de Estudos da Escola Superior de Guerra como requisito à obtenção do diploma do Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia.

Orientador: Prof^o MSc Ricardo Luiz Guimarães de Azevedo

Rio de Janeiro
2019

Este trabalho, nos termos de legislação que resguarda os direitos autorais, é considerado propriedade da ESCOLA SUPERIOR DE GUERRA (ESG). É permitida a transcrição parcial de textos do trabalho, ou mencioná-los, para comentários e citações, desde que sem propósitos comerciais e que seja feita a referência bibliográfica completa. Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade do autor e não expressam qualquer orientação institucional da ESG.

Cassio Roberto da Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S586r Silva, Cassio Roberto da.

Recursos minerais do Brasil: defesa, segurança e desenvolvimento / Cassio Roberto da Silva. – Rio de Janeiro: ESG, 2019.

85 f.

Orientador: Profº MSc Ricardo Luiz Guimarães de Azevedo.

Trabalho de Conclusão de Curso – Monografia apresentada ao Departamento de Estudos da Escola Superior de Guerra como requisito à obtenção do diploma do Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia (CAEPE), 2019.

1. Recursos minerais – Brasil. 2. Recursos marinhos – medidas de segurança. 3. Indústria mineral – desenvolvimento. I. Título.

CDD – 333.7

RESUMO

Esta monografia traz os resultados da pesquisa que teve como objetivo a elaboração de diretrizes que visam a incrementar a atratividade de investimentos econômicos ambientalmente sustentáveis para o setor mineral do Brasil, priorizando a defesa, a segurança e o desenvolvimento da população brasileira. A metodologia adotada envolveu pesquisa bibliográfica e documental voltada para o setor mineral, além de consultas a diversas instituições e órgãos de governo e privados, de modo a se promover um diagnóstico da situação atual, destacando-se suas potencialidades e deficiências, com abordagens sobre a defesa de territórios onde há interesse internacional em jazidas e áreas potenciais com depósitos minerais econômicos, áreas indígenas e faixas de fronteira, a Amazônia Azul, a plataforma continental e áreas adjacentes e a Antártica. Destaca-se, ainda, o relevante papel dos agrominerais, dos minerais estratégicos, energéticos e dos essenciais à saúde, daqueles usados na construção civil e rochas ornamentais na independência econômica do país nesse setor. Por meio de mapas, indicam-se as áreas mais favoráveis à ocorrência de minerais econômicos, demonstrando-se o grande potencial mineral para ferrosos, não ferrosos, metais preciosos, metais-base, estratégicos e outros. Conclui-se pela necessidade de se promover a desburocratização dos diversos instrumentos jurídicos para cumprimento da outorga de exploração; a revisão do código de mineração; o combate à invasão garimpeira; a segurança das barragens; a destinação do rejeito das minas, visando ao uso e à exploração sustentáveis. Acredita-se que a adoção das diretrizes ora apresentadas contribuirá para reverter a tendência negativa atual da produção mineral nacional, com a conseqüente melhoria do produto interno bruto mineral.

Palavras-chave: Defesa do território brasileiro. Desenvolvimento sustentável. Medidas de segurança. Recursos marinhos. Recursos minerais. Setor mineral.

ABSTRACT

This monograph brings the results of research that aimed to develop guidelines that aim to increase the attractiveness of environmentally sustainable economic investments for the mineral sector in Brazil, prioritizing the defense, security and development of the Brazilian population. The methodology adopted involved bibliographic and documentary research focused on the mineral sector, as well as consultations with various institutions and governmental organs and privates , in order to promote a diagnosis of the current situation, standing out its potentialities and deficiencies, with approaches on the defense of territories where there is international interest in deposits and potential areas with economic mineral deposits, indigenous and border areas, the Blue Amazon, the continental shelf and adjacent areas, and Antarctica. Also noteworthy is the important role of agribusiness, strategic minerals, energy and essentials for health, as well as those used in construction and ornamental rocks in the country's economic independence in this sector. By means of maps, the areas most favorable to the occurrence of economical minerals are indicated, demonstrating the great mineral potential for ferrous, non-ferrous, precious metals, base metals, strategic and others. It is concluded by the need to promote the reduce in the bureaucracy of the various legal instruments to comply with the exploration grant; the revision of the mining code; fighting the gold mining invasion; the safety of dams; the disposal of mine tailings for sustainable use and exploitation. It is believed that the adoption of the guidelines presented here will contribute to reverse the current negative trend of national mineral production, with the consequent improvement of the gross domestic product.

Keywords: Defense of the Brazilian territory. Sustainable development. Security measures. Marine resources. Mineral resources. Mineral sector.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Áreas de relevante interesse mineral, áreas protegidas e áreas especiais.....	16
FIGURA 2	Comparativo de saldos do setor mineral x Brasil.....	20
FIGURA 3	Participação do Brasil nos investimentos globais em exploração mineral.....	21
FIGURA 4	Cadeia produtiva de ETR.....	35
FIGURA 5	Depósitos de urânio no Brasil.....	39
FIGURA 6	Plataforma continental jurídica (azul-claro) e a extensão solicitada à ONU (azul-escuro, com limite vermelho), tendo ao sul as montanhas submersas da elevação Rio Grande.....	47
FIGURA 7	Áreas de relevante interesse mineral.....	48
FIGURA 8	Distribuição dos recursos minerais cadastrados na região Amazônica e das áreas protegidas e especiais.....	52
FIGURA 9	Áreas com potencial de metais ferrosos e insumos para a agricultura.....	55
FIGURA 10	Distribuição dos metais nobres e metais não ferrosos e semimetais.....	56
FIGURA 11	Terras indígenas e unidades de conservação.....	56
FIGURA 12	Relação entre ocorrências minerais.....	62
FIGURA 13	Províncias metalogenéticas e distritos mineiros do Brasil.....	64
FIGURA 14	Distribuição do potencial de ocorrência de depósitos de fosfato, potássio, agrominerais (remineralizadores de solos), lítio, cobalto e grafita.....	65
FIGURA 15	Localização de áreas com alto potencial de ocorrência de depósitos minerais de classe mundial.....	66
FIGURA 16	Supercontinente Pangea há 200 milhões de anos.....	69
FIGURA 17	Distribuição de ocorrências minerais, óleo, carvão e <i>krill</i> na Antártica.....	70
FIGURA 18	Instalações do projeto Aripuanã.....	84
FIGURA 19	Esquema de uso do rejeito para enchimento da mina.....	84

FIGURA 20	Esquema de perfuração e carregamento.....	85
FIGURA 21	Vista dos três corpos de minério.....	86

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	Importantes fontes de elementos minerais essenciais na alimentação.....	28
QUADRO 2	Metais industriais: propriedades, usos e aplicações na defesa.....	31
QUADRO 3	Aplicações e usos de ETR.....	32
QUADRO 4	Usos de defesa de ETR.....	33
QUADRO 5	Dependência de importação líquida dos EUA para minerais críticos em 2017.....	34
QUADRO 6	Minerais socioeconômicos.....	49
QUADRO 7	Minerais de valor político-estratégico.....	49

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Minas em regime de concessão de lavra.....	18
TABELA 2	Comparação entre investimento e produção de ouro entre Brasil, Canadá e Austrália.....	21

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABGE	Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental
ABGq	Associação Brasileira de Geoquímica
ABIROCHAS	Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais
AGU	Advocacia Geral da União
ANEPAC	Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção
ANM	Agência Nacional de Mineração
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ARIM	Área de Relevante Interesse Mineral
CAEPE	Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia
CDN	Conselho de Defesa Nacional
CETEM	Centro de Tecnologia Mineral

CF	Constituição Federal
CFEM	Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONFEA	Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
DAM	Drenagem Ácida de Minas
DECEX	Departamento de Operações de Comércio Exterior
DIPAR	Diretoria de Procedimentos Arrecadatórios
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
EBC	Empresa Brasil de Comunicação
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ENDES	Estratégia Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
ERG	Elevação do Rio Grande
ESG	Escola Superior de Guerra
ETR	Elementos de Terras-Raras
EUA	Estados Unidos da América
FEBRAGEO	Federação Brasileira de Geólogos
FUNAI	Fundação Nacional do Índio
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBGM	Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos
IBRAM	Instituto Brasileiro de Mineração
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IEA	International Energy Agency (Agência Internacional de Energia)
INB	Indústrias Nucleares do Brasil S/A
ISA	Instituto Socioambiental
ISA	International SeaBed Authority (Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos)
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MG	Minas Gerais
MGP	Metais do Grupo Platina
MICT	Mechanism for International Criminal Tribunals
MME	Ministério de Minas e Energia
MRE	Ministério das Relações Exteriores
ONU	Organizações das Nações Unidas
PETROBRAS	Petróleo Brasileiro S.A.
PIB	Produto Interno Bruto
PLGB	Programa Levantamentos Geológicos Básicos
PMB	Produção Mineral Brasileira
PNACC	Plano Nacional de Agregados Minerais para Construção Civil
PNM	Plano Nacional de Mineração
PNSB	Política Nacional de Segurança de Barragens

PROAREA	Programa de Prospecção e Exploração de Recursos Minerais da Área Internacional do Atlântico Sul e Equatorial
PROCOR	Prospecção e Exploração de Sulfetos Polimetálicos da Cordilheira Mesoatlântica
REMLAC	Programa de Avaliação da Potencialidade Mineral da Plataforma Continental Jurídica Brasileira
SBG	Sociedade Brasileira de Geologia
SBGf	Sociedade Brasileira de Geofísica
SBGq	Sociedade Brasileira de Geoquímica
SECEX	Secretaria de Comércio Exterior
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SGB	Serviço Geológico do Brasil
SGM	Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral
STF	Supremo Tribunal Federal
TI	Terras Indígenas
UFOP	Universidade Federal de Ouro Preto
VMS	Volcanogenic Massive Sulphide

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	14
2.1	OBJETIVO GERAL.....	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3	RELEVÂNCIA DO ESTUDO	15
4	SETOR MINERAL DO BRASIL	18
4.1	AGROMINERAIS E SAÚDE.....	23
4.1.1	Remineralizadores de solos	24
4.1.2	Rochas, minerais e elementos benéficos à saúde	27
4.2	MINERAIS ESTRATÉGICOS.....	30
4.3	MINERAIS ENERGÉTICOS.....	36
4.3.1	Carvão mineral	36
4.3.2	Urânio	37
4.3.3	Hidrato de gás	41
4.3.4	Hidrogênio	41
4.4	ROCHAS E MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL E ORNAMENTAL.....	43
4.4.1	Agregados para a construção civil	43
4.4.2	Rochas ornamentais e de revestimento	44
4.5	GEMAS.....	45
5	PLATAFORMA CONTINENTAL E ADJACÊNCIAS	47
6	MINERAÇÃO EM TERRAS INDÍGENAS	50
7	MINERAÇÃO EM ÁREA DE FRONTEIRA	54
8	MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE	58
9	POTENCIAL MINERAL DO BRASIL	61
9.1	POTENCIAL MINERAL DO FUNDO MARINHO.....	66
9.2	POTENCIAL MINERAL DA ANTÁRTICA.....	69
10	PROPOSTAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO SETOR MINERAL	72
11	DIRETRIZES PARA O SETOR MINERAL	75
	REFERÊNCIAS	78
	APÊNDICE A – MODELO DE MINERAÇÃO SUSTENTÁVEL: PROJETO ARIPUANÃ	83

1 INTRODUÇÃO

Em toda a história da humanidade, rochas e bens minerais constituíram-se em elementos essenciais para a sobrevivência do homem. No início, eram pedaços de rocha usados para a defesa contra animais e grupos antagônicos, e as cavernas para refúgio grupal em diversos períodos da pré-história: Idade da Pedra Lascada ou Paleolítico; Idade da Pedra Polida ou Neolítico; Idade dos Metais (cobre, bronze, estanho, ferro), do Diamante e Ouro. Desde o início da era cristã, o aproveitamento dos bens minerais foi se desenvolvendo até seu uso mais intensivo na segunda Revolução Industrial (século XVIII), principalmente pelo aperfeiçoamento de novas ligas metálicas.

Nesse contexto, por suas dimensões continentais e diversificada geologia, o Brasil se constitui com enorme vocação mineral e grande produtor de insumos básicos para as indústrias, provenientes da mineração. Atualmente, figura no cenário internacional ao lado de países com tradicional vocação mineira, tais como África do Sul, Austrália, Canadá, China e Estados Unidos da América (EUA).

Entretanto, o país carece de diretrizes que possam elevá-lo a uma posição de maior destaque no setor mineral internacional, ao mesmo tempo em que acelerem o seu desenvolvimento, aliado à defesa e à segurança de sua população.

Assim, por meio de pesquisa bibliográfica e documental, além de consultas a diversas instituições e órgãos de governo e privados, procedeu-se a um diagnóstico da situação atual, destacando-se suas potencialidades e deficiências, com abordagens sobre a defesa de territórios onde há interesse internacional em jazidas; as questões ligadas à denominada Amazônia Azul; a plataforma continental e áreas adjacentes.

No desenvolvimento do trabalho, discorre-se sobre as regiões/áreas favoráveis a conter depósitos econômicos, os diversos instrumentos jurídicos para cumprimento da outorga de exploração, o combate à invasão garimpeira, os necessários estudos geológicos em áreas indígenas e em faixa de fronteira, a questão de segurança das barragens e a destinação do rejeito das minas, visando ao uso e à exploração sustentáveis.

Entretanto, a preocupação com o desenvolvimento não pode deixar de considerar a segurança daqueles que habitam o território brasileiro, seja no que se refere à segurança interna, seja com relação à defesa nacional contra ameaças externas ao país.

Nesse contexto, avalia-se a adequação da legislação da mineração, o ambiente sociopolítico-econômico do país e as condições necessárias para incrementar a atratividade de investidores nacionais e internacionais para o setor mineral nacional.

Na pesquisa, destaca-se, ainda, o relevante papel dos agrominerais, dos minerais estratégicos, energéticos e dos essenciais à saúde, como também daqueles usados na construção civil e rochas ornamentais na independência econômica do país. Por meio de mapas, indicam-se as áreas mais favoráveis à ocorrência de minerais econômicos, apontando-se para o grande potencial mineral para ferrosos (Fe, Mn), não ferrosos (Al, Cr, grafita, talco, Sn, W), metais preciosos (Au), metais-base, (Pb, Cu, Zn) e estratégicos (Co, Li, Ta, ETR, Pt, Pl, Tl, Nb, Ni, V) e outros, tanto no continente (Amazônia/Áreas Indígenas e Faixas de Fronteira, Reserva Nacional do Cobre) quanto nas áreas oceânicas bordejando a costa brasileira, como também na Antártica.

Ressalta-se, ainda, a necessidade de execução de levantamentos geológicos básicos, em escala 1:100.000, para apontar novas áreas propícias a ocorrências de depósitos minerais.

As instituições que atuam no setor mineral, no âmbito do Governo Federal, fornecedoras de informações e dados para o desenvolvimento desta pesquisa, são as seguintes: Ministério de Minas e Energia (MME), por meio da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM); Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRAS); Agência Nacional de Mineração (ANM), o extinto Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM); Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP); Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB); Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC); Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN); Indústrias Nucleares do Brasil S/A (INB). Ressalta-se que esta pesquisa abrangerá somente os recursos minerais relacionados às atividades de órgãos vinculados ao MME, como ANM, CETEM, CNEN, CPRM/SGB, INB e SGM.

Na área civil, têm-se as seguintes entidades científicas: Sociedade Brasileira de Geologia (SBG); Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental

(ABGE); Sociedade Brasileira de Geofísica (SBGf), Sociedade Brasileira de Geoquímica (SBGq) e Sociedade Brasileira de Paleontologia (SBP).

Como representantes profissionais, destacam-se: associações de geólogos de vários estados brasileiros; Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA); Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA); Federação Brasileira de Geólogos (FEBRAGEO); Organização Mineronegócios; sindicatos de geólogos dos estados de São Paulo e Minas Gerais.

Como representação patronal, citam-se: Agência Brasileira para o Desenvolvimento da Indústria Mineral (ADIMB); Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção (ANEPAC); Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais (ABIROCHAS) e Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM).

Acredita-se que a adoção das diretrizes descritas ao longo deste texto contribuirá para reverter a tendência negativa atual da produção mineral nacional, com a conseqüente melhoria do Produto Interno Bruto (PIB) mineral.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Elaboração de diretrizes que visam a incrementar a atratividade de investimentos econômicos ambientalmente sustentáveis para o setor mineral do Brasil, priorizando a defesa, a segurança e o desenvolvimento da população brasileira.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as regiões com potencial mineral e os problemas que obstruem o seu desenvolvimento.
- Salientar o papel dos agrominerais (K, P, N, Ca, Mg) na agricultura, a remineralização de solos pobres em nutrientes e outros destinos, contribuindo para reduzir a dependência da importação de adubos fosfatados, com foco, também, nos micronutrientes (Mo, Zn, Cu, Fe, I, Se e outros) necessários à saúde humana.
- Destacar a utilidade econômica dos minerais considerados estratégicos (lítio, elementos terras-raras, cobalto, molibdênio e outros).
- Ressaltar a necessidade de se iniciar uma ampla discussão sobre a exploração e o domínio tecnológico de processamento dos minerais energéticos no país, como urânio, carvão, tório, hidrogênio.
- Destacar a importância de rochas e minerais para a construção civil e ornamental (brita, argila e areia), em termos de desenvolvimento econômico-social da população.
- Abordar a questão das barragens de rejeitos e bota-foras de minas, em termos de reaproveitamento e reciclagem, como também chamar a atenção para as novas tecnologias para tratamento de minérios, águas e rejeitos.
- Discorrer sobre a relação estreita entre segurança e defesa e os recursos minerais, para que estes sejam utilizados para o bem-estar da população brasileira.

3 RELEVÂNCIA DO ESTUDO

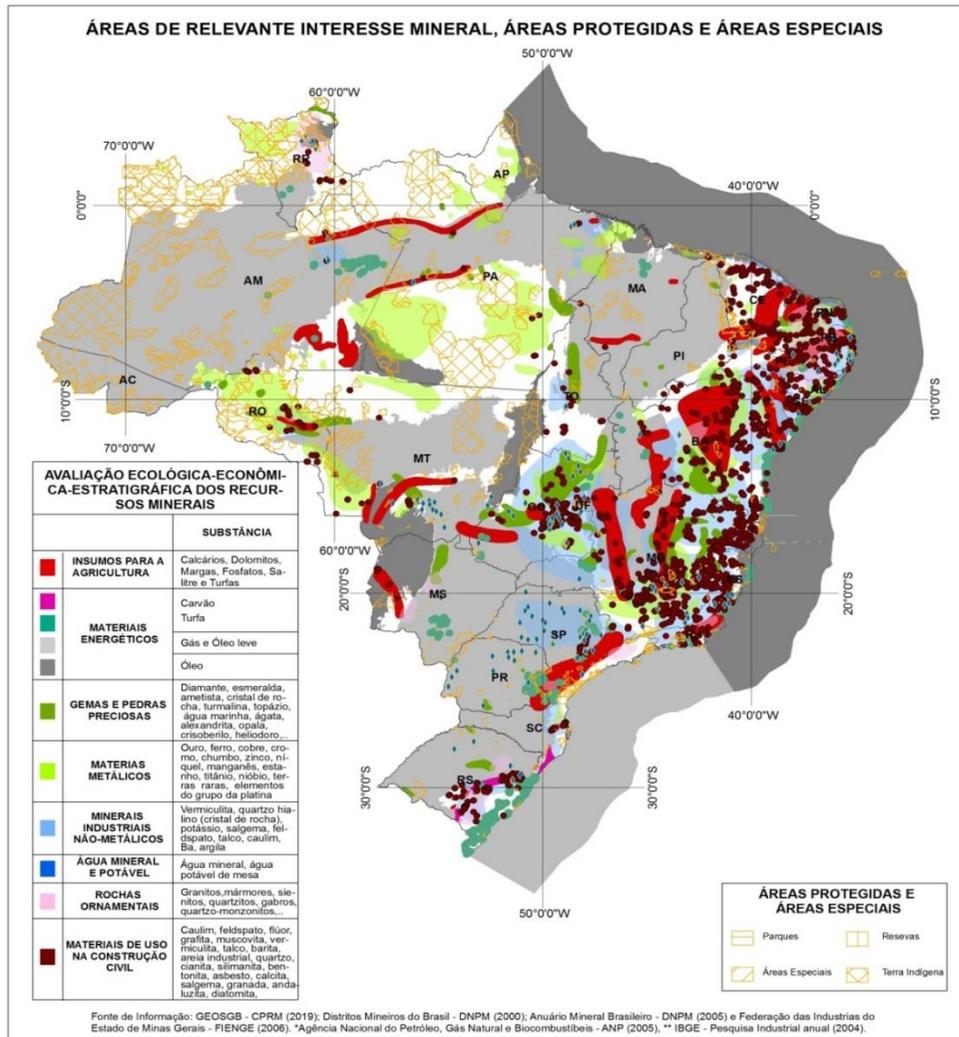
O desenvolvimento de uma nação e o bem-estar de sua população não se tornam exequíveis sem o uso intensivo, porém racional, dos bens minerais. Qualquer um que olhe à sua volta dificilmente conseguirá identificar objetos do dia a dia que não contenham produtos oriundos da mineração.

O Brasil possui grande diversidade geológica, com uma sequência de rochas antigas, desde o Pré-Cambriano, passando por vários ciclos, propiciando a formação de vários tipos de minérios.

Apenas cinco países – Brasil, China, Estados Unidos da América, Índia e Rússia – combinam grande extensão territorial, vultosa atividade econômica, relevante contingente populacional, grande potencial geológico, produção e mercado de minerais. Nesse contexto, poucos países possuem os elementos necessários para torná-los uma potência no mundo da agricultura e também na mineração. O Brasil é um importante *player* do setor mineral internacional e o quarto maior produtor agrícola do mundo e um dos maiores exportadores de grãos.

Os recursos minerais no Brasil, em função da vocação metalogenética dos elementos crustais e por sua ampla distribuição geográfica (ORLANDI; MARQUES, 2008), formam as províncias geológicas do Brasil denominadas Áreas de Relevante Interesse Mineral (ARIM). Nesse contexto, destacam-se tanto a extensão como a grande quantidade de áreas protegidas na Região Amazônica (Figura 1).

Figura 1 – Áreas de relevante interesse mineral, áreas protegidas e áreas especiais.



A produção mineral do Brasil, segundo o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM, 2018a), foi de US\$ 11 bilhões em 1994, chegando a US\$ 53 bilhões em 2011 e decrescendo em 2017 para US\$ 32 bilhões, o que representa perda de cerca de 35% de produtividade. Provavelmente, essa perda é reflexo do baixo investimento no setor mineral entre 2007-2011 (US\$ 29 bilhões), subindo no período de 2012-2016 para US\$ 75 bilhões e diminuindo 40%, no período de 2014-2018, para US\$ 53 bilhões.

A arrecadação de impostos do setor mineral (Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais – CFEM) em 1994 foi de US\$ 343,6 milhões e, em 2017, de US\$ 382,7 milhões (ANM, 2016 apud IBRAM, 2018a). Verifica-se que não houve, no referido período de 13 anos, significativo aumento de arrecadação de CFEM em relação ao aumento da produção mineral.

Em vista da atual situação do setor mineral, nesta pesquisa serão apresentadas diretrizes visando a incrementar a atratividade de investimentos econômicos ambientalmente sustentáveis para o setor mineral do Brasil, priorizando a defesa, a segurança e o desenvolvimento da população brasileira.

Destaca-se, ainda, que esta pesquisa é aderente a Constituição brasileira em diversos incisos de dois de seus artigos:

Art. 20. São bens da União:

[...]

V - os recursos naturais da plataforma continental e da zona econômica exclusiva;

[...]

VIII - os potenciais de energia hidráulica;

IX - os recursos minerais, inclusive os do subsolo;

X - as cavidades naturais subterrâneas e os sítios arqueológicos e pré-históricos;

[...]

Art. 21. Compete à União:

[...]

IX - elaborar e executar planos nacionais e regionais de ordenação do território e de desenvolvimento econômico e social;

[...]

XV - organizar e manter os serviços oficiais de estatística, geografia, geologia e cartografia de âmbito nacional;

[...]

XVIII - planejar e promover a defesa permanente contra as calamidades públicas, especialmente as secas e as inundações;

XIX - instituir sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso;

[...]

4 SETOR MINERAL DO BRASIL

A indústria mineral brasileira é formada por segmentos do Estado (dados, informações, conhecimentos básicos de geologia, regulação, fiscalização) e empresariais na pesquisa, exploração (extração) de mineração, beneficiamento e indústria de transformação mineral.

O segmento Estado, por ser o principal indutor no desenvolvimento do setor mineral, representado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB), tem por missão gerar e disseminar conhecimento geocientífico com excelência, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida e o desenvolvimento sustentável do Brasil.

Por meio da disponibilização de informações básicas do território brasileiro – mapas geológico, geofísico, geoquímico, hidrogeológico e geodiversidade –, a CPRM/SGB aponta áreas/regiões favoráveis a conterem depósitos minerais econômicos.

Já a Agência Nacional de Mineração (ANM) tem por finalidade promover o planejamento e o fomento da exploração mineral e do aproveitamento dos recursos minerais e superintender as pesquisas geológicas, minerais e de tecnologia mineral, como também assegurar, controlar e fiscalizar o exercício das atividades de mineração em todo o território nacional, na forma do que dispõem o Código de Mineração, o Código de Águas Minerais, os respectivos regulamentos e a legislação que os complementa.

Segundo a ANM (2016 apud IBRAM, 2018a), o território brasileiro contém 9.415 minas em atividade, ocupando áreas que, somadas, representam 0,5% do território nacional (Tabela 1).

Tabela 1 – Minas em regime de concessão de lavra.

Nº de Minas em Atividade	Dimensão	Quantidade (t/ano)	Percentual (%)
154	Grandes	> 1 milhão	2
1037	Médias	≤ 1 milhão > 100 mil	11
2809	Pequenas	≤ 100 mil > 10 mil	30
5415	Micro	< 10 mil	57

Fonte: Modificado de ANM, 2016 apud IBRAM, 2018a.

Nota: Além das 9.415 retromencionadas, há ainda 1.820 lavras garimpeiras, 13.250 licenciamentos (areia, cascalho e argila) e 830 complexos de águas minerais.

Esse importante setor básico tem dotado o Brasil de matérias-primas que contribuem para o crescimento econômico ao atender às demandas internas, bem como gerar grandes divisas, via exportação, dos excedentes produzidos, mesmo em períodos difíceis, como o da recente crise nacional.

A mineração, infelizmente, carrega consigo uma visão negativa, reforçada face aos recentes desastres ocorridos nos municípios de Mariana e Brumadinho, no estado de Minas Gerais (MG), e ao afundamento do bairro do Pinheiro em Maceió, no estado de Alagoas (AL). Considerada uma atividade poluidora, há impedimentos de toda ordem à sua expansão, conseqüentemente, limitando os resultados extremamente positivos para a sociedade brasileira. Acredita-se, entretanto, que a adoção de novas tecnologias por parte das empresas responsáveis irá melhorar, sensivelmente, o monitoramento e as disposições de rejeitos e resíduos dos processos minerais.

O setor mineral participou com 4,3% do PIB em 2017 e 30% do saldo comercial das exportações brasileiras, gerando 282 mil empregos diretos e aproximadamente 2,2 milhões indiretos na cadeia industrial. O país destaca-se internacionalmente como exportador *global player* de nióbio, minério de ferro, bauxita, vermiculita, caulim e simples exportador de manganês, estanho, níquel, magnesita, cromo, ouro e rochas ornamentais (IBRAM, 2018a).

O Brasil é o terceiro país em valor da produção mineral, após Austrália e Canadá. Em 2018, com a contribuição do setor mineral, via CFEM, o Brasil arrecadou cerca de US\$ 750 milhões (IBRAM, 2018a). Até outubro de 2019 (ainda em aberto), o sistema diário de arrecadação da CFEM (ANM, 2019) registrava valores superiores a US\$ 800 milhões.

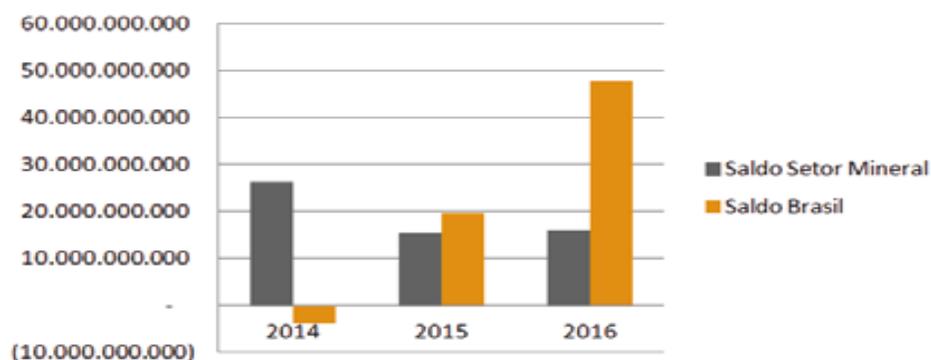
O PIB é formado, predominantemente, pelo setor de serviços, com 71,2%, seguido do setor industrial, com 23,8%, e, por fim, o setor agropecuário, com 5%. A indústria extrativa em 2018 representou 3,7% de todo o PIB Brasil, sendo que somente a extrativa mineral representou 1,4% do PIB Brasil, empregando diretamente cerca de 180 mil trabalhadores (IBRAM, 2018a). É um importante fomentador da indústria nacional, pois é o segmento fornecedor de matéria-prima para todos os tipos de indústrias existentes no país.

Segundo a ANM (2016 apud IBRAM, 2018a), o fator multiplicador para a indústria extrativa mineral com a indústria de transformação mineral é de 1 para 3,6 postos de trabalho, ou seja, ao final de 2017, esse setor empregava 651 mil trabalhadores diretamente. Ao longo da cadeia industrial, o segmento extrativo mineral representa o fator multiplicador de 1 para 11 postos de trabalho. Dessa forma, o setor gerou quase dois milhões de vagas de emprego de forma direta, indireta ou induzida.

A indústria mineral se destaca por contribuir decisivamente para gerar superávits à balança comercial brasileira. A produção do Brasil em 2017 foi de US\$ 32 bilhões, quando exportou mais de 403 milhões de toneladas de bens minerais, gerando divisas de US\$ (FOB) 28,3 bilhões. Esse valor representou 13% das exportações totais do Brasil e 30,5% do saldo comercial (IBRAM 2018a). Já a importação movimentou US\$ (FOB) 7,9 bilhões e cerca de 42,8 milhões de toneladas. Os principais produtos importados foram potássio, carvão, cobre, enxofre, zinco, rocha fosfática, pedras naturais e de revestimentos e outros.

Comparando-se os saldos do setor mineral x Brasil, no período 2014-2016, observa-se que o saldo de exportação x importação do Brasil mostra-se negativo, enquanto o setor mineral manteve saldo positivo (diminuindo pouco) nos anos de crise, demonstrando a sua contribuição para o país (Figura 2).

Figura 2 – Comparativo de saldos do setor mineral x Brasil.



Fonte: IBRAM, 2018a.

Apresenta-se, a seguir, a comparação entre investimentos no setor mineral e os resultados de produção mineral do Brasil, no período de 1969 a 1990, com países com similaridades tais como extensão territorial e áreas de exposição de rochas pré-cambrianas com favorabilidade para conter depósitos econômicos de ouro. Verifica-se que Austrália e Canadá, por terem maiores investimentos, tiveram o devido retorno

econômico, respectivamente, 3,7 e 6,3 vezes mais que o Brasil (geração de empregos e sequência na cadeia produtiva industrial) (Tabela 2).

Tabela 2 – Comparação entre investimento e produção de ouro entre Brasil, Canadá e Austrália.

Similaridades	Brasil	Canadá	Austrália
Escudos Pré-Cambrianos (10^6 km ²)	2,2	1,2	2,5
Produtividade Au kg/km ² (1969-1990)	0,9	3,4	5,7
Investimento em Exploração (10^6 US\$)	645	4.968	2.963

Fonte: Modificado de ANDRIOTTI, 2019.

O Plano Nacional de Mineração 2030 (BRASIL, 2010) prevê investimentos de cerca de R\$ 350 bilhões em 20 anos. Caso esse investimento se efetive, estima-se que a produção mineral tende a aumentar em até cinco vezes, tanto para atender ao consumo interno como à exportação. Para o período de 2018-2022, as mineradoras deverão investir aproximadamente R\$ 19,5 bilhões. No PNM-2030 não constam os investimentos das mineradoras australianas que operam no país.

Comparando-se os investimentos mundiais em mineração de não ferrosos em 2017, observa-se que o Brasil, dentre os 18 países amostrados, encontra-se na décima terceira posição, investindo 4,6 vezes menos que países com potencialidade similar, como Austrália e Canadá (Figura 3).

Figura 3 – Participação do Brasil nos investimentos globais em exploração mineral.



Fonte: CALAES, 2019.

Para inverter essa diferença, a FEBRAGEO (2018) propõe uma reforma tributária que estimule a verticalização industrial e o conteúdo local e nacional da mineração. O sistema tributário, com graves distorções, inibe a chegada de novos investimentos e estimula uma produção mineral direcionada à demanda externa de minérios, resultando, ainda, no baixo desembolso em pesquisa mineral de

novos depósitos (menos de 2% do valor da Produção Mineral Brasileira – PMB, muito abaixo de 10 a 20% em outras nações comparáveis).

O PNM-2030 desenha uma visão de futuro promissora para o setor mineral brasileiro e apresenta os objetivos estratégicos e as ações que devem materializar essa visão. Nessa construção, três diretrizes formam os pilares do PNM: (i) governança pública eficaz, (ii) agregação de valor e adensamento do conhecimento por todas as etapas do setor mineral; (iii) sustentabilidade como premissa.

O setor mineral apresenta riscos, tempo de maturação de projeto e montante de investimentos em pesquisa e desenvolvimento diferentes de outros setores industriais. Por isso, a busca da verticalização industrial e do conteúdo local e nacional na mineração é fundamental para viabilizar grandes e médios projetos de mineração no longo prazo.

Em entrevista veiculada pela Empresa Brasil de Comunicação (EBC) (RODRIGUES, 2019), o ministro de Minas e Energia, Bento Albuquerque, afirmou que

é preciso tornar a imagem da mineração brasileira mais popular. [...]. Para o ministro, tornar a atividade “pop” significa conscientizar a população a respeito da importância econômica e social da mineração. “Por meio de ações concretas, sérias, seja por parte do Congresso Nacional, seja dos poderes Executivo e Judiciário e dos demais atores [envolvidos com o setor], vamos permitir à sociedade entender que a atividade está sob controle e sendo executada de acordo com as normas estabelecidas. A população tem que ter segurança neste sentido”, acrescentou o ministro.

Sobre os recentes desastres ambientais causados por acidentes com barragens de mineração e a resistência a propostas de autorizar a mineração em terras indígenas, Albuquerque disse que o papel do ministério é resolver a questão da segurança das barragens.

“É isso que temos realizado. A questão da atividade econômica em determinadas áreas onde sabemos que há atividades ilegais que não contribuem em nada para o benefício dessas regiões e que prejudicam o meio ambiente”, pontuou Albuquerque.

Ainda durante a apresentação, Albuquerque lembrou que o governo federal já adotou medidas para apurar as causas do rompimento ou problemas com barragens a fim de propor aprimoramentos nas leis que tratam da segurança destas estruturas. Além disso, o governo federal também promete desburocratizar o setor mineral a fim de atrair investidores.

“Para fazer isso, temos que modernizar o setor. Tudo aqui era feito com papel. Agora estamos informatizando e melhorando nossa governança sobre o setor. Temos vários programas em desenvolvimento, alguns deles já em fase de testes, e pretendemos dar mais agilidade e transparência ao setor”, concluiu o ministro, prometendo que, até o fim do ano, o ministério terá um diagnóstico preciso sobre a situação das barragens existentes no Brasil. “Evidentemente, as consideradas críticas são nossa prioridade”.

4.1 AGROMINERAIS E SAÚDE

Por meio da publicação “A indústria da mineração: para o desenvolvimento do Brasil e a promoção da qualidade de vida do brasileiro”, o IBRAM (2014), fortalece o seu compromisso com o setor, trazendo a público dados e informações representativas de quanto os minérios são essenciais para a sociedade. No que se refere a fertilizantes, essa entidade afirma:

Em relação à produção de alimentos, necessário se faz observar que a população brasileira cresce ano a ano, está se alimentando cada vez melhor e assim deve continuar. Não se produzem alimentos sem fertilizantes e corretivos de solo. Além disso, o desenvolvimento sustentável da agricultura e da pecuária depende dos ganhos de produtividade das áreas atualmente utilizadas, de modo a minimizar a ocupação de áreas virgens.

Os fertilizantes, corretivos de solo e rações animais (nitrogênio, fósforo, potássio, calcário e todos os micronutrientes) estão na origem desse moderno conceito de produção agropecuária.

A descoberta de novas jazidas minerais é uma necessidade sob o ponto de vista de sobrevivência, especialmente, quando se trata da produção de alimentos. A insuficiência em pesquisa mineral no Brasil tem como uma de suas consequências enormes gastos no exterior, na importação de minérios utilizados na fabricação de fertilizantes. Além disso, há uma alta carga tributária. Com isso, não se consegue redução dos custos de produção de alimentos de natureza vegetal e animal.

Os fertilizantes são considerados *commodities* nos mercados internacionais. Todavia, não são, necessariamente, produtos com pouca tecnologia agregada. Os insumos utilizados em sua produção exigem um grau de sofisticação industrial relativamente alto e são, sobretudo, intensivos em capital e escala – como os petroquímicos (enxofre, ureia, amônia); ou o potássio e fósforo – que dependem de infraestrutura mineradora.

[...]

Potência ascendente do agronegócio, com participações crescentes nas exportações de alguns dos principais produtos comercializados no mundo, o Brasil depende cada vez mais de insumos minerais importados para fomentar sua produção agropecuária e atender às demandas externa e doméstica por *commodities*, alimentos processados e biocombustíveis.

[...]

Das três fontes básicas de nutrientes para a produção de fertilizantes agrícolas (N, P, K), a dependência brasileira é maior no potássio, escasso no país. Em 2010, as importações cobriram 91% da demanda interna. Nos derivados de nitrogênio, a fatia das importações em 2010 foi de 76% e nos derivados do fosfato ficou em 43%.

[...]

O Brasil poderia aumentar sua produção de nitrogênio com base nas reservas de gás natural que foram descobertas na costa brasileira. Entretanto, é preciso tratar a questão do gás estrategicamente no que diz respeito à produção de fertilizantes, considerando o gás natural como um elemento de competitividade da indústria nacional. Atualmente, em comparação aos demais países produtores, a disponibilidade e o preço do gás natural dificultam a produção de fertilizantes nitrogenados no país.

O Brasil pode reduzir a dependência da importação de adubos fosfatados. O país possui reservas, tecnologia, recursos humanos e bens de capital para ampliar a capacidade produtiva.

O Brasil tem poucas reservas de potássio o que torna o país quase totalmente dependente das importações. Existem reservas com problemas de restrições ambientais e de logística que tiram competitividade da produção doméstica. Dentre os principais nutrientes o potássio é aquele de maior carência no Brasil. (IBRAM, 2014, p. 20-23).

A produção do Brasil (IBRAM, 2018a) de fosfato em 2017 foi de 6,5 milhões de toneladas e de potássio, de 460 mil toneladas. A importação de fosfato foi de 1,9 milhões de toneladas (US\$ FOB 148 milhões, 2% das importações) e de potássio de 9,8 milhões de toneladas (US\$ FOB 2,4 bilhões), representando 31% das importações brasileiras.

Para o país reduzir a dependência da importação de adubos fosfatados, será necessário (IBRAM, 2018a):

- Otimizar a disponibilidade de potássio, já que o país é quase totalmente dependente das importações. Existem reservas com problemas de restrições ambientais e de logística que tiram competitividade da produção doméstica.
- Elaborar e implantar, efetivamente, uma reforma fiscal que traga isonomia tributária entre o produto importado e o nacional. O produto importado tem tarifa zero e sobre ele não há incidência de Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), diferentemente de quando se trata de produto nacional, que sofre alíquotas de até 8,4% e carga tributária total (IR, PIS, COFINS, ICMS e CFEM) que chega a 30,8% para o fosfato e 41,60% para o potássio.
- Levar em consideração os legítimos interesses de agricultores, produtores de fertilizantes, misturadores e governo. A Lei Kandir sugere, fortemente, que a compensação de tributos entre diferentes níveis de governo é uma rota de grandes dificuldades. Até hoje, empresas exportadoras carregam créditos de ICMS onerosos, uma vez que os estados dificultam o reconhecimento dos créditos, argumentando que não recebem a compensação adequada do Governo Federal.

4.1.1 Remineralizadores de solos

Considerando a grande dependência externa de nutrientes para a agricultura, pesquisadores brasileiros da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), CPRM/SGB e outros têm buscado fontes alternativas, por meio de resíduos e rejeitos da mineração e, mais recentemente, em rochas contendo K, P, N, Ca, Mg.

Em 2013, os remineralizadores foram incluídos como uma categoria de insumo destinado à agricultura, por meio da Lei nº 12.890, que altera a denominada Lei dos Fertilizantes (Lei nº 6.894, de 16.12.1980):

e) remineralizador, o material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo. (BRASIL, 2013).

A agrogeologia é uma ciência emergente transdisciplinar, definida como “a ciência que estuda processos geológicos que influenciam a distribuição e formação dos solos, bem como a aplicação de materiais geológicos em sistemas agrícolas e florestais como forma de manter e melhorar a produtividade do solo para o aumento dos benefícios sociais, econômicos e ambientais” (CPRM; EMBRAPA, 2018).

O uso de agrominerais que ocorrem naturalmente em rochas, rejeitos da mineração e produtos de erosão, com teores e formas facilmente biodisponíveis, constitui alternativa sustentável para fornecimento de nutrientes essenciais às plantas.

Esses materiais minerais passam por um processo de moagem no qual o objetivo é a sua redução de tamanho, para facilitar a solubilização dos nutrientes. A consequência de sua aplicação é a melhoria do nível de nutrientes no solo, servindo assim como fertilizante alternativo para o produtor. A maioria dos remineralizadores apresenta resposta lenta à aplicação, o que estabelece uma eficiência a médio e longo prazo (LEMOS, 2016).

Segundo Moreira (2016, p. 443-5),

As rochas vulcânicas alcalinas máficas são as mais indicadas para o uso desta técnica pelas suas características geoquímicas e por possuírem maiores quantidades de nutrientes, especialmente fósforo, cálcio e magnésio e baixo conteúdo de sílica. Outros tipos de rochas também passíveis de uso como remineralizadores de solos são as rochas metamórficas que tenham sofrido processos hidrotermais com acúmulo de fósforo e cálcio. Atualmente, o principal “remineralizador” que vem sendo amplamente utilizado sem dúvida nenhuma é o calcário para correção da acidez e aumento do teor de Ca e Mg no solo.

[...]

Essa fertilização [é] inteligente, uma vez que parte do pressuposto de que a dissolução mais lenta dos nutrientes assegura níveis de produtividade e de fertilidade dos solos por períodos mais longos. Dessa forma, o uso de subprodutos gerados pelo setor mineral estaria tendo um uso mais nobre.

Essa transição agrícola é de extrema importância para o futuro da soberania do Brasil, preservando e assegurando o patrimônio brasileiro: terra. [...].

[...]

Com grande potencial, mas ainda no começo da pesquisa para a compreensão do que acontecerá no longo prazo. Com a rochagem o produtor vai economizar cada vez mais com o uso excessivo de fertilizantes químicos e o solo ficará ainda mais eficiente. Remineralização é uma das missões mais importantes do planeta neste momento. Reconstruir o solo é algo novo no Brasil, já que o pó de rocha fica na terra e se transforma no solo do futuro.

Nos dias 16 e 17 de junho de 2019, foi realizado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), por meio da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM), em Brasília, o seminário “Subprodutos da mineração como potenciais remineralizadores de solos e fertilizantes naturais”, no qual muitos pesquisadores afirmaram que é “necessário muito estudo para avançar no uso de rejeitos de mineração como remineralizadores de solo”.

Segundo a SETEMI (2019),

O seminário apresentou os resultados do Grupo de Trabalho de Remineralizadores, instituído em 2012 e coordenado pela SGB, que tem o objetivo de “comprovar, por meio de estudos, que é possível aumentar a produtividade do solo com baixo impacto ambiental e redução das emissões de gases de efeito estufa. A expectativa é valorizar e dar maior eficiência aos recursos naturais, com baixa geração de resíduos e equidade social”.

Técnicos que estudam os remineralizadores de solos, como Suzi Theodoro, da UnB, e geóloga Magda Bergmann, da CPRM, assim como os produtores, veem com ceticismo o uso de rejeitos de mineração como remineralizadores. O uso de rochas como remineralizadores, segundo Magda, foi objeto de muitos estudos geológicos, e declarou que nem toda rocha se presta para esse fim. Suzi destacou toda uma gama de estudos agronômicos e características. [...] As pesquisadores temem que se banalize uma ciência e alertam que não se busque com um relaxamento da norma, para permitir venda de rejeitos e estéreis, sem qualquer eficiência agronômica.

No evento, foi lançado o Zoneamento Agrogeológico do Brasil, “um instrumento técnico-científico construído a partir da interação de dados disponíveis entre a CPRM/SGB e a EMBRAPA”. A primeira forneceu informações do mapeamento geológico do país, cabendo à EMBRAPA agregar as referentes a “solos e culturas agrícolas para fornecer subsídios para a pesquisa, assistência técnica e extensão rural, e também para orientar tomadores de decisões no estabelecimento de políticas públicas para a sustentabilidade dos setores agroindustrial e mineral” (SETEMI, 2019).

4.1.2 Rochas, minerais e elementos benéficos à saúde

A porção superficial do planeta Terra é constituída pela crosta terrestre, onde predominam rochas ígneas, sedimentares e metamórficas, em geral cobertas por solos. Estes são oriundos das rochas após o intemperismo (decomposição), representados por minerais constituídos por elementos de toda a tabela periódica.

As deficiências locais de minerais nos solos podem produzir, por sua vez, deficiências nos sistemas alimentares, afetando clinicamente as pessoas que, por anos, se alimentarem somente desses sistemas. No passado, muitas endemias ocorriam em face de a população ingerir alimentos de uma única região, enquanto, atualmente, devido à globalização, os alimentos provêm de várias regiões, favorecendo a diversidade de nutrientes.

Atualmente, foram estabelecidos 16 elementos como essenciais para uma boa saúde. Coletivamente, têm cinco funções fisiológicas gerais:

- Estrutura óssea e de membrana: cálcio, flúor, fósforo, magnésio.
- Balanço hídrico e eletrolítico: cloreto, potássio, sódio.
- Catálise metabólica: cobre, magnésio, molibdênio, selênio, zinco.
- Ligação de oxigênio: ferro.
- Efeitos hormonais: cromo, iodo.

Os alimentos e a água contêm nutrientes essenciais como resultado da capacidade de as plantas e, em alguns casos, os animais, sintetizá-los e/ou armazená-los. O corpo humano consiste de quantidades substanciais de “elementos minerais” obtidos, principalmente, de vários alimentos (Quadro 1).

Quadro 1 – Importantes fontes de elementos minerais essenciais na alimentação.

Elemento	Fontes
Ca	Laticínios, sucos fortificados, couve, couve-galega, mostarda, brócolis, sardinha, ostras, mexilhão, salmão enlatado.
P	Carnes, peixes, ovos, laticínios, nozes, feijões, ervilha, lentilha, grãos.
Mg	Sementes, nozes, feijões, ervilha, lentilha, grãos integrais, vegetal verde-escuro.
Na	Sal comum, frutos do mar, laticínios, carnes, ovos.
K	Frutas, laticínios, carnes, cereais, legumes, feijões, ervilha, lentilha.
Cl	Sal comum, frutos do mar, laticínios, carnes, ovos.
Fe	Carnes, frutos do mar.
Cu	Feijões, ervilha, lentilha, grãos integrais, nozes, vísceras, frutos do mar, produtos de amendoim, chocolate, cogumelos.
Zn	Carnes, vísceras, mariscos, nozes, grãos integrais, feijões, ervilha, lentilha, cereais matinais fortificados.
Se	Carne de gado alimentado com Se, peixes do mar, produtos de grãos, nozes, alho, brócolis cultivados em solos ricos em Se.
I	Sal iodado, peixe do mar, alga marinha.
Mn	Grãos integrais, feijões, ervilha, lentilha, vegetais de folhas verde-escuras, vísceras.
F	Água fluoretada.

Fonte: SELINUS et al., 2005.

A seguir, exemplos de elementos, minerais e rochas usados em farmacológicos aplicados na saúde:

- Alcatrão de carvão: produtos para a pele.
- Arsênio: produtos farmacêuticos.
- Bário: edemas.
- Bauxita (Al): antitranspirante, creme dental.
- Bismuto: problemas estomacais.
- Boro: ácido bórico.
- Cálcio: antiácidos.
- Dolomita: articulações, músculo, osteoporose.
- Enxofre: drogas.
- Fluorita: fluoretação.
- Gesso: gesso de Paris.
- Halita: preservativo.
- Magnesita: leite de magnésia.
- Mercúrio: amálgama dentário, mercurocromo.
- Óxido de zinco: pomadas para a pele.
- Pedra-pomes: abrasivo.

- Rutilo: creme dental.
- Selênio: antioxidante, tratamento da pele.
- Talco: talco.
- Vários elementos: em suplementos vitamínicos.
- Zeólita: antioxidante e imunoestimulante.

A água é um nutriente essencial que, trazendo dos solos outros minerais essenciais à saúde, torna possível as reações químicas celulares e o transporte de nutrientes em nosso organismo. No ciclo hidrológico natural, após as chuvas, em geral, as águas penetram no solo e nas fraturas das rochas, deslocando-se para os rios e carreando os elementos químicos disponíveis. Dessa forma, as águas refletem o conteúdo dos minerais das rochas alteradas da região e, praticamente, contêm quase todos os elementos da tabela periódica de A a Z. Ressalta-se que a qualidade da água depende do tipo de rocha/solo que percorre, podendo ser nociva ou benéfica à saúde.

No Brasil, segundo Jeber e Profeta (2018), 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. É uma água caracterizada pelo conteúdo definido e constante de determinados sais minerais, oligoelementos e outros constituintes. A exploração e a comercialização da água mineral podem se dar por meio da ingestão na fonte ou pelo seu envase, como também por meio da fabricação de outras bebidas e de seu uso em balneários.

A crenologia, segundo Silva Júnior e Caetano (2010), é a ciência que estuda os efeitos medicamentosos das águas minerais e diz respeito a tratamentos que podem ser preventivos ou curativos, ao se fazer uso de águas minerais com comprovação medicamentosa. O crenoclimatismo, também denominado hidroclimatismo, é o tratamento preventivo ou curativo por meio de águas minerais comprovadamente medicamentosas em ação conjunta com o clima.

O aproveitamento de águas minerais ou potáveis de mesa depende de concessão da União Federal, segundo legislação estabelecida no Código de Águas e em suas regulamentações. A pesquisa e a lavra de águas minerais são outorgadas por ANM e MME, respectivamente.

4.2 MINERAIS ESTRATÉGICOS

A definição de mineral estratégico, conforme consta no PNM-2030 (BRASIL, 2010), está associada a três condições de referência: (i) bem mineral do qual o Brasil depende de importação em alto percentual para o suprimento de setores vitais de sua economia; (ii) minerais que deverão crescer em importância nas próximas décadas por sua aplicação em produtos de alta tecnologia; (iii) determinados recursos minerais em que o país apresenta vantagens comparativas essenciais para sua economia pela geração de divisas.

Cada vez mais se reconhece que os minerais são essenciais tanto à vida moderna como à segurança, defesa e desenvolvimento do país, necessitando-se avaliar constantemente as vulnerabilidades e as vantagens no suprimento de minerais estratégicos. Deve-se ter em mente que o mineral atualmente considerado estratégico pode não sê-lo nos anos seguintes; da mesma forma, aquele que hoje não é visto como importante, no futuro poderá sê-lo.

O tungstênio, por exemplo, devido à sua dureza, equivalente à do diamante, e ao seu alto ponto de fusão, é comumente utilizado em pás de turbinas, cones de mísseis e outras aplicações que exigem resistência ao calor. Outros minerais estratégicos são os elementos terras-raras (ETR), alguns dos quais usados para fabricar ímãs permanentes, que mantêm seus campos magnéticos mesmo em altas temperaturas, na orientação de mísseis e em quase todos os pequenos motores. Outro exemplo é o paládio, um dos Metais do Grupo Platina (MGP), usado em conversores catalíticos.

Segundo declarações do general de brigada reformado Adams, do U.S. Army (2013), os Estados Unidos da América não são o único país ocidental que têm ignorado o valor econômico da extração mineral. Muitos dispositivos eletrônicos, tecnologia verde e sistemas de armas avançados contam com uma série de elementos químicos exóticos. Uma estratégia abrangente, que vincule o Departamento de Defesa a outras partes interessadas do governo e do setor, é fundamental para lidar com possíveis carências, antes que elas afetem a segurança nacional dos EUA.

Apresentam-se, a seguir, os metais industriais, suas propriedades, usos e aplicações dos elementos considerados críticos (estratégicos) para os EUA, como: lítio,

berílio, gálio, índio, germânio, antimônio, telúrio, vanádio, molibdênio, tântalo, tungstênio, rênio, paládio e platina (Quadro 2).

Quadro 2 – Metais industriais: propriedades, usos e aplicações na defesa.

Elemento	Símbolo Atômico	Número Atômico	Usos e Aplicações	Produtores Significativos
Lítio	Li	3	Baterias	Chile, Austrália, China, Argentina
Berílio	Be	4	Ligas leves, janelas de radiação, reatores nucleares	EUA, China
Gálio	Ga	31	Ligas de baixo ponto de fusão, semicondutores eletrônicos de alta frequência, de alta potência, diodos emissores de luz (LEDs), células solares.	China, Alemanha, Cazaquistão, Ucrânia
Índio	In	49	Monitores de cristais líquidos (LCDs), ligas de baixo ponto de fusão, ligas de rolamento (<i>bearing alloys</i>), transistores, termistores, fotocondutores, retificadores, espelhos.	China, Coreia do Sul, Canadá
Germânio	Ge	32	Fibra ótica, óptica infravermelha, células solares fotovoltaicas, semicondutores, ligas.	China
Antimônio	Sb	51	Retardador de chama, semicondutores, ligas de rolamento (<i>bearing alloys</i>), baterias.	China
Telúrio	Te	52	Painéis fotovoltaicos de película fina, semicondutores, ligas de aço, agente de vulcanização, fibras sintéticas.	China, Canadá, Filipinas
Vanádio	V	23	Reatores nucleares, molas, estabilizador de carboneto (ligas), baterias.	China, África do Sul, Rússia
Molibdênio	Mo	42	Aço temperado, canos de armas, placas de caldeira, blindagem, energia nuclear, componentes de mísseis.	China, EUA, Chile
Tântalo	Ta	73	Tântalo carboneto (metal duro), tântalo capacitores.	Brasil, Austrália, Moçambique, Ruanda
Tungstênio	W	74	Carboneto de tungstênio (metal duro), ferramentas de perfuração e corte, especialidade aços, dissipadores de calor, lâminas de turbina	China
Rênio	Re	75	Ligas e revestimentos de alta temperatura, motores a jato.	China, EUA, Peru, Polônia, Cazaquistão
Paládio	Pd	47	Conversores catalíticos, condensadores cerâmicos multicamadas (chips), circuitos híbridos integrados.	África do Sul, Rússia, Canadá, Zimbábue
Platina	Pt	78	Conversores catalíticos (diesel).	África do Sul, Rússia, Canadá, EUA

Fonte: ADAMS, 2013.

Os elementos denominados terras-raras (não são terras nem tampouco raras) são os 15 elementos químicos – cério, disprósio, érbio, európio, gadolínio, hólmio, itérbio, lantânio, lutécio, neodímio, praseodímio, promécio, samário, térbio, túlio – da série dos lantanídeos da tabela periódica, acrescidos dos elementos escândio e ítrio.

Os elementos terras raras (ETR) têm propriedades únicas que os tornam essenciais para muitos produtos de defesa, especialmente os de alta tecnologia. São encontrados em uma variedade surpreendentemente ampla de aplicativos e dispositivos que melhoram a vida moderna em países de avançada industrialização.

Isso explica a duração do tempo de produção e os custos. É importante ressaltar que as empresas de mineração não sabem de antemão se ETR valiosos estão misturados com os tipos mais comuns, já que cada mina individual é diferente. Geólogos e engenheiros de minas devem estudar cada mina para descobrir quais elementos estão disponíveis. Os muitos desafios de engenharia e processamento colocam a mineração de ETR entre os tipos mais difíceis de operações de individualização e concentração (Quadros 3 e 4).

Quadro 3 – Aplicações e usos de ETR.

Elemento	Símbolo Atômico	Número Atômico	Usos e Aplicações
Escândio	Sc	21	Ligas leves.
Ítrio	Y	39	Lasers, supercondutores de alta temperatura, filtros de micro-ondas, ligas metálicas.
Lantânio	La	57	Vidro de alta refração, eletrodos de bateria, fluido catalítico de craqueamento, motores híbridos, ligas metálicas.
Cério	Ce	58	Agente oxidante químico, fluido catalítico de craqueamento, ligas metálicas
Praseodímio	Pr	59	Ímãs, lasers, capacitores de cerâmica.
Neodímio	Nd	60	Ímãs, lasers, captura de nêutrons, motores híbridos, componentes de computador.
Promécio	Pm	61	Baterias nucleares.
Samário	Sm	62	Ímãs, lasers, captura de nêutrons, masers.
Európio	Eu	63	Fósforos, lasers, ressonância magnética nuclear.
Gadolínio	Gd	64	Ímãs, vidro de alta refração, lasers, tubos de raios X, componentes de computador, captura de nêutrons, ressonância magnética.
Térbio	Tb	65	Fósforos, ímãs,
Disprósio	Dy	66	Ímãs, lasers, motores híbridos.
Hólmio	Ho	67	Lasers.
Érbio	Er	68	Lasers, aço de vanádio.
Túlio	Tm	69	Máquinas de raios X portáteis.
Itérbio	Yb	70	Lasers, redução química.
Lutécio	Lu	71	PET scanners, vidro de alta refração, catalisador químico.

Fonte: ADAMS, 2013.

Quadro 4 – Usos de defesa de ETR.

ETR	Usos de Defesa
Lantânio	Óculos de visão noturna.
Neodímio	<i>Rangfinders</i> a laser, sistemas de orientação, comunicações, ímãs.
Európio	Fluorescentes e fósforos em lâmpadas e monitores.
Érbio	Amplificadores em transmissão de dados de fibra óptica.
Samário	Ímãs permanentes, que são estáveis em altas temperaturas, munições guiadas com precisão, produção de “ <i>white nose</i> ”, produção em tecnologia furtiva.

Fonte: ADAMS, 2013.

Os ETR são quase que exclusivamente explorados na China, que tem, de longe, a maior concentração desses elementos. A mineração de ETR requer um processo mais complexo do que o usado para minerar ouro ou zinco, por exemplo. Da extração inicial à produção, o processo leva aproximadamente 10 dias. Os ETR são separados com base no peso atômico, com duração real do processamento com base no elemento específico. O mais abundante é o cério.

A garantia de suprimentos, segundo Federal Register (2017), de minerais estratégicos e a resiliência de suas cadeias de fornecimento são essenciais para a segurança econômica e a defesa nacional dos Estados Unidos da América (EUA), pois esse país é altamente dependente de fontes estrangeiras de minerais críticos. Especificamente, dependente da importação (superior a 50% do consumo anual) para 31 dos 35 minerais designados como críticos pelo Departamento do Interior norte-americano. Os EUA não têm produção nacional e dependem totalmente de importações para suprir sua demanda por 14 minerais essenciais.

A mitigação dos riscos associados à dependência externa de fontes de minerais críticos é importante e consistente com a estratégia nacional de segurança e de defesa para promover a prosperidade norte-americana e preservar a paz por meio da força. A dependência dos EUA de fontes estrangeiras de minerais críticos cria uma vulnerabilidade estratégica tanto para a economia quanto para as forças militares no que diz respeito a ações governamentais adversas, desastres naturais e outros eventos que possam interromper o fornecimento desses minerais (FEDERAL REGISTER, 2017) (Quadro 5).

Quadro 5 – Dependência de importação líquida dos EUA para minerais críticos em 2017.

Commodity	Dependência líquida de importação (%)	Principais fontes de importação (2013 -16), parcela da dependência líquida de importação (%) ¹	Importações 2017 (e)
ARSÊNICO (ArO3)	100	Marrocos, 52; China, 41; Bélgica, 6; outro, 1	7300
CÉSIO	100	Canadá, 100	NA
ESPATO FLUÓR	100	México, 71; China, 8; África do Sul, 8; Vietnã, 5; outros, 8	460000
GÁLIO	100	China, 33; Alemanha, 23; Reino Unido, 22; Ucrânia, 17; outros, 5	22
GRAFITA (NATURAL)	100	China, 35; México, 31; Canadá, 17; Brasil, 8; outros, 9	50000
ÍNDIO	100	Canadá, 23; China, 22; França, 11; República da Coreia, 11; outros, 33	120
MANGANÊS	100	África do Sul, 29; Gabão, 22; Austrália, 14; Geórgia, 11; outros, 24	310000
NIÓBIO	100	Brasil, 72; Canadá, 18; Rússia, 3; outros, 7	11300
TERRAS RARAS	100	China, 78; Estônia, 6; França, 4; Japão, 4; outros, 8	12000
RUBÍDIO	100	Canadá, 100	NA
ESCÂNDIO	100	China, 100	NA
ESTRÔNCIO	100	México, 87; Alemanha, 11; China, 2	17000
TÂNTALO	100	Brasil, 40; Ruanda, 26; Austrália, 8; Canadá, 7; outros, 19	1300
VANÁDIO	100	Tchéquia, 32; Áustria, 22; Canadá, 19; República da Coreia, 18; outros, 9	11500
BISMUTO	96	China, 74; Bélgica, 12; Peru, 3; outros, 7	2400
URÂNIO (equivalente U3O8). (e). ²	93	Canadá, 33; Austrália, 19; Rússia, 16; Casaquistão, 11; outros, 14	21000
POTASSA (equivalente K2O)	92	Canadá, 76; Rússia, 7; Israel, 3; Chile, 2; outros, 4	5700000
CONCENTRADO MINERAL DE TITÂNIO (TiO2) ³	91	África do Sul, 34; Austrália, 26; Canadá, 13; Moçambique, 10; outros, 8	1050000
ANTIMÔNIO	85	China, 60; Bélgica, 9; Bolívia, 5; outros, 11	24000
RÊNIO	80	Chile, 69; Bélgica, 3; Alemanha, 3; Polônia, 2; outros, 3	34
BARITA	>75	China, 52; Índia, 10; México, 7; Marrocos, 5; outros, 1	2220000
BAUXITA	>75	Jamaica, 35; Brasil, 22; Guiné, 16; Guiana, 2	4300000
TELÚRIO	>75	Canadá, 43; China, 22; Bélgica, 5; Filipinas, 3; outros, 2	113
ESTANHO	75	Peru, 19; Indonésia, 15; Malásia, 15; Bolívia, 13; outros, 13	32400
COBALTO	72	Noruega, 12; China, 11; Japão, 8; Finlândia, 6; outros, 35	12100
CROMO	69	África do Sul, 26; Casaquistão, 7; Rússia, 4; outros, 32	600000
ELEMENTOS DO GRUPO DA PLATINA	57	África do Sul, 19; Rússia, 10; Itália, 5; Reino Unido, 5; outros, 18	508
TITÂNIO (sponge metal) ³	53	Japão, 41; China, 4; Casaquistão, 3; Ucrânia, 3; outros, 2	23000
GERMÂNIO	>50	China, 31; Bélgica, 12; Rússia, 3; Alemanha, 2; outros, 2	23
HÁFNIO	>50	Alemanha, 23; França, 16; Reino Unido, 8; China, 3	160
LÍCIO	>50	Chile, 25; Argentina, 24; China, 1	3430
TUNGSTÊNIO	>50	China, 17; Canadá, 5; Bolívia, 5; Alemanha, 4; outros, 19	13900
CONCENTRADO MINERAL DE ZIRÔNIO (ZrO2) ³	<50	África do Sul, 30; Austrália, 11; Senegal, 7; outros, 2	28000
ZIRCÔNIO ³	<50	China, 34; Alemanha, 8; Japão, 6; outros, 2	1080
MAGNÉSIO METÁLICO	<25	Israel, 7; Canadá, 6; China, 3; Reino Unido, 2; outros, 7	43000
BERÍLIO	14	Casaquistão, 7; Japão, 2; Brasil, 1; Reino Unido, 1; outros, 3	49
HÉLIO (reportado em milhões de metros cúbicos de He) (4)	Exportação líquida		21

(e) Estimado. NA Não disponível. Fonte: Serviço Geológico dos Estados Unidos.

Resumos de commodities minerais 2018 e as importações são medidos em toneladas, exceto quando indicado de outra forma.

¹Em ordem decrescente da parcela de importação. Pode incluir dados combinados de outros países que não estão listados.

²Fonte: Administração de Informações sobre Energia dos EUA. Relatório Anual de Marketing de Urânio e Relatório de Produção de Urânio Doméstico - Anual. (Acessado em 11 de setembro de 2018. via <https://www.eia.gov/uranium/marketing/> and <https://www.eia.gov/uranium/production/annual/>.)

³Várias linhas são mostradas para o titânio e o zircônio para refletir diferentes formas de materiais e fontes de importação.

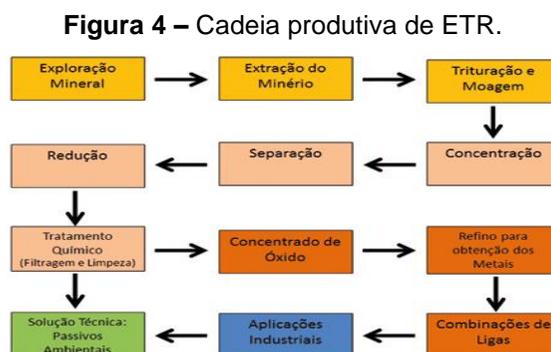
(4) Os Estados Unidos exportam mais hélio do que importam. 95% das importações dos EUA são do Catar. As importações de hélio estão em milhões de metros cúbicos

Fonte: FEDERAL REGISTER, 2017.

O resultado do quadro retroapresentado chamou a atenção do governo norte-americano, que montou uma urgente “estratégia federal para garantir fornecimentos seguros e confiáveis de minerais críticos”, em vista da ameaça chinesa de interromper o envio de minerais estratégicos para os EUA. Essa situação reveste-se de excelente oportunidade para o Brasil exportar minerais para o referido país.

Essa estratégia tem algumas similaridades com as diretrizes que se propõem nesta pesquisa, ou seja, reduzir a dependência de minerais críticos (estratégicos); melhorar os dados de mapeamento geológico, geofísico e geoquímico; desenvolver novas tecnologias para o aproveitamento de rejeitos; aumentar o comércio com aliados; simplificar licenciamentos/arrendamentos (outorga) e aumentar a descoberta de novos depósitos.

Para Martinez e Andrade (2014), o principal gargalo, em especial no que se refere a ETR, não é a obtenção de mais reservas ou recursos, uma vez que o país se posiciona relativamente bem nesse quesito, mas obter o pleno domínio de todas as etapas e rotas tecnológicas para a cadeia produtiva, desde as pesquisas geológicas exploratórias até a confecção de compostos e óxidos de terras-raras e produtos acabados, como ímãs e outros condutores (Figura 4).



Fonte: MARTINEZ; ANDRADE, 2014.

Os referidos autores destacam que é um desafio para a mineração alcançar a integração de todos esses segmentos fragmentados com vários atores/empresas e ramos de atuações, seja na mineração, na separação dos diversos tipos de depósitos associados e dos próprios ETR e com os cuidados com as complexas questões ambientais, que ainda envolvem minerais radioativos como urânio e tório, em geral associados a ETR e outros minerais estratégicos.

Martinez e Andrade (2014) destacam, dentre as áreas de ocorrência de ETR:

- Amazonas: Complexo Polimetálico do Pitinga e Morro dos Seis Lagos.
- Espírito Santo: a renúncia dos títulos das Indústrias Nucleares do Brasil S/A (INB), areias monazíticas em áreas litorâneas e de grande aproveitamento turístico, como Guarapari.
- Goiás: vistoria nas regiões de Minaçu; Catalão e Ouidor (empresas: Cooperbrás, Ultrafértil, Anglo American e Goiás Vermiculita).
- Minas Gerais: vistoria nas regiões de Araxá, Tapira e Poços de Caldas, além das ocorrências das concessões da Vale na região de São Gonçalo do Sapucaí (paralisadas por fatores ambientais).
- Rio de Janeiro: a antiga mina da INB, Buena Sul, no município de São Francisco de Itabapoana, onde foram vendidas 2.700 t de concentrado de monazita rebeneficiada e há um estoque remanescente de 5.845,54 t.

O Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) elaborou o Plano de CT&I em Minerais Estratégicos 2018-2022, contendo orientação estratégica para os minerais “portadores de futuro” (elementos terras-raras, lítio e silício) e os minerais que apresentam déficit comercial (agrominerais) com relação à sua importância econômica e estratégica para o país nos próximos quatro anos, sendo parte integrante da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação.

4.3 MINERAIS ENERGÉTICOS

4.3.1 Carvão mineral

As maiores jazidas de carvão mineral situam-se no sul do Brasil, nos estados de Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo. Nove dessas jazidas concentram o maior volume de carvão: Sul-Catarinense (SC); Santa Terezinha, Morungava-Chico-Lomã, Charqueadas, Leão, Iruí, Capané e Candiota (RS); Figueira-Sapopema (PR).

As reservas de carvão somam 32 bilhões de toneladas, o que se constitui em uma situação estratégica em relação ao Bloco MERCOSUL, sendo garantia de energia abundante e barata para toda a região (BIZZI et al., 2003).

A exploração de carvão mineral no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, nos séculos XIX e XX, deixou um grande passivo ambiental, principalmente nas regiões em que a lavra se processou a céu aberto.

Grandes áreas foram ocupadas por rejeitos de carvão, formando uma paisagem lunar, sem qualquer aproveitamento e totalmente degradada. As águas, superficial e subterrânea, tornaram-se ácidas, devido ao enxofre contido na pirita, afetando enormemente o biosistema regional e danificando a flora e a fauna da região. Atualmente, parte desse passivo está sendo recuperado pelo governo federal por meio da CPRM/SGB.

4.3.2 Urânio

Os dados ora apresentados foram obtidos de Orlandi e Marques (2016), os quais definem que mineral nuclear é aquele que contém em sua composição um ou mais elementos nucleares (urânio e tório). Os principais minerais de urânio são: autunita, betafita, carnotita, cofinita, esamarsquita, euxenita, pechblenda, pirocloro, uraninita, torbenita. Já os de tório são: euxenita, monazita, torianita e torita.

A principal aplicação do urânio é na geração de energia, como combustível nuclear, sendo também utilizado em diversas indústrias, por exemplo: bélica, sob a forma de explosivos; fotográfica, sob a forma de nitratos; química, sob a forma de acetatos; produção de vidros, sob a forma de sal; na medicina, para tratamento de câncer.

Já o tório é pouco usado como elemento gerador de energia, sendo utilizado, principalmente, sob a forma de óxido, na fabricação de camisas para lâmpadas; na produção de ligas, principalmente com o magnésio; na indústria eletrônica; na fabricação de lâmpadas elétricas e na indústria óptica, na produção de vidros para lentes.

O Brasil possui uma reserva de urânio que totaliza 309.370 t de U_3O_8 contido. O Complexo Mínero-Industrial de Caetité, no centro-sul da Bahia, é, atualmente, a única área produtora de urânio do país.

Já o Complexo Mínero-Industrial de Poços de Caldas, no sul de Minas Gerais (MG), até então a única área produtora do Brasil, está sendo descomissionado, tendo em vista o esgotamento do minério economicamente viável. Nesse complexo, teve início o desenvolvimento da tecnologia do ciclo do combustível nuclear para geração

de energia elétrica, tratando-se quimicamente o minério de urânio e transformando-o em *yellow cake*. Atendeu, assim, basicamente, às demandas de recargas do reator das usinas Angra I e II e de programas de desenvolvimento tecnológico.

Em Poços de Caldas, o urânio ocorre essencialmente como uraninita associada a rochas do complexo alcalino gerado entre o Cretáceo e o Paleógeno, destacando-se as jazidas do Cercado e do Agostinho. A primeira, com reserva de 21.800 t de U_3O_8 contido, foi explorada até 1998 na mina Osamu Utsumi. Na segunda, as reservas estimadas foram de 50.000 t de U_3O_8 contido. Três fases de mineralização foram distinguidas em Poços de Caldas: duas hidrotermais e uma de alteração supergênica.

Em Caetité, o minério de urânio, representado, essencialmente, por uraninita, está distribuído em 33 jazidas que compõem o Distrito Uranífero de Lagoa Real. O minério ocorre em uma série de corpos de albititos lenticulares associados a zonas de cisalhamento que cortam metamorfitos arqueanos e granitos paleoproterozoicos. A mineralização foi possivelmente gerada no início do Neoproterozoico e sofreu remobilização no final do evento Brasileiro.

As reservas totais são da ordem de 100.000 t de U_3O_8 contido, suficientes para a operação dos reatores nucleares das usinas Angra I, II e III. As demais reservas uraníferas são representadas pelas áreas de Itataia, Figueira, Amorinópolis, Espinharas, Campos Belos, Rio Preto, Quadrilátero Ferrífero e Rio Cristalino. Embora a jazida fósforo-uranífera de Itataia, no centro do estado do Ceará, seja a maior reserva de urânio do país, com 142,5 mil t de U_3O_8 contido, sua viabilidade econômica é dependente da exploração do fosfato associado.

Podem ser referidas, ainda, ocorrências uraníferas que acompanham mineralizações de cassiterita e outros minerais em Pitinga, no nordeste do Amazonas, e em mineralizações de cobre e ouro, em Carajás, no sudeste do Pará. Essas ocorrências de urânio têm potencial estimado em 150.000 t de U_3O_8 contido.

Pires (2013) apresenta o “estado da arte” da situação dos depósitos de urânio no Brasil e as perspectivas de cada província, distrito e ocorrência, considerando trabalhos e contribuições efetuados no passado, principalmente pela NUCLEBRÁS/CNEN, e fornece subsídios para a exploração de urânio no Brasil, considerando o potencial de novos alvos e daqueles em que está confirmada a presença do mineral. Jazimentos (Sn, Au) nos quais o urânio pode ser extraído como

subproduto (Itataia, Pitinga, Jacobina), por meio de reprocessamento de rejeitos com teor inferior de urânio, porém com elevada tonelagem, requerem maior atenção.

O referido autor utiliza os depósitos conhecidos de urânio, tendo este como subproduto, anomalias geoquímicas e geofísicas (aeromagnetometria, aerocintilometria) e alvos com base na geologia. Esses dois tipos são reservas especulativas, para estimar que o Brasil pode ter 1.110.000 t de urânio em seu território (Figura 5).

Figura 5 – Depósitos de urânio no Brasil.



Fonte: PIRES, 2013.

Nota: ◆ : mina de urânio; ☆ : depósito uranífero importante; ■ : zona com depósitos uraníferos; ◇ : U-torianita ou U-columbita; o : anomalia radioativa; + : áreas uraníferas promissoras.

Em termos de geração de recursos financeiros, a cotação da tonelada de urânio sob a forma de torta amarela (*yellow cake*) no mercado à vista (*spot*), em meados de 2013, era de cerca de US\$ 80 mil, valorando as reservas brasileiras comprovadas em mais de US\$ 30 bilhões. Considerando as reservas adicionais especulativas, essa valoração chegaria a mais de US\$ 100 bilhões.

Pires (2013) complementa que a dimensão das reservas nacionais de urânio e a provável liderança mundial do Brasil na posse desse valiosíssimo recurso mineral energético, associadas ao domínio tecnológico de seu processamento, fazem crer que

seria do maior interesse nacional iniciar uma ampla discussão sobre sua exploração, similar àquela que hoje está em curso no país sobre as reservas de petróleo do pré-sal.

A energia nuclear vem enfrentando um futuro incerto em muitos países. O mundo corre o risco de um declínio acentuado em seu uso nas economias avançadas, o que poderia resultar em bilhões de toneladas de emissões adicionais de carbono. Alguns países optaram por abandonar a energia nuclear devido a preocupações com segurança e outras questões. Muitos outros, no entanto, ainda veem um papel para a energia nuclear em suas transições, mas não estão fazendo o suficiente para alcançar seus objetivos.

Segundo Fatih Birol, diretor executivo da International Energy Agency (IEA), a energia nuclear, juntamente com outras energias renováveis, com a eficiência energética e outras tecnologias inovadoras, pode contribuir significativamente para atingir metas de energia sustentável e aumentar a segurança energética.

A energia nuclear é a segunda maior fonte de eletricidade de baixo carbono atualmente, com 452 reatores operando e fornecendo 2.700 TWh de eletricidade em 2018, ou 10% do fornecimento global de eletricidade. Nas economias avançadas, a energia nuclear tem sido a maior fonte de eletricidade de baixo carbono, fornecendo 18% da oferta em 2018. No entanto, a energia nuclear está rapidamente perdendo terreno. Enquanto 11,2 GW de nova capacidade nuclear foram conectados a redes de energia em todo o mundo em 2018 – a maior quantidade desde 1990 – essas adições foram concentradas na China e na Rússia.

A publicação do primeiro relatório da IEA abordando a energia nuclear em quase duas décadas traz a energia nuclear de volta ao debate sobre energia global e faz recomendações políticas ao setor, tais como: manter a opção aberta; valorizar o setor; valorizar os benefícios não econômicos; atualizar os regulamentos de segurança; criar estrutura de financiamento favorável; apoiar novas construções; suportar novos projetos inovadores de reatores e manter o capital humano.

4.3.3 Hidrato de gás

O hidrato de gás metano é uma substância sólida semelhante ao gelo. Composto por água e gás natural, apresenta potencial como fonte de energia alternativa, como mecanismo de redução de emissões de gases de efeito estufa, além de seu possível papel como agente de mudanças climáticas.

O hidrato de gás é encontrado no fundo oceânico em profundidades de 150 a 3.000 m, com ampla distribuição geográfica. Poderá, a longo prazo, constituir-se no maior recurso energético do planeta, quando comparado a outros combustíveis fósseis.

A compreensão relativa à presença de hidratos no piso marinho vem crescendo rapidamente. Promover melhor conhecimento sobre o fluxo de gás em subsuperfície, bem como em seus modelos de formação e dissociação é uma boa alternativa para extração de gás. Canadá, Estados Unidos da América e Japão pretendem utilizá-lo comercialmente em breve. Para isso, esses países mantêm programas de pesquisa e parcerias internacionais focados não apenas na caracterização e quantificação como também no desenvolvimento de tecnologias de produção comercial do metano.

4.3.4 Hidrogênio

A partir da primeira crise petrolífera, na década de 1970, passou-se a considerar o hidrogênio como possível fonte de energia, por meio da conversão eletroquímica, usando células de combustível, que até então tinham como grande aplicação prática as missões espaciais. O hidrogênio pode ser considerado fonte de energia intermediária, sendo necessário produzi-lo, transportá-lo e armazená-lo antes do uso comercial (SANTOS; SANTOS, 2005).

Segundo Estevão (2008), o hidrogênio tem sido utilizado como combustível alternativo, por apresentar características que nenhum outro gás ostenta, tais como elevada quantidade de energia por unidade de massa, baixa densidade, é um elemento abundante no universo e, quando utilizado, o produto dessa reação é apenas H₂O.

Cientistas da Universidade de Lyon (França), segundo Redfern (2013), descobriram uma nova maneira de extrair gás hidrogênio da água, utilizando algumas rochas. O método promete fomentar mais uma categoria de energia limpa, usando materiais bastante simples como forma de obtenção do elemento químico apenas acelerando um processo que levaria muito tempo (em escala geológica) para acontecer espontaneamente na natureza.

Durante a reação, o mineral olivina, de coloração verde-oliva, arranca um átomo de oxigênio e um de hidrogênio de uma molécula de água, formando uma nova substância mineral, a serpentina. Esse produto, por sua vez, libera o átomo excedente de hidrogênio em uma sucessão de acontecimentos relativamente simples e pouco trabalho.

Sabe-se que esse mesmo processo ocorre de maneira natural na natureza, mais precisamente nos assoalhos oceânicos. No entanto, para que uma rocha possa reagir de forma a liberar alguma quantidade relevante de hidrogênio, são necessárias muitas semanas ou até meses. Além disso, o produto das reações espontâneas geralmente é absorvido por micro-organismos que vivem nas rochas ou reagem com carbono, formando gás metano.

Os cientistas Ian Gates e Jacky Wang, da Universidade de Calgary, no Canadá, em parceria com a Proton Technologies Inc, segundo Ribeiro (2019), desenvolveram um método econômico para extrair o hidrogênio de areias betuminosas naturais e de campos de petróleo em larga escala. Para produzir esse gás, o custo é inferior ao da produção de gasolina, por exemplo. Para produzir o hidrogênio, o custo atual é de US\$ 2 (cerca de R\$ 8) por quilo. No sistema de extração com base no oxigênio, os gastos se situam em torno de 5% disso, o que significa que o processo se paga.

Portanto, caso essa produção possa ser reproduzida em escala industrial, pode significar um grande avanço para obtenção de energia limpa no mundo. O Brasil precisa investir na tecnologia de obtenção de hidrogênio.

4.4 ROCHAS E MINERAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL E ORNAMENTAL

4.4.1 Agregados para a construção civil

Agregados para a construção civil são materiais granulares, sem forma e volume definidos, de dimensões e propriedades estabelecidos para uso em obras de engenharia civil, tais como pedra britada, cascalho e areias naturais, ou obtidas por moagem de rocha, além de argilas e de substitutivos como resíduos inertes reciclados, escórias de aciaria, produtos industriais, entre outros. Os agregados são abundantes no Brasil e no mundo e podem ser naturais ou artificiais. Os naturais são os que se encontram de forma particulada na natureza (areia, cascalho ou pedregulho) e os artificiais são aqueles produzidos por algum processo industrial, como pedras britadas, areias artificiais, escórias de alto-forno e argilas expansivas, entre outros.

Esse setor exportou, em 2017, 420 milhões de toneladas, no valor de US\$ 1,1 bilhão, representando 4% das exportações do setor mineral. Em contrapartida, importou 63.141 t, correspondendo a 0,14% do total importado pelo referido setor (IBRAM, 2018b).

O setor de agregados caracteriza-se pela demanda por grandes volumes e baixo valor relativo e, em consequência, delimita micromercados em distâncias de até 100 km para brita e até 300 km para areia, à exceção de regiões em que a disponibilidade de reservas é praticamente nula. Assim, a logística de distribuição é de fundamental importância para a operação das empresas, pois seu custo pode variar desde 30% até 70% do preço final ao consumidor (IBRAM, 2014).

Nos Estados Unidos da América, a produção de agregados é maior, em quantidade, do que de qualquer outro bem mineral produzido. A produção norte-americana de agregados em 2000 foi de 2,7 bilhões de toneladas. Os agregados também são as substâncias minerais mais consumidas no Brasil.

Areia e brita são, ainda, insumos praticamente insubstituíveis. Misturados com o cimento e calcário dão origem ao concreto usinado ou “virado na obra”, artefatos de cimento pré-fabricados, solo-cimento, rejuntas e argamassas. Misturados com a emulsão asfáltica, resultam no concreto asfáltico para pavimentos. São ainda utilizados *in natura* em base de pavimentos, como gabiões, lastros ferroviários, entrocamentos, pisos e revestimentos. Areia e brita participam com cerca de 80% do volume no concreto e representam 30% de seu valor.

Qualquer programa que almeje a melhoria das condições de vida da população pressupõe a criação de moradias e infraestrutura. Assim, transporte, energia elétrica, saneamento básico, educação, saúde e habitação, ou seja, todos os quesitos fundamentais para o desenvolvimento econômico-social requerem areia e brita.

Devido ao processo de urbanização descontrolada, importantes depósitos minerais acabam por ser inviabilizados. Em consequência, novas áreas de extração estão cada vez mais distantes dos pontos de consumo, encarecendo o preço final dos produtos. Decorre daí a necessidade de o governo (nas três esferas) criar mecanismos para a garantia de suprimento dos agregados para a construção civil com a inclusão da atividade extrativa dessas substâncias minerais dentro de um ordenamento territorial com os demais tipos de uso de solo (IBRAM, 2014).

4.4.2 Rochas ornamentais e de revestimento

As informações apresentadas a seguir estão baseadas em Chiod Filho (2018), o qual aponta que a produção mundial noticiada de rochas ornamentais e de revestimento evoluiu de 1,8 milhões de toneladas por ano (Mt/ano), na década de 1920, para um patamar atual de 145 Mt/ano. Cerca de 53,5 Mt de rochas brutas e beneficiadas foram comercializados no mercado internacional em 2016, representando 790 milhões de metros quadrados equivalentes de chapas com 2 cm de espessura.

Os principais produtores mundiais em 2016 foram: China: 46,0 Mt; Índia: 23,5 Mt; Turquia: 10,75 Mt; Brasil: 8,5 Mt; Irã: 8 Mt; Itália: 6,25 Mt. Os principais exportadores foram: China: 11,6 Mt; Índia: 9,7 Mt; Turquia: 6,6 Mt; Egito: 3,9 Mt; Itália: 2,8 Mt; Brasil: 2,4 Mt. Já os principais importadores foram: China: 12,4 Mt; EUA: 3,9 Mt; Coreia do Sul: 3,2 Mt; Alemanha: 1,9 Mt; Canadá: 1,7 Mt; Reino Unido: 1,1 Mt.

A produção nacional de rochas ornamentais em 2017 foi 9,2 Mt, no valor de US\$ 123,3 milhões, tendo exportado cerca de 6,0 Mt (65,3% do total produzido), no valor de US\$ 80,5 milhões, e produzido 3,2 Mt (34,7%), no valor de US\$ 42,8 milhões, para atender ao consumo interno.

Chiodi Filho (2018) tece em seu trabalho as seguintes considerações:

- Os números consolidados para as importações brasileiras de materiais rochosos naturais e artificiais sugerem um início de recuperação no mercado interno da construção civil. Esse sentimento não foi corroborado por alguns dos marmoristas consultados sobre o andamento do setor de rochas no Brasil.
- Os portos instalados no Espírito Santo continuam não atendendo às necessidades do estado para o setor de rochas, o que acaba por afetar a competitividade das exportações brasileiras.
- O eventual incremento das exportações de blocos de quartzito, sobretudo para grandes exportadores de rochas processadas, como Itália, China e Taiwan, comprometeria o enorme parque industrial brasileiro de serragem de chapas e a perspectiva de agregação de valor para uma das mais estratégicas matérias-primas mundiais do setor de rochas, que têm no Brasil sua máxima expressão de ocorrência.

O estado de Minas Gerais é também responsável por quase toda a produção e exportação brasileira de ardósia, quartzito foliado e pedra-sabão. O Espírito Santo destaca-se pela produção e beneficiamento de granitos homogêneos, especialmente amarelos, verdes e negros, como também de mármore e alguns poucos materiais exóticos. Mármore são ainda produzidos na Bahia, no Paraná e em Santa Catarina, noticiando-se uma nova fronteira de exploração nos estados de Rondônia, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

As principais novas fronteiras em perspectiva, para materiais exóticos em geral, são os estados da Região Nordeste do Brasil, incluindo Bahia, Ceará e Rio Grande do Norte.

4.5 GEMAS

Chaves e Dias (2018) descrevem que as gemas, ou pedras preciosas, devido às suas propriedades físicas peculiares como cor, brilho ou dureza, despertavam algum encanto nas comunidades primitivas, que as julgavam possuidoras de certos poderes mágicos. O interesse dessas comunidades pelas gemas e pelo ouro fez surgirem as primeiras relações comerciais entre os povos que dominavam a localização e a extração das gemas inicialmente exploradas, em geral de cores vivas como ametista, esmeralda, jade, granadas, turquesa, lápis-lazuli etc.

Define-se a gema como toda matéria mineral, ou mais raramente rochosa ou orgânica, que é trabalhada de alguma forma para uso de ornamentação pessoal. Esse termo veio substituir a antiga denominação de pedra preciosa, por esta guardar muita imprecisão. No âmbito da gemologia, os diamantes e as pedras coradas (todas as gemas que não o diamante) são separados em dois grupos distintos, estudados de modo independente. A unidade de peso padrão utilizada na gemologia é o quilate, que é equivalente a 0,2 g.

A obra de Cornejo e Bartorelli (2010) retrata algumas das mais belas, notáveis e valiosas amostras brasileiras de água-marinha, ametista, diamante, esmeralda, euclásio, granada, heliodoro, morganita, topázio, turmalina e, muitas vezes únicas no mundo, que tornam o Brasil um dos maiores produtores mundiais de gemas. No campo dos minerais de coleção e gemológicos, o Brasil é o maior produtor mundial de turmalina (de todas as cores), de quartzo (incolor, rutilado, ametista e ágata), de berilos (água-marinha, morganita e heliodoro) e segundo maior produtor mundial de esmeralda, de topázio (imperial, azul e incolor), alexandrita, euclásio, fenaquita e muitos outros.

Apesar de importante produtor, são bastante escassos os dados econômicos a respeito da produção e comercialização de gemas e minerais de coleção em Minas Gerais, bem como no Brasil de forma geral. Entretanto, números levantados pelo Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos (IBGM) a partir de dados do Mechanism for Internacional Criminal Tribunals (MDIC), da Secretaria de Comércio Exterior (SECEX) e do Departamento de Operações de Comércio Exterior (DECEX), revelam valores elevados para a exportação brasileira do setor de gemas e metais preciosos, no período de janeiro a dezembro de 2013.

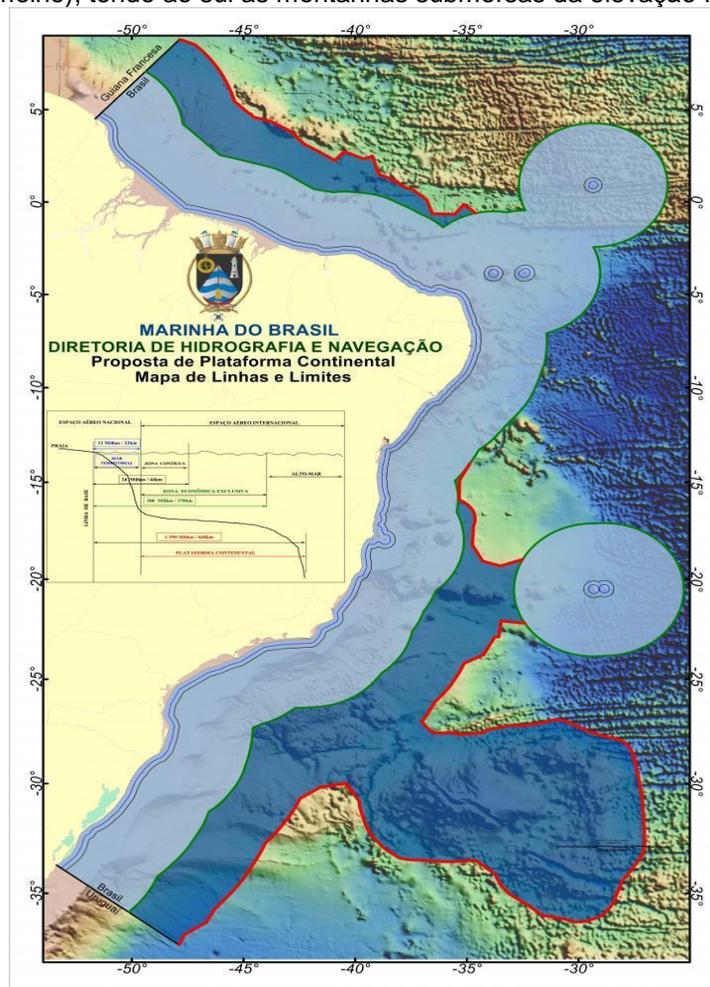
Considerando-se as pedras brutas (sem diferenciar as pedras coradas dos diamantes), o valor das exportações em 2013 somou US\$ 52.299.000, com aumento de 9% em relação ao ano anterior. Já a exportação de pedras lapidadas rendeu US\$ 155.890.000, 31% a mais que em 2012. O estado de Minas Gerais foi responsável por US\$ 20.066.000 das exportações de pedras brutas de 2013, e US\$ 88.869.000 para pedras lapidadas no ano (CHAVES; DIAS, 2018).

5 PLATAFORMA CONTINENTAL E ADJACÊNCIAS

A Plataforma Continental Jurídica Brasileira (SOUZA, 2010), com uma área de 4,5 milhões de quilômetros quadrados, é o espaço geográfico marinho sobre o qual o Brasil exerce direito de soberania para efeitos de exploração e aproveitamento de seus recursos naturais. É constituída pelo Mar Territorial Brasileiro, a Zona Econômica Exclusiva e a área de extensão da plataforma continental, além das 200 milhas náuticas pleiteadas junto às Organizações das Nações Unidas (ONU).

Atividades relacionadas ao desenvolvimento dos recursos minerais nessas regiões e em áreas oceânicas adjacentes são guiadas pela Política Nacional para os Recursos do Mar e pelo Plano Setorial para os Recursos do Mar. Esses instrumentos legais visam a promover o uso sustentável dos recursos minerais e biológicos no que diz respeito ao desenvolvimento econômico-social do país (Figura 6).

Figura 6 – Plataforma continental jurídica (azul-claro) e a extensão solicitada à ONU (azul-escuro, com limite vermelho), tendo ao sul as montanhas submersas da elevação Rio Grande.

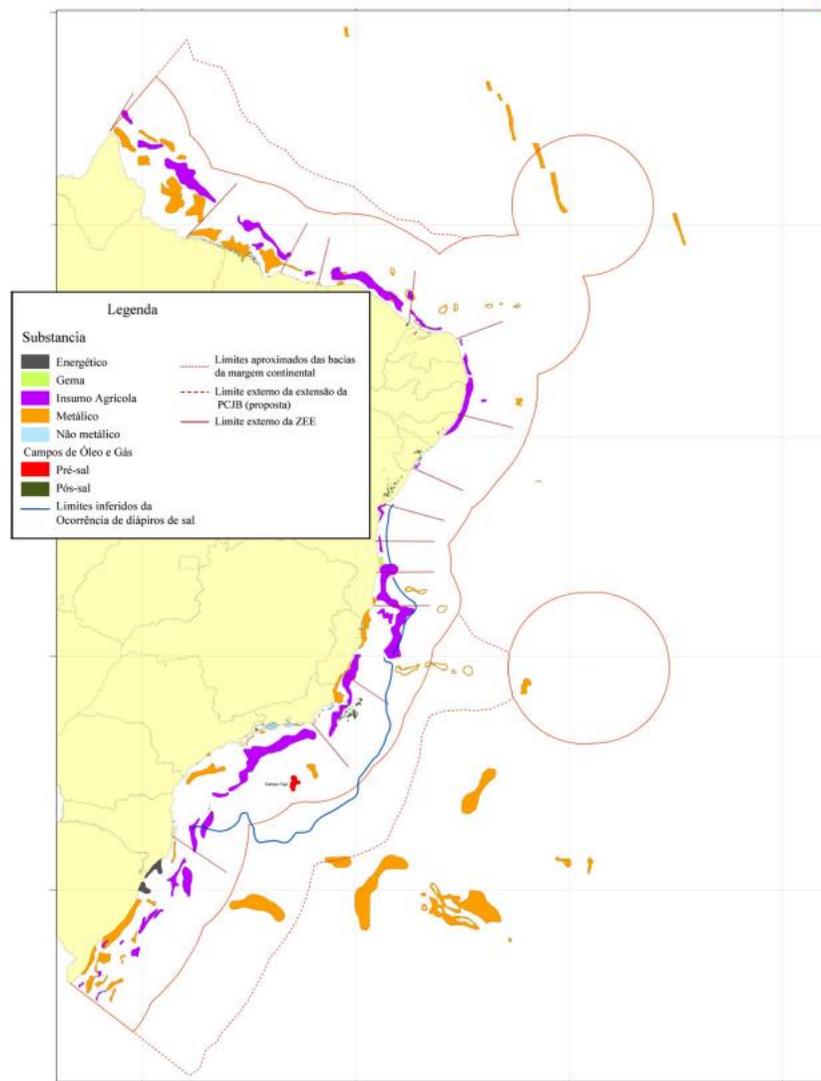


Fonte: SOUZA, 2010.

Para fins de atividades econômicas, o Brasil divide essas regiões em Áreas de Relevante Interesse Mineral (ARIM). Elas são indicação de territórios de importância estratégica quanto ao potencial mineral, integrados por tipologia de substância de interesse econômico e estratégico para a União, o que leva também em conta a sustentabilidade ambiental da atividade. As ARIMs podem ser instrumentos eficazes para elaboração de diretrizes públicas, no sentido de evitar conflitos quando da criação de Unidades de Conservação (UC), fundamentadas nas Áreas de Prioridade para Preservação da Biodiversidade (Figura 7).

É relevante e muito importante para o setor mineral a delimitação das ARIMs nas regiões emersas e submersas, para que elas sejam consideradas para usos futuros e não sejam esterilizadas.

Figura 7 – Áreas de relevante interesse mineral.



Fonte SOUZA et al., 2009.

São apresentadas, a seguir, as aplicações dos minerais até o momento encontrados na plataforma continental e adjacências, classificados por Souza et al. (2009) como minerais socioeconômicos e de valor político-estratégico. Destaca-se a urgência e a prioridade em sua exploração, em vista de demanda ou dependência externa, como também seu valor agregado e importância (Quadros 6 e 7).

Quadro 6 – Minerais socioeconômicos.

Tema	Recurso Mineral	Urgência	Importância	Valor Agregado	Prioridade
Recuperação de praias	Areias e cascalhos	Alta	Alta	Alto	1
Suprimento à construção civil	Areias e cascalhos	Alta	Alta	Alto	1
Fertilizantes e indústria em geral	Granulados bioclásticos (carbonatos)	Alta	Alta	Alto	1
Fertilizantes e indústria química	Fosfatos	Alta	Alta	Alto	1
Diversos (pláceres)	Minerais pesados	Média	Alta	Alto	2
Energia	Carvão	Média	Alta	Alto	2
	Hidratos de gás	Baixa	Alta	Alto	3
Fertilizantes e química	Enxofre	Média	Alta	Média	3
Alimentação e cloroquímica	Sal-gema	Baixa	Média	Alto	4
Suprimento de sais de potássio	Evaporitos	Baixa	Média	Alto	4

Fonte: SOUZA et al., 2009.

Quadro 7 – Minerais de valor político-estratégico.

Tema	Mineral	Urgência	Importância	Valor Estratégico	Prioridade
Minerais político-estratégicos	Crostras cobaltíferas	Alta	Alta	Alto	1
Minerais político-estratégicos (Biotecnologia)	Sulfetos polimetálicos	Média	Alta	Alto	2
Minerais político-estratégicos	Nódulos polimetálicos	Baixa	Alta	Intermediário	3

Fonte: SOUZA et al., 2009.

6 MINERAÇÃO EM TERRAS INDÍGENAS

A mineração em Terras Indígenas (TI), sobretudo na Amazônia, é uma questão complexa, que implicou milhares de solicitações formais de pesquisa antigas e mais recentes à ANM, em virtude dos interesses envolvidos e da vulnerável condição dos povos indígenas da região.

Em Terras Indígenas, a CPRM/SGB (ANDRIOTTI, 2019) cadastrou 799 ocorrências de diversos bens minerais, variando de materiais utilizados na (i) construção civil, como areia, cascalho e brita, (ii) indústria, como calcário, caulim e feldspato; (iii) metais industriais, como ferro, manganês, níquel, estanho, titânio, alumínio, cobre, cromo; molibdênio, nióbio, tântalo, terras-raras e zinco; (iv) pedras preciosas, gemas e metais preciosos, como ágata, água-marinha, ametista, cristal de rocha, diamante, ouro e turmalina.

Essas ocorrências aparecem como simples indícios, garimpos e depósitos, sendo que 74 deles estão catalogados como minas. A reserva de potássio do Amazonas é grandiosa, considerada a maior do planeta. Entretanto, a maior parte do potencial mineral está em áreas indígenas, o que é um entrave.

Um dos problemas mais emblemáticos no Brasil, segundo Fernandes e Araújo (2016), é o da mineração em Terras Indígenas (TI). Apesar de a Constituição de 1988 (art. 231, § 3, e art. 49, XVI) impor autorização específica do Congresso Nacional, a mineração ilegal e os garimpos em TI têm gerado muitos conflitos, especialmente na Região Amazônica. O Instituto Socioambiental (ISA) evidencia a ocorrência de 52 conflitos em TIs, indicando que, apesar dos recentes esforços de monitoramento das terras indígenas por parte de organizações indígenas, em parceria com a Fundação Nacional do Índio (FUNAI), e, muitas vezes, com a intervenção positiva do Exército e da Força Nacional, essas terras continuam extremamente vulneráveis.

Como exemplo, cita-se o povo lanomâmi, cujas terras foram demarcadas e homologadas em 1992, mas que, até hoje, são invadidas por garimpeiros em busca de ouro, impactando a saúde, a subsistência e o modo de vida da etnia. Eles se mantiveram praticamente isolados do contato com o restante da sociedade brasileira até a década de 1970, mas, a partir de sucessivas descobertas de jazidas de minerais valiosas em suas terras e com a alta da cotação do ouro no início dos anos de 1980,

iniciaram-se várias corridas pelo metal na Amazônia brasileira (FERNANDES; ARAÚJO, 2016).

Outro caso é o da Terra Indígena Raposa Serra do Sol, situada em área rica em minérios, metais e pedras preciosas. No local, encontram-se diamante, ametista, ouro, estanho, zinco, caulim, cobre, barita, titânio, calcário, nióbio, entre outros, o que tem gerado diversos conflitos com garimpeiros. Dados do IBGE (2005, apud FERNANDES; ARAÚJO, 2016) apontavam a existência de 26 áreas ativas de garimpo de diamantes no interior da reserva, mas o combate à atividade esbarra no fato de os próprios índios praticarem garimpo em suas terras, para garantir sua sobrevivência.

Em 2013, o Supremo Tribunal Federal (STF) decidiu, por unanimidade, que os índios da Raposa Serra do Sol podem garimpar em suas terras para manter a cultura, mas têm de pedir autorização ao poder público caso haja objetivo de lucro. Entretanto, a reserva tem sido invadida por garimpeiros.

Também a Terra Indígena Roosevelt, tradicionalmente ocupada pelos índios Cinta Larga, tem sido palco de conflitos entre garimpeiros e indígenas pela disputa de minérios (ouro, cassiterita e, em especial, diamantes), acarretando violência na área indígena e seus arredores, implicando um processo de desintegração da comunidade indígena, devido à morte de diversos índios nos conflitos.

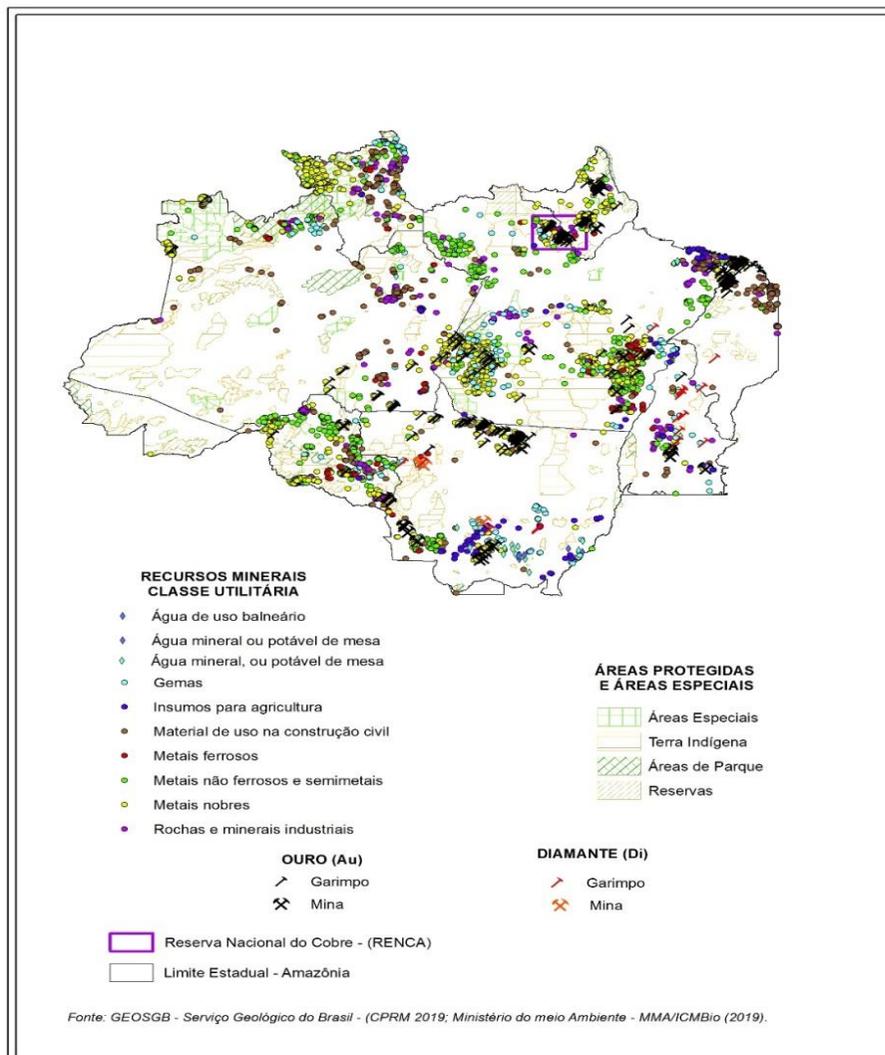
Baptista (2005) sugere que a lei deve garantir o estabelecimento de um marco zero para atividades de mineração em terras indígenas e que todos os títulos incidentes sobre terras indígenas sejam anulados até que venha a nova regulamentação.

Vale lembrar que o direito territorial indígena independe de ato formal de reconhecimento do Estado, na medida em que tem natureza originária. O ato complexo de reconhecimento de TIs não tem natureza constitutiva, mas apenas declaratória do direito territorial dos povos indígenas. É, portanto, plenamente defensável que todos os títulos incidentes sobre terras indígenas sejam anulados até que venha a regulamentação, na medida em que o direito territorial originário existe, ainda que seja declarado posteriormente pelo Estado. É também por essa razão que a futura regulamentação deve estabelecer um marco zero para o novo regime de mineração em TI (BAPTISTA, 2005).

Destaca-se que uma parte considerável dos terrenos da Amazônia Legal potencialmente férteis em minérios está esterilizada – cerca de 2.197.485 km² ou 43,9% –, vedada à exploração mineral. Como as Terras Indígenas (reservas nacional

ou estadual) ocupam uma área de 1.100.00 km² ou 21,7%, as demais totalizam 22%: Especiais (florestas nacionais, áreas militares, de relevante interesse ecológico, proteção ambiental), Parques (nacional ou estadual), Reservas (estações ecológicas, biológicas, extrativistas) e Reserva Nacional do Cobre (RENCA). Ressalta-se que os principais agrupamentos minerais (províncias) coincidem com as Terras Indígenas (lanomâmi, Raposa Serra do Sol, Cinta Larga), lembrando que estas foram demarcadas após a descoberta desses recursos. Os vazios de ocorrências minerais são predominantemente constituídos por coberturas sedimentares, com pouca favorabilidade a conter minerais, principalmente metais (Figura 8).

Figura 8 – Distribuição dos recursos minerais cadastrados na região Amazônica e das áreas protegidas e especiais.



Face à alta potencialidade mineral na região, faz-se necessária a elaboração de uma lei que regulamente a mineração nessas áreas de forma sustentável, com cuidados sociais, antropológicos e ambientais que beneficiem não só os povos indígenas, pois essa imensa riqueza deve contribuir, também, para a melhoria da qualidade de vida da população brasileira.

7 MINERAÇÃO EM ÁREA DE FRONTEIRA

Zanotta e Bernaldo (2018) discorrem que, por questões de segurança nacional e soberania, a Lei nº 6.634, de 2 de maio de 1979, prevê que, dentre outras atividades, a prática de pesquisa, lavra, exploração e aproveitamento de recursos minerais em uma faixa interna de 150 km, a partir das fronteiras do Brasil, somente poderia ser exercida por empresas brasileiras e mediante prévio assentimento do Conselho de Defesa Nacional (CDN). Essa lei foi regulamentada pelo Decreto nº 85.064, de 26 de agosto de 1980.

Dentre as condições que deveriam ser cumpridas para obtenção do assentimento prévio, destacamos que (i) pelo menos 51% do capital deveriam pertencer a brasileiros; (ii) pelo menos dois terços dos trabalhadores deveriam ser brasileiros, e (iii) a administração e gerência da empresa deveriam ter maioria de brasileiros.

Com o advento da Constituição Federal (CF) de 1988 e, em especial, depois da Emenda Constitucional nº 6/95, que expressamente revogou o artigo 171 da CF, acabando com o tratamento desigual entre empresa brasileira com controle exercido por capital estrangeiro e empresa brasileira com controle nacional, imaginou-se que tais restrições teriam sido revogadas. O Parecer da Procuradoria Geral do DNPM (PROGE nº 023/2002-DJ), aprovado pelo então Procurador-Geral Drº Sérgio Jacques de Moraes, entendeu da mesma forma.

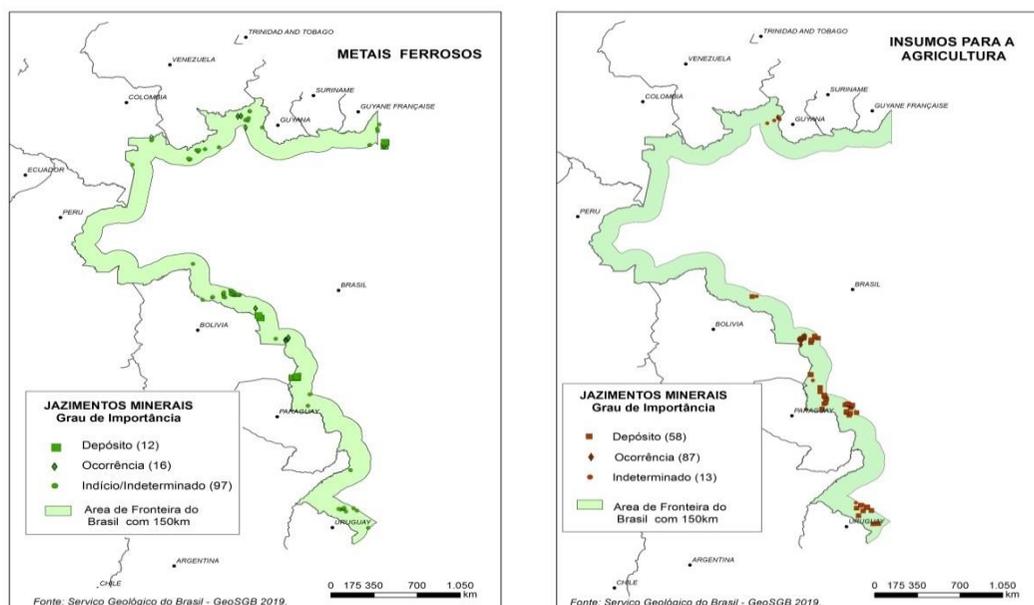
No entanto, e em sentido contrário, o Parecer nº 71/2002, da Consultoria Jurídica do Ministério de Minas e Energia (MME), e o Parecer nº 3/2003, da Advocacia Geral da União (AGU), que vincula toda a administração, entenderam que as restrições da época do regime militar foram recepcionadas pela CF. Dessa forma, as restrições da Lei nº 6.634 permaneceram válidas, sendo mantidas até hoje, apesar de algumas iniciativas para a sua mudança.

De fato, não há qualquer razão, seja de segurança nacional, de soberania ou qualquer outra, que justifique a restrição. Há um potencial enorme a ser explorado nas regiões de fronteira e, sem dúvida, o capital estrangeiro seria importante para participar dessa “ocupação” empresarial, impulsionando o desenvolvimento em diversas áreas do país.

Belther (2017) descreve que a Faixa de Fronteira tem 18% do território brasileiro, com 10 milhões de habitantes abrangendo 11 estados e 588 municípios, destacando:

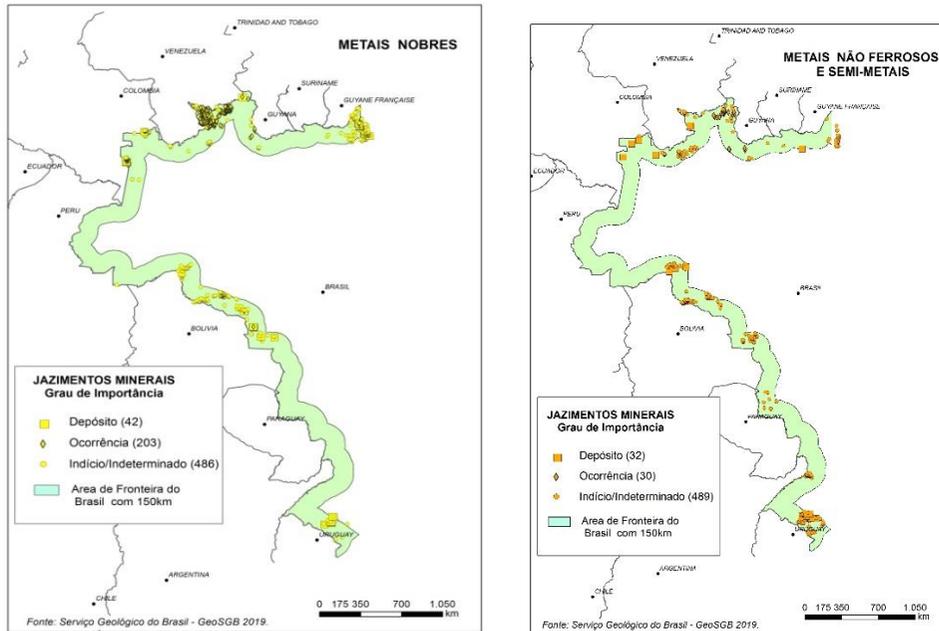
- 37% da Faixa de Fronteira são constituídos por embasamento cristalino fértil para metálicos, dos quais 56% estão bloqueados por Terras Indígenas e/ou Unidades de Conservação. Ou seja, apenas 16% da Faixa de Fronteira têm potencial disponível para a pesquisa de metálicos = $240 \text{ km}^2 = 3\%$ do território nacional (Figuras 9, 10 e 11).
- 39% do total de Direitos Minerários em Faixa de Fronteira estão em fase de requerimento de pesquisa (4.655 processos), sendo que 45% possuem interferência com Terras Indígenas e/ou Unidades de Conservação. No restante do país, a porcentagem de requerimentos de pesquisa é de 13% (sem desconsiderar as restrições).
- O tempo gasto para obtenção de assentimento prévio do CDN é muito superior ao tempo gasto para publicação da autorização de pesquisa pela ANM, chegando a ser até 15 vezes superior.
- Comparativamente, o tempo gasto para publicação de autorizações de pesquisa em Faixa de Fronteira é muito superior ao gasto para publicação fora de Faixa de Fronteira, chegando a ser sete vezes superior.

Figura 9 – Áreas com potencial de metais ferrosos e insumos para a agricultura.



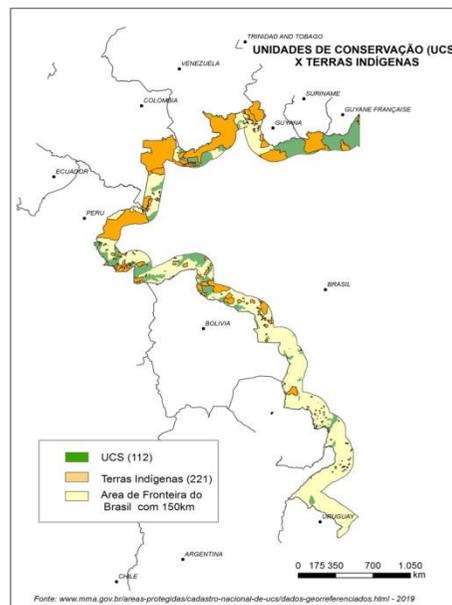
Fonte: Modificado de BELTHER, 2017.

Figura 10 – Distribuição dos metais nobres e metais não ferrosos e semimetais.



Fonte: Modificado de BELTHER, 2017.

Figura 11 – Terras indígenas e unidades de conservação.



Fonte: Modificado de BELTHER, 2017.

Belther (2017) sugere, ainda, a desburocratização do CDN e da ANM; flexibilização das regras e simplificação de processos; banco de dados integrado entre CDN e ANM, aproveitando o cadastro de titulares de direitos minerários; investimento em tecnologia da informação; eliminação de restrições ao capital estrangeiro.

É importante destacar que mais de 1,5 milhão de quilômetros quadrados, correspondentes a 150 km das fronteiras continentais brasileiras, têm restrições à atividade mineral, somando, com as Unidades de Conservação, 1,1 milhão de quilômetros quadrados. Nesse contexto, até a anacrônica “Reserva Nacional do Cobre” esteriliza uma vasta área situada nos estados de Amapá e Pará.

A CPRM/SGB, segundo Andriotti (2019), deveria efetuar, nas áreas de fronteira, mapeamento geológico e levantamentos geoquímicos, que, em associação com aerogeofísica de alta resolução e estudos previsionais, possibilitassem a geração de produtos de alto interesse para a indústria mineral.

Tal sugestão está embasada por centenas de ocorrências minerais já conhecidas, incluindo metais nobres (ouro), básicos (cobre, níquel), especiais (nióbio, tântalo), ferrosos (manganês) e não ferrosos (estanho, molibdênio), além de minerais industriais.

Com o uso crescente de recursos minerais pela sociedade, a Faixa de Fronteira, com suas dimensões e a possibilidade de incremento no conhecimento geológico, aparece como uma área com grande potencial para novas descobertas.

8 MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE

Os quase 500 anos de mineração no território brasileiro, segundo Fernandes e Araújo (2016), deixaram grandes passivos ambientais, envolvendo milhares de minas e garimpos. Há, também, diversos tipos de conflitos socioambientais no território, envolvendo populações tradicionais como índios, quilombolas e ribeirinhas, que são atingidas pela instalação de megaprojetos de mineração e afetadas pela contaminação decorrente da extração mineral, além de conflitos decorrentes da oposição de interesses e da visão divergente sobre o que é desenvolvimento, especialmente em áreas de grande riqueza natural e com potencial turístico e áreas de concentração populacional.

Casos especialmente preocupantes são as minas abandonadas de carvão e metais, que geram drenagem ácida de minas (DAM), caracterizada pela oxidação de minerais de sulfeto, que provoca degradação da qualidade de águas superficiais e subterrâneas, solos e sedimentos. Apenas na Bacia Carbonífera Sul-Catarinense, estima-se que existam mil bocas de minas antigas abandonadas, a maior parte delas com 50-80 anos. Atualmente, a CPRM/SGB vem promovendo a recuperação ambiental em parte dessas áreas sob o patrocínio do Governo Federal.

Casos de contaminação também são encontrados nos municípios de Boquira (BA), Santo Amaro (BA), Caldas (MG) e no Vale do Ribeira (SP/PR). A disposição inadequada de rejeitos da lavra de minério de chumbo em Boquira e a metalurgia do chumbo em Santo Amaro e no vale do Ribeira contaminaram mananciais e solos, causando danos à saúde da população, levando centenas de pessoas a contraírem o saturnismo (intoxicação por chumbo) e causando dezenas de mortes.

Após o desastre da Samarco em 2015, um grupo de pesquisa da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) propôs novos usos dos rejeitos das minerações de ferro em substituição à construção das barragens: a reutilização na construção civil. Com a separação dos materiais com diferentes densidades em um fluido (no caso, ar) aquecido, por diferença de pressão e temperatura, os materiais mais leves são carregados para as camadas superiores dos dispositivos de separação e os mais pesados precipitam-se nas camadas inferiores. Os materiais mais pesados são aqueles ricos em óxido de ferro e que podem ser reutilizados pela mineração como matéria-prima. Os mais leves, como areia e argila, podem servir à construção civil. Na

visão dos pesquisadores, a associação de processos industriais mais eficientes com a reciclagem desses rejeitos poderia convergir para um panorama rejeito-zero (SOARES, 2015).

O garimpo, resultado da exploração desordenada de recursos minerais, como o ocorrido em Serra Pelada, afeta grandes extensões do território amazônico. A lavra desordenada de ouro no rio Madeira contaminou com mercúrio uma parte considerável da bacia daquele rio. Da mesma forma, em outras áreas em que a atividade garimpeira se desenvolveu, os danos também foram reais e extensos. No entanto, há grande preocupação com a mineração organizada, da qual são exigidos, corretamente, planos de lavra, de disposição de rejeitos, EIAS, RIMAS, estudos e avaliações de grande porte, longa duração e custos elevados, enquanto nos garimpos nada disso é pedido e as áreas lavradas não são recuperadas. Os garimpeiros podem ser expulsos, mas os danos da atividade ao ambiente permanecem sem qualquer consequência (MELFI et al., 2016).

Os mineradores apontam, dentre outros problemas: a burocracia para se obter o licenciamento é um grande entrave para o setor, em vista de os Termos de Referências serem mal formulados e, assim, elevarem o custo dos estudos ambientais; os órgãos ambientais e a ANM estão desestruturados e fragilizados; imprevisibilidade de prazo para obtenção de licenças (em geral, são 2,5 anos); exigências de condicionantes muito além dos impactos reais dos projetos; participação não sincronizada de atores no processo de licenciamento, como IPHAN, ICMBio, FUNAI, PALMARES; excesso de intervenções do Ministério Público nos processos de licenciamento, reduzindo o papel do órgão licenciador.

A combinação de incertezas regulatórias originadas pelo marco legal ambiental representa um risco real para potenciais investidores no setor mineral, com a perda de competitividade do país em relação a seus principais concorrentes (Austrália, Canadá, EUA, França) e, conseqüentemente, a fuga de investimentos para outros países.

Em relação à barragem de contenção de rejeitos e resíduos da mineração, a matéria aguarda votação em plenário da Câmara dos Deputados (Projeto de Lei do Senado (PLS) nº 224/2016 – Senador Ricardo Ferraço (PSDB-ES)). O projeto propõe alteração na Lei nº 12.334, de 20.09.2010, para reforçar a efetividade da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), e na Lei nº 9.433, de 08.01.1997, para

dotar de novos instrumentos o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) no exercício de sua atribuição de zelar pela implementação da PNSB.

Os impactos ambientais mais frequentes na mineração de ferro, segundo Champion (2008), atingem: a) meio físico: água superficial, água subterrânea, paisagem natural, qualidade do ar e ruído ambiente; b) meio biótico: solos, cobertura vegetal; c) meio antrópico: uso do solo, população e sistema viário.

Esse autor sugere as seguintes medidas no sentido de evitar ou atenuar seus efeitos:

- Minimização dos impactos (durante a lavra): planejamento sistemático de lavra, sistemas de drenagem, contenção de rejeitos, contenção de óleos e graxas, contenção de poeira, gases de combustão e ruídos, esgoto sanitário e lixo doméstico e armazenamento da camada superficial do solo para posterior recomposição.
- Medidas de reabilitação: devolução do material orgânico armazenado, cercamento das águas em reabilitação e fechamento das estradas de apoio, revegetação das áreas degradadas,
- Medidas de compensação ambiental: medidas relacionadas com o meio biótico e com o meio antrópico.

Champion (2008) conclui que os impactos ambientais identificados nas atividades de lavra e beneficiamento de ferro são reversíveis, de duração temporária – enquanto o empreendimento está em operação – e de baixa a média magnitude. Todos os impactos são mitigáveis, à exceção do ruído ambiente, cujo acréscimo ao nível médio local de decibéis irá variar em função do tamanho do empreendimento.

Em vista dessa situação, o IBRAM (2019) publicou uma versão atualizada do “Guia de boas práticas de gestão de barragens e estruturas de disposição de rejeitos”, no qual define que as estruturas de disposição de rejeitos são o conjunto de estruturas de engenharia e seus componentes envolvidos no gerenciamento de rejeitos sólidos ou sedimentos, incluindo sistemas de distribuição de rejeitos e de recuperação de água, barragens, barramentos, diques, cavas com barramentos construídos e empilhamentos.

O citado guia tem por objetivo, mediante as fases de Planejamento e Projeto, Implantação, Operação, Encerramento e Pós-Encerramento, abranger todas as estruturas que possam fazer parte da operação de uma mina e sejam utilizadas para a

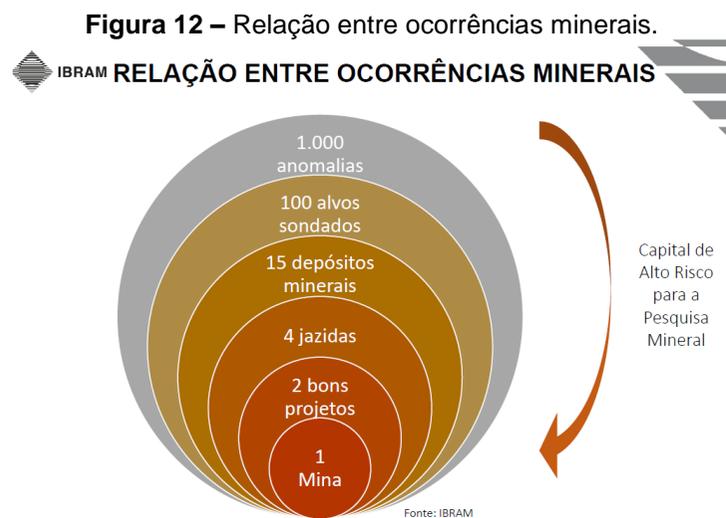
disposição de rejeitos, sedimentos e/ou lamas (incluindo diques de fechamento ou estruturas de retenção para rejeitos espessados), contenção de sedimentos gerados por erosão hidráulica, acumulação de líquidos contaminados, coleta de percolato, fechamento de cavas exauridas em cavas de mineração e acumulação de água industrial para o beneficiamento de minério. Com isso, objetiva-se proporcionar segurança sem comprometer o meio ambiente e garantir o desempenho e o sucesso dos empreendimentos mineiros.

Apresenta-se, no Apêndice A, um exemplo de projeto de mineração sustentável com planejamento, execução, exaustão, pré-fechamento e pós-mineração. Destaca-se a preocupação social (negociação com indígenas, ocupação de trabalhadores locais, automação de serviços perigosos) e ambiental (disposição adequada de rejeitos e resíduos e reuso da água).

9 POTENCIAL MINERAL DO BRASIL

Por suas dimensões continentais e diversificada geologia, o Brasil se constitui em um país com enorme vocação mineral e um grande produtor de insumos básicos provenientes da mineração. A par disso, apresenta riscos econômicos, que, em parte, são minimizados pelos mapas geológicos, metalogenéticos, dados de geofísica e geoquímica, levantados por instituições governamentais e disponibilizados para a iniciativa privada, municípios e estados.

Os investimentos em mineração se caracterizam por apresentarem alto risco financeiro, pois são necessárias diversas etapas, de modo a se alcançar viabilidade econômica para a exploração de algum tipo de minério. Segundo IBRAM (2018a), 1000 anomalias geoquímicas, geofísicas e ocorrências minerais geram 100 alvos sondados; em seguida, procede-se à execução de sondagens, o que propicia a descoberta de 15 depósitos minerais; no prosseguimento da pesquisa, são geradas quatro jazidas, que originam dois bons projetos. Entretanto, a partir destes, viabiliza-se somente uma mina (Figura 12).



Fonte: IBRAM, 2018a.

No Brasil, as províncias metalogenéticas e os distritos mineiros ocorrem, preferencialmente, em rochas antigas e de origem metamórfica (maior incidência) e ígnea. Em menor quantidade, têm-se depósitos em rochas sedimentares.

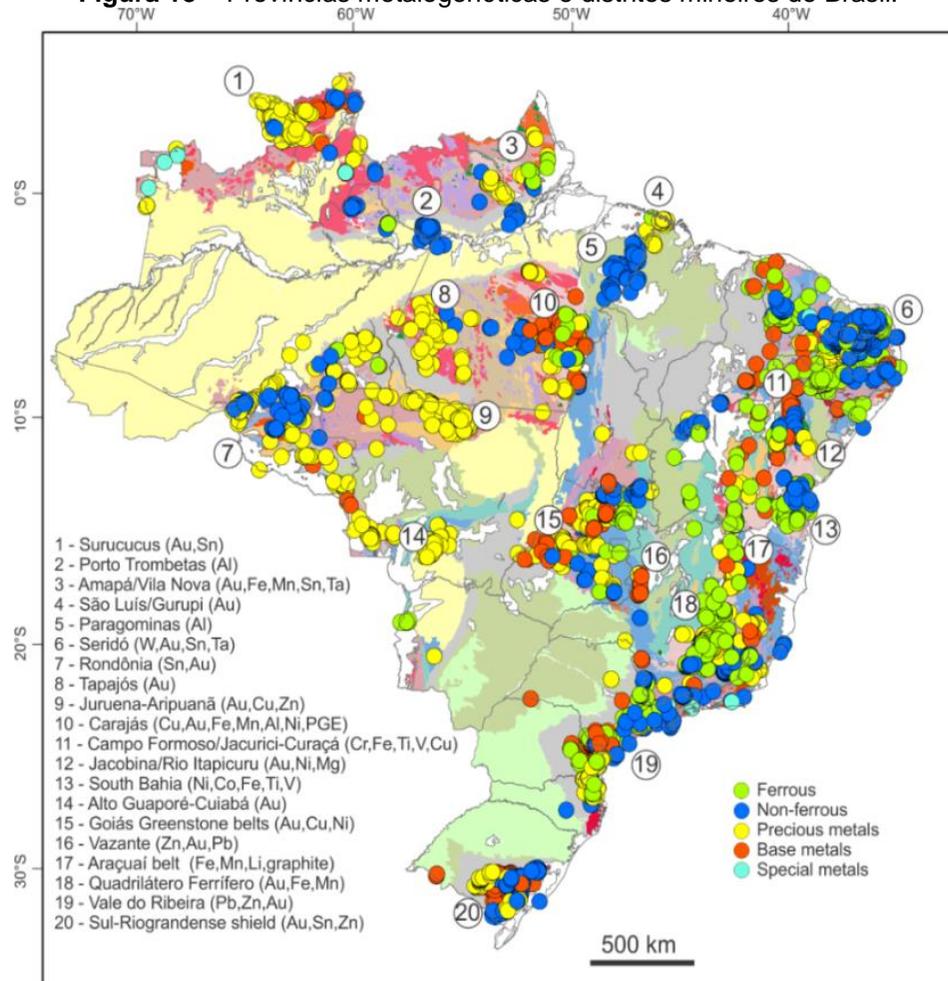
Destacam-se, a seguir, os principais ambientes e épocas que caracterizam a metagênese do território brasileiro, de idade de 3,7 bilhões de anos até os dias de hoje (MELFI et al., 2016):

- *Greenstone belts* arqueanos e paleoproterozoicos e sequências vulcanossedimentares arqueanas.
- Formações ferríferas bandadas (BIF) proterozoicas e neoarqueanas.
- Maciços básico-ultrabásicos arqueanos e proterozoicos.
- Complexos vulcanoplutônicos félsicos proterozoicos.
- Plataformas clásticas diamantíferas e auríferas proterozoicas.
- Faixas orogenéticas e coberturas neoproterozoicas.
- Bacias sedimentares paleomesozoicas;
- Chaminés alcalinas carbonatíticas cretácicas.
- Mantos de intemperismo e aluviões pós-cretácicas.
- Outros ambientes metalogenéticos e distritos mineiros de menor significado.

Os resultados alcançados nos últimos anos pela CPRM/SGB (ANDRIOTTI, 2019) são fundamentais para promover avanços significativos no conhecimento geológico da Região Amazônica, para atrair investimentos do setor mineral, assim como forneceram importantes ferramentas de gestão e planejamento da ocupação do meio físico. Mesmo assim, o nível de conhecimento geológico da região permanece incompatível com sua importância estratégica para o país. Na Amazônia, localizam-se grandes províncias minerais, como as de Carajás, no Pará (Fe, Cu, Zn, Au, Ni, Mn), Vila Nova, no Amapá (Fe, Au), Pitinga, no Amazonas (Sn, Nb, Ta), Tapajós, no rio Juruena-Teles Pires; Pará-Mato Grosso (Au, Cu) e outras.

A seguir, apresenta-se a distribuição das principais províncias e distritos mineiros atualmente em atividade, demonstrando o grande potencial do território brasileiro para ferrosos (Fe, Mn), não ferrosos (Al, Cr, grafita, talco, Sn, W), metais preciosos (Au), metais-base (Pb, Cu, Zn) e especiais (Co, Li, Ta, ETR, Pt, Pl, Ti, Nb, Ni, V) (Figura 13).

Figura 13 – Províncias metalogenéticas e distritos mineiros do Brasil.

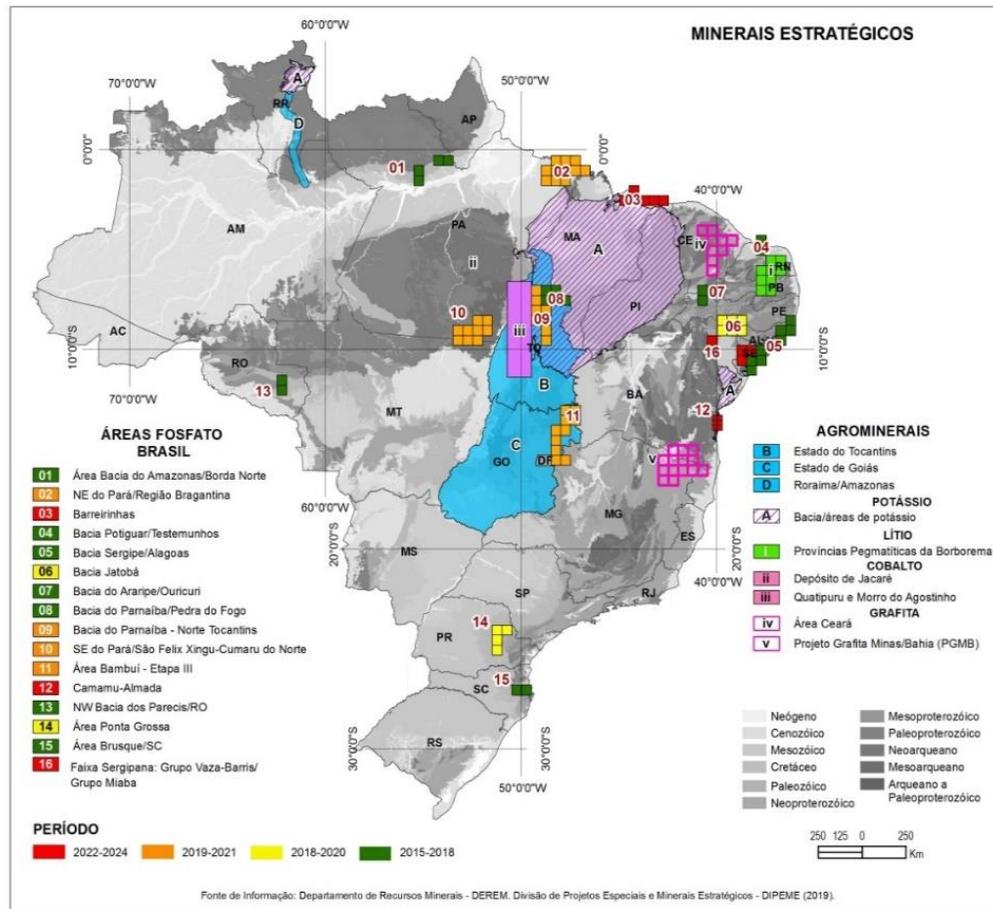


Fonte: ANDRIOTTI, 2019.

Os depósitos de cálcio e magnésio não são citados nesta pesquisa, face à sua abundância na maioria dos estados brasileiros, à exceção do Acre, que carece de material rochoso para a construção civil, predominando a ocorrência de sedimentos arenosos e argilosos.

A CPRM/SGB vem, desde 2015, realizando pesquisas em todo o território nacional para potássio, fosfato, agrominerais (remineralizadores de solos), importantes insumos para a agricultura, bem como de minerais estratégicos, como lítio, cobalto e grafita. A seguir, apresentam-se as áreas com potencial a terem depósitos econômicos dos minerais retrocitados, refletindo a grande favorabilidade para descobrimento de centenas de depósitos (Figura 14).

Figura 14 – Distribuição do potencial de ocorrência de depósitos de fosfato, potássio, agrominerais (remineralizadores de solos), lítio, cobalto e grafita.



Marini (2016), mediante estudos sobre o potencial mineral do Brasil para investimento internacional, elaborou um mapa nacional com a localização das ambiências geológicas (províncias e distritos mineiros) com potencial a conter depósitos minerais do tipo *World Class* (Classe Mundial), com produção de >1.000.000 t/ano de minério) (Figura 15).

Sul e Equatorial (PROAREA), que engloba os projetos de águas profundas, fora da jurisdição nacional.

No Projeto Plataforma Rasa do Brasil, os estudos estão concentrados na caracterização dos granulados bioclásticos marinhos, os quais são formados, principalmente, por algas calcárias. Estas são compostas, basicamente, por carbonato de cálcio e carbonato de magnésio e mais de 20 oligoelementos (nutrientes), presentes em quantidades variáveis, principalmente Fe, Mn, B, Ni, Cu, Zn, Mo, Se e Sr.

Já o Projeto Diamante, constitui-se no mapeamento e na identificação da potencialidade dos rios Jequitinhonha e Pardo-Salobro, na plataforma continental adjacente à desembocadura desses rios no sul da Bahia, bem como a contribuição para a formação dos depósitos potencialmente favoráveis à ocorrência de diamantes.

As atividades em mar profundo, conduzidas nas áreas fora da jurisdição nacional, têm como propósito identificar e avaliar a potencialidade mineral de áreas com importância econômica e político-estratégicas para o Brasil.

Os projetos desenvolvidos visam à coleta de dados para subsidiar futuras requisições brasileiras de áreas de prospecção e exploração mineral junto à International SeaBed Authority (ISA)/Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos e à obtenção de informações técnicas, econômicas e ambientais necessárias para que empresas públicas ou privadas e órgãos governamentais possam desenvolver atividades de exploração mineral e gestão ambiental na área internacional do Atlântico Sul e Equatorial.

Coordenada pelo Ministério das Relações Exteriores (MRE) e executada pela CPRM/SGB, essa iniciativa teve como primeiro projeto operacional a prospecção de depósitos minerais sobre a Elevação do Rio Grande (ERG), uma grande estrutura rochosa que se eleva a mais de 3.000 m do assoalho do sudoeste do Atlântico, entre a margem continental da América do Sul e a Dorsal Mesoatlântica.

Com base nos estudos realizados, conclui-se que na ERG há, pelo menos, dois tipos de minérios: as crostas cobaltíferas planares ou pavimentárias, que ocorrem aderidas no substrato carbonático-fosfático, e as crostas concrecionais, que ocorrem soltas sobre o assoalho marinho e possuem o núcleo comprovadamente rico em fosfato.

Os teores de cobalto nas crostas da ERG são altos, similares àqueles encontrados nas crostas que ocorrem nos oceanos Pacífico e Índico, podendo-se

considerar a ERG uma área de grande potencial para a pesquisa de cobalto, a exemplo do considerado para diversas áreas do oceano Pacífico nas últimas décadas.

A principal importância dos estudos das crostas de Fe-Mn reside em investigá-las como minério e analisar os seus principais componentes, como os designados maiores (Co, Mn e Ni), os menores (Fe, Cu, Pt, ETR, Mo, V, Bi, Tl etc.) e os detríticos (P, S e As). As crostas possuem alto conteúdo de Co, Ni e Pt, além de elevado conteúdo de ETR (Ce e ETR leves), Mo e Tl.

As crostas de Fe-Mn são importantes fontes de metais e ETR, cromo, cobalto, titânio, cério, níquel, platina, manganês, fósforo, tálio, telúrio, zircônio, tungstênio, bismuto e molibdênio. Ocorrem em profundidades que variam de 400 m a 4.000 m, mais comumente em profundidades entre 1.000 m e 3.000 m, precipitando a taxas de 1 a 6 mm/milhões de anos, o que promove o seu enriquecimento na maioria dos elementos presentes na tabela periódica.

Ainda dentro do PROAREA, o Projeto Prospecção e Exploração de Sulfetos Polimetálicos da Cordilheira Mesoatlântica (PROCOR) é voltado ao estudo de sulfetos polimetálicos e tem por objetivo identificar locais de ocorrência de fontes hidrotermais próximas às regiões de espalhamento da crosta oceânica, notadamente sobre o eixo da dorsal mesoatlântica equatorial e as falhas transformantes associadas.

As fontes hidrotermais são conhecidas por expelirem fluidos enriquecidos em sulfetos polimetálicos, os quais, ao interagirem com a água fria, precipitam no entorno das fumarolas. Essas constatações ressaltam a importância estratégica da continuidade de pesquisas como incremento ao desenvolvimento econômico do nosso país. Há, entretanto, um custo elevado que precisa ser garantido para que não haja descontinuidade das pesquisas.

9.2 POTENCIAL MINERAL DA ANTÁRTICA

O continente antártico situa-se no polo Sul e ocupa uma área de 13.661.000 km², 1,6 vezes a área do Brasil, 10% da área do planeta, tendo 98% de seu território cobertos por gelo. Contém 80% da água doce do planeta, apresenta precipitação de 150 mm/ano (menor que a do deserto do Saara), temperatura média inferior à do Ártico (-30°C no verão e -60°C no inverno), maior intensidade de vento (327 km/h, registrada em 1972), maior altitude média (2.160 m) e não possui população autóctone.¹

O conhecimento adquirido nas últimas décadas pelos geólogos que têm atuado no continente polar sugere que os cinturões de dobramento de África, Índia, Austrália e América do Sul têm continuações na Antártica, baseados em conceitos gerais de placas tectônicas (Figura 16).

Figura 16 – Supercontinente Pangea há 200 milhões de anos.



Fonte: www.coladaweb.com.

Embora muitas evidências sejam circunstanciais, existe uma base razoável para projetar várias áreas de alta probabilidade de ocorrência de minérios na Antártica. Alguns plutões contendo cobre na península antártica têm semelhanças com os corpos de cobre pórfiros andinos.

O maciço de Dufek, uma grande intrusão perto do extremo africano das montanhas Transantárticas, tem alguma semelhança e é potencialmente maior que o Complexo Bushveld na África do Sul. Embora a geologia dos dois complexos seja

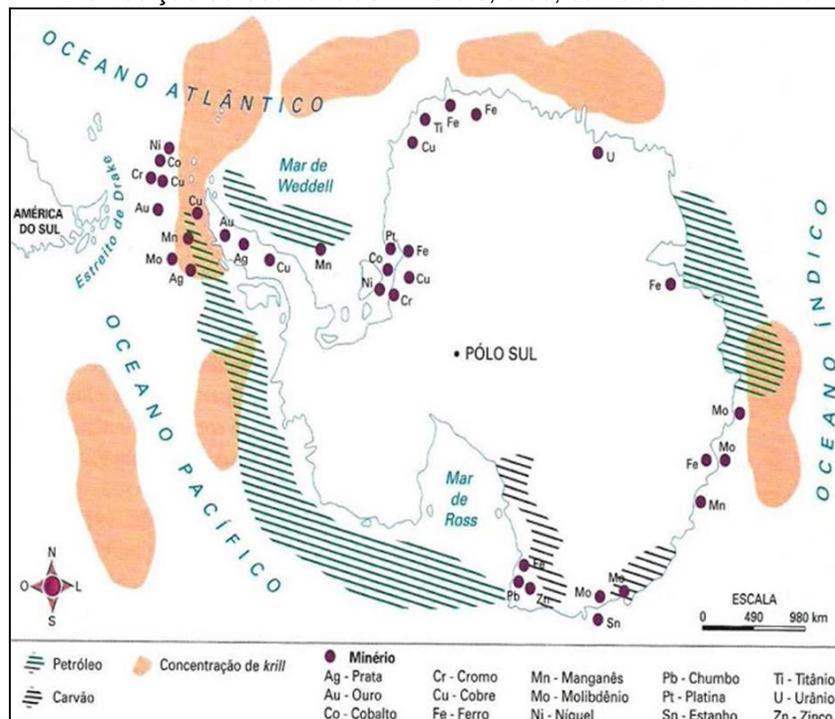
¹ GRUPO 10. Continente antártico 2048: ameaças e oportunidades para a defesa nacional. Palestra da disciplina Análise de Temas de Interesse da Defesa (ATIDE). Escola Superior de Guerra, Curso Altos Estudos de Política e Estratégia, 2019.

comparável, eles são diferentes na idade geológica. Com base na estrutura geológica e nas evidências geofísicas, existe possibilidade de que as reservas de petróleo estejam presentes.

A descoberta de hidrocarbonetos ao longo das costas atlânticas da África e da América do Sul, da costa leste da Índia e da costa sul da Austrália, ressalta a evidência de acumulações semelhantes ao longo da costa da Antártica, que, antes, estavam próximas a essas margens petrolíferas dos outros continentes.

A estimativa de reservas de petróleo e gás natural de 45 bilhões de barris – equivalente a 50% das reservas do Kuwait – representa abundância mineral, como ouro, prata, cobre, titânio e urânio e presença de minerais raros e novos para a ciência, como borolsilite, stornisite, shopinite, tassieite, prismatina, granididierita e wagnesita. Há grande diversidade de fauna (*krill*) e flora, incluindo algas e fungos (Figura 17).

Figura 17 – Distribuição de ocorrências minerais, óleo, carvão e *krill* na Antártica.



Fonte: GRUPO 10, 2019.

Considerando que o Brasil aderiu ao Tratado da Antártica em 1975; atualmente, é membro consultivo com poder de voto; que o continente antártico apresenta abundância de recursos naturais e que há possibilidade de, no futuro, haver autorização para extração mineral, essa situação poderá ser uma grande ameaça para as exportações brasileiras de minerais. Assim, sugere-se que o Brasil, juntamente com outros países produtores de minérios, manifestem-se contrariamente a essa extração.

Para futuras pesquisas no continente antártico, sugere-se a participação da CPRM/SGB, considerando a sua *expertise* no continente e nas pesquisas do substrato marinho, bem como no relacionamento ambiental entre a geodiversidade e a biodiversidade. Destaca-se que a maioria dos países signatários do Tratado da Antártica tem os seus serviços geológicos na liderança das pesquisas das riquezas naturais no referido continente.

10 PROPOSTAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO SETOR MINERAL

São apresentadas, a seguir, sugestões de vários atores dos setores da mineração e das geociências, que objetivam um melhor desenvolvimento do setor mineral.

Calaes, Villas Bôas e Martinez (2006) propõem, em sua pesquisa, ainda válida, um plano de desenvolvimento da indústria mineral com os seguintes objetivos:

- Modernizar o sistema institucional da indústria mineral brasileira, buscando assegurar-lhe padrões de eficácia comparáveis aos dois países de melhor tradição mineral (Austrália e Canadá).
- Aperfeiçoar os marcos da legislação de acesso à propriedade mineral em bases consistentemente conciliadas com princípios e normas de planejamento e controle ambiental.
- Promover o adensamento do conhecimento geológico do país, segundo prioridades que conciliem potencialidades e vocações pré-conhecidas com as necessidades de mercado.
- Difundir informação, conhecimento e aprendizado sobre as oportunidades de exploração e aproveitamento dos recursos minerais brasileiros, de tal forma a atrair e orientar empreendedores.
- Conceber, implementar e gerenciar um eficiente sistema de estímulos a investimentos.

Já o Plano Nacional de Mineração 2030 (BRASIL, 2010) propõe as seguintes ações:

- Conselho Nacional de Política Mineral (não realizado).
- Novo marco regulatório (parcialmente realizado).
- Agência de mineração (implantado: ANM).
- Nova política de compensação e participação (não efetivada).
- Ampliação dos mapeamentos geológicos com a participação de estados e universidades (em andamento, com poucos recursos).
- Enfoque em geologia marinha, potássio, fosfato e minerais portadores de futuro (estratégicos, especiais) (em andamento com poucos recursos).

A Federação Brasileira de Geólogos (FEBRAGEO) apresentou, em setembro de 2018, aos candidatos ao governo federal, as seguintes propostas para o setor mineral:

- Criação do Conselho Nacional de Política Mineral (CNPMM).
- Reforma tributária com instrumentos transparentes e competitivos, que estimule a verticalização industrial e o conteúdo local e nacional da mineração.
- Revisão do Pacto Federativo, fortalecendo a descentralização da gestão dos recursos minerais de interesse social, como as substâncias minerais de uso na construção civil, produção de água mineral, rochas ornamentais, calcário agrícola e cimenteiro, dentre outros.
- Revogação do artigo 72 do Decreto Federal nº 9.406, de 12.06.2018, que trata da abertura para mineração das Reservas Naturais, por exemplo, Reserva Nacional do Cobre e Associados (RENCA), e propõe levantamento do real potencial mineral da reserva pela CPRM/SGB.
- Implementação do Plano Nacional de Agregados Minerais para Construção Civil (PNACC).
- Estímulo às parcerias público-privadas na conservação das áreas protegidas (Terras Indígenas e Unidades de Conservação) no Brasil, com a devida regulamentação, conforme artigo 231 da Constituição Federal.
- Apoio e fomento ao aproveitamento sustentável das reservas de potássio e fosfato já disponíveis, bem como material para remineralização de solos e rochagem.
- Apoio e fomento ao aproveitamento sustentável das reservas minerais de elementos terras-raras (ETR), urânio (U) e tório (Th) disponíveis no território nacional.
- Desburocratizar e incentivar o aproveitamento de resíduos (estéreis e rejeitos) e subprodutos da lavra por meio de regulamentação federal sobre o assunto.
- Fortalecimento dos recursos humanos e da estrutura da Agência Nacional de Mineração (ANM).

O IBRAM, em palestra apresentada na CPRM/SGB, em junho de 2018, aponta os caminhos para o reposicionamento da indústria mineral:

- Forte investimento, de longo prazo, em imagem e reputação do setor mineral.
- Desmistificação da mineração: o Brasil tem de se assumir como potência mineral global.

- Inserir a atividade de mineração nas grades curriculares do ensino básico.
- Maior clareza no arcabouço institucional (definição de políticas públicas, arrecadação e repasse de receitas, gastos/investimentos públicos).
- Planejamento do desenvolvimento regional: integração da mineração às políticas nas três esferas.
- Assegurar níveis adequados de capacidade por parte dos órgãos governamentais e seus parceiros.
- Novos arranjos inovadores de parceria entre os agentes privados e públicos.
- Criação de novos espaços de diálogo multi-*stakeholders*.

Dentre as orientações contidas no sumário executivo para implementação da Estratégia Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (ENDES) para os anos 2020 a 2031 (BRASIL, 2018), o setor mineral está diretamente relacionado ao item aproveitamento das potencialidades regionais, ou seja:

- Prover melhor infraestrutura nas regiões menos desenvolvidas.
- Incentivar os investimentos e a implementação de projetos estruturantes em cada estado.
- Identificar e explorar de maneira sustentável as potencialidades econômicas de cada região, com foco na inovação tecnológica e no adensamento das cadeias produtivas locais.
- Desenvolver o potencial do turismo no Brasil, por meio da valorização do patrimônio cultural e natural.

Nesse último item, pode ser inserido o patrimônio geológico (minas antigas, Caminho Real em Minas Gerais, registros da evolução do planeta, fósseis, belezas cênicas naturais), seja em roteiros turísticos, seja por meio dos denominados geoparques, que têm tido grande sucesso em países de vários continentes.

11 DIRETRIZES PARA O SETOR MINERAL

Com base na análise da pesquisa bibliográfica realizada e em discussões com atores dos setores de mineração e das geociências, como também nas sugestões de melhorias para o desenvolvimento do setor mineral apresentadas no capítulo anterior, elaborou-se uma proposta que visa a melhorar a atratividade de investimentos econômicos ambientalmente sustentáveis. Espera-se que a adoção das medidas ora sugeridas venha a contribuir para reverter a tendência negativa atual da produção mineral nacional, com a conseqüente melhoria do Produto Interno Bruto (PIB) mineral.

- 1) Valorizar a Agência Nacional de Mineração (ANM), principal ator para a credibilidade do setor mineral, aumentando a agilidade nos processos de autorização e concessão de outorgas à mineração, bem como prover uma fiscalização eficiente. Entretanto, a concretização dessa proposta só será possível com a contratação e capacitação de centenas de novos funcionários, alocação de recursos financeiros e compra de equipamentos para enfrentamento do desafio de execução das atividades relacionadas ao grande passivo de processos existentes e dos que virão, em vista do grande desenvolvimento esperado para o setor mineral nos próximos anos.
- 2) Priorizar os Levantamentos Geológicos Básicos (LGB) – mapeamento, geofísica, geoquímica, geodinâmica, metalogenia e análises laboratoriais –, essenciais para alavancar os investimentos ao apontar áreas/regiões favoráveis a conter depósitos minerais econômicos com menos riscos, iniciando, assim, a cadeia produtiva do setor mineral.
- 3) Inserir o Serviço Geológico do Brasil – CPRM como responsável pelas pesquisas de recursos minerais e hídricos e de riscos geológicos nos programas de pesquisas na Antártica.
- 4) Disponibilizar 4% da CFEM, com o objetivo de realizar os levantamentos geológicos básicos e pesquisas minerais, lembrando que esse investimento deverá dobrar em cinco anos a produção mineira, tendo retorno mediante aumento da arrecadação de impostos, oferta de empregos e de renda em estados e municípios.
- 5) Fortalecer o Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), unidade de pesquisa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e demais centros de pesquisa do setor mineral.

- 6) Agregar valor aos minerais de minérios extraídos no Brasil, principalmente os agrominerais e estratégicos. É necessária uma atenção especial do Governo Federal a esse item, que deverá aumentar, significativamente, o valor da produção mineral brasileira.
- 7) Implantar, via Governo Federal, em conjunto com governos estaduais e municipais, políticas públicas que incentivem a exploração de diferentes depósitos minerais que atualmente encontram-se paralisados ou cancelados no país – áreas de fronteira, terras indígenas e unidades de conservação –, por falta de um claro arcabouço jurídico, administrativo e tributário que incentive o investimento no país.
- 8) Incentivar o reaproveitamento de resíduos (estéreis e rejeitos) e subprodutos da lavra por meio de regulamentação federal.
- 9) Apoiar e desenvolver os remineralizadores de solo, minimizando o uso de fertilizantes importados e agrotóxicos, visando, também, à melhoria do meio ambiente.
- 10) Intensificar o comércio com os Estados Unidos da América, face à sua necessidade de novos parceiros que disponham de minerais estratégicos, inclusive facilitar a empresas norte-americanas investirem no Brasil.
- 11) Fomentar as pesquisas e o aproveitamento dos recursos minerais no continente e marinhos, relacionados a águas minerais, agrominerais (K, P, Ca, Mg); estratégicos (Co, Li, Ta, ETR, Pt, Pl, Ti, Nb, Ni, V); metais-base (Cu, Pb, Zn), Au, diamante e outros.
- 12) Coibir a garimpagem ilegal, principalmente na Amazônia, e ordenar, quando ocorrer, tendo os deveres similares aos das empresas, como a elaboração de EIA-RIMA, pagamento de CFEM e recuperação das áreas degradadas.
- 13) Estabelecer uma normativa, à semelhança das áreas de proteção ambiental, para as Áreas de Relevante Interesse Mineral (ARIM) do território brasileiro, para evitar sua esterilização, valorizar a sua importância e proteger para as futuras gerações essa riqueza patrimonial do povo brasileiro.
- 14) Inserir, nos Planos Diretores Municipais, as ARIMs de agregados para a construção civil, valor estratégico para as áreas urbanas, com o objetivo de assegurar o aproveitamento futuro desses bens minerais a preços módicos.

- 15) Disponibilizar para investidores nacionais e internacionais (em português e inglês) uma plataforma com dados, informações, mapas e relatórios sobre o setor mineral e a potencialidade econômica de minerais do território brasileiro.
- 16) Implementar uma política de Defesa do patrimônio mineral, em especial na Amazônia e na Plataforma Continental, incluindo a extensão solicitada à ONU.
- 17) Também se faz necessária uma política de Segurança e Ordem, com o monitoramento constante relativo às ocupações ilegais de garimpeiros e da pequena mineração no território brasileiro.

REFERÊNCIAS

ALVES, F. Para a Nexa, Aripuanã será modelo de mineração sustentável. **Brasil Mineral**, São Paulo, ano XXXV, n. 389, p. 8-14, abr. 2019.

ANDRIOTTI, J.A. **O serviço geológico do Brasil e o setor mineral brasileiro**. Rio de Janeiro: CPRM, 2019. Informe interno.

ANM. **Arrecadação CFEM**. 2019. Disponível em:
<https://sistemas.dnpm.gov.br/arrecadacao/extra/Relatorios/arrecadacao_cfem.aspx>
. Acesso em: 20 out.2019:

ASSIRATI, D.M. Água mineral. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário mineral 2015**. Brasília, DF: DNPM, 2016. v. 35. p. 22-23.
Disponível em:
<file:///C:/Users/user/Downloads/Sum%C3%A1rio%20Mineral%202015.pdf>.

BAMBERG, A.L. et al. (Ed.). Nota da comissão organizadora. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 3., 2016, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília: Embrapa Cerrados; Assis: Triunfal Gráfica e Editora, 2017.

BAPTISTA, F.M. Descascando o abacaxi da mineração em terras indígenas. In: RICARDO, F.; ROLLA, A. (Ed.). **Mineração em terras indígenas na Amazônia brasileira**. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2005. p. 123-131.

BELTHER, J. Alterações na legislação sobre mineração em faixa de fronteira: visão empresarial. In: ENCONTRO DE EXECUTIVOS DE EXPLORAÇÃO MINERAL, 7., 2017, Brasília. **Anais...** Disponível em:
<http://www.adimb.com.br/site/VII/palestras/08_Jones_Belther.pdf>. Acesso em: 20 out. 2019.

BIZZI, L.A. et al. (Org.). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**: texto, mapas & SIG. Brasília, DF: CPRM, 2003. 692 p. Disponível em:
<file:///C:/Users/user/Downloads/geologia%20tectonica.pdf>. Acesso em: 20 out. 2019.

BRASIL. Lei nº 12.890, de 10 de dezembro de 2013. Altera a Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, para incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 11 dez. 2013.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano nacional de mineração 2030**: geologia, mineração e transformação mineral. Brasília, DF: MME, 2010. 178 p.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. **Estratégia nacional de desenvolvimento econômico e social (ENDES)**: 2020-2031. Brasília, DF, 2018.

CALAES, G.D. **Economia mineral**: passado, presente e futuro. Rio de Janeiro: CPRM, 2019. Palestra.

- CALAES, G.D.; VILLAS BÔAS, R.C.; MARTINEZ, A.G. (Ed.). **Planejamento estratégico, competitividade e sustentabilidade na indústria mineral**: dois casos de não metálicos no Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: CETEM/MCT/CNPq/CYTED, 2006. 242 p. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/562>>.
- CHAMPION, H. **Impactos ambientais mais frequentes na extração de ferro**. 2008. Versão preliminar. No prelo.
- CHAVES, M.L.S.C.; DIAS, C.H. Gemas e minerais de coleção. In: PEDROSA-SOARES, A.C.; VOLL, E.; CUNHA, E.C. (Coord.). **Recursos minerais de Minas Gerais**: síntese do conhecimento sobre as riquezas minerais, história geológica, meio ambiente e mineração de Minas Gerais. Belo Horizonte: CODEMGE, 2018.
- CHIODI FILHO, C. **O setor brasileiro de rochas ornamentais**. Brasília, DF: ABIROCHAS, 2018.
- CORNEJO, C.; BARTORELLI, A. **Minerais e pedras preciosas do Brasil**. São Paulo: Solaris, 2010. 701 p.
- CPRM; EMBRAPA. **Zoneamento agrogeológico do Brasil**: escala 1:1.000.000. 2018. Resumo Executivo. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/impressao/pdf/zag181205.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2019.
- ESTÊVÃO, T.E.R. **O hidrogênio como combustível**. 2008. 113 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Porto, Porto, 2008.
- FEBRAGEO. **Propostas da FEBRAGEO aos candidatos à eleição de 2018**. Federação Brasileira de Geólogos, Belo Horizonte, 25 set. 2018. 31 p. Disponível em: <<http://portalclubedeengenharia.org.br/2018/09/25/propostas-da-febrageo-aos-candidatos-da-eleicao-2018/>>.
- FEDERAL REGISTER. A federal strategy to ensure secure and reliable supplies of critical minerals. 20 dec. 2017. Disponível em: <<https://www.federalregister.gov/documents/2017/12/26/2017-27899/a-federal-strategy-to-ensure-secure-and-reliable-supplies-of-critical-minerals>>.
- FERNANDES, F.R.C.; ARAUJO, E.R. Mineração no Brasil: crescimento econômico e conflitos ambientais. In: GUIMARÃES, P.E.; CEBADA, J.D.P. **Conflitos ambientais na indústria mineira e metalúrgica**: o passado e o presente. Rio de Janeiro: CETEM/CICP, 2016. p. 65-88.
- IBRAM. **Economia mineral do Brasil**. Março 2018a. Disponível em: <<https://portaldaminerao.com.br/wp-content/uploads/2018/02/economia-mineral-brasil-mar2018-1.pdf?x73853>>. Acesso em: 20 abr. 2019.
- IBRAM. Fertilizantes: contexto no Brasil. In: _____. **A indústria da mineração**: para o desenvolvimento do Brasil e a promoção da qualidade de vida do brasileiro. Brasília, DF: IBRAM, 2014. p. 20-23. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00005649.pdf>>.
- IBRAM. **Guia de boas práticas de gestão de barragens e estruturas de disposição de rejeitos**. Versão revisada em 14 jul. 2019. Belo Horizonte: IBRAM,

2019. 71 p. Disponível em: <<http://portaldaminerao.com.br/wp-content/uploads/2019/07/manual-ibram-2019-07-14-r0f-1.pdf>>.

IBRAM. **Relatório anual de atividades**: julho de 2017-junho de 2018. Brasília, DF: IBRAM, 2018b. Disponível em: <<http://portaldaminerao.com.br>>.

JEBER, A.; PROFETA, A.L. Águas minerais. In: PEDROSA-SOARES, A.C.; VOLL, E.; CUNHA, E.C. (Coord.). **Recursos minerais de Minas Gerais**: síntese do conhecimento sobre as riquezas minerais, história geológica, meio ambiente e mineração de Minas Gerais. Belo Horizonte: CODEMGE, 2018. Disponível em: <<http://recursomineralmg.codemge.com.br/substancias-minerais/agua-mineral/>>.

LA SERNA, H.A.; REZENDE, M.M. Agregados minerais. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Economia mineral do Brasil**, 2009. p. 602-635.

LEMONS, L.S. Uma visão para o futuro dos remineralizadores de solo. In: BAMBERG, A.L. et al. (Ed.). **Anais do III Congresso Brasileiro de Rochagem**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília: Embrapa Cerrados; Assis: Triunfal Gráfica e Editora, 2016. p. 451-452. Disponível em: <<file:///C:/Users/user/Downloads/IIICongressoBrasileirodeRochagem.pdf>>.

LIMA, M.R.S. et al. **Atlas da política brasileira de defesa**. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: CLACSO; Rio de Janeiro: Latitude Sul, 2017. Disponível em: <http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/se/20170515113254/Atlas_da_Politica_Brasileira_de_Defesa.pdf>.

MARINI, O.J. Potencial mineral do Brasil. In: MELFI, A.J. et al. (Org.). **Recursos minerais no Brasil**: problemas e desafios. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2016. p. 18-31. 420 p. Disponível em: <<http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-7006.pdf>>.

MARTINEZ, J.E.A., ANDRADE, R.H.P. Minerais estratégicos & elementos terras-raras. In: COLBERT, M. et al. **Minerais estratégicos e terras-raras**. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2014. 241 p. (Série estudos estratégicos, n. 3). p. 174-189. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/acamara/estruturaadm/altosestudios/temas/pdf/minerais-estrategicos-e-terras-raras>>.

MELFI, A.J. et al. (Org.). **Recursos minerais no Brasil**: problemas e desafios. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2016. 420 p. Disponível em: <<http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-7006.pdf>>.

MME. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. SEMINÁRIO SUBPRODUTOS DA MINERAÇÃO COMO POTENCIAIS REMINERALIZADORES DE SOLOS E FERTILIZANTES NATURAIS, 16-17 jun. 2019. Brasília, DF: MME, 2019. **Anais...**

MOREIRA, D.T. Remineralize a terra. In: BAMBERG, A.L. et al. (Ed.). **Anais do III Congresso Brasileiro de Rochagem**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília: Embrapa Cerrados; Assis: Triunfal Gráfica e Editora, 2016. p. 443-446. Disponível em: <<file:///C:/Users/user/Downloads/IIICongressoBrasileirodeRochagem.pdf>>.

ORLANDI, V.; MARQUES, V.J. **Riquezas minerais**. In: SILVA, C.R. (Ed.). Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. p. 99-121. 264 p.

PIRES, F.R.M. **Urânio no Brasil: geologia, jazidas e ocorrências**. Rio de Janeiro: ELETROBRÁS/ELETRONUCLEAR, 2013. 299 p.

REDFERN, S. Hydrogen squeezed from stone could be new energy source. **Science & Environment**, 13 dez. 2013. Disponível em: <<https://www.bbc.com/news/science-environment-25349983>>. Acesso em: 20 jul. 2019.

RIBEIRO, F. Cientistas criam combustível “limpo” com gás de hidrogênio extraído do petróleo. **Canaltech**, 23 ago. 2019. Disponível em: <<https://www.msn.com/pt-br/noticias/meio-ambiente/cientistas-criam-combust%C3%ADvel-limpo-com-g%C3%A1s-de-hidrog%C3%AAnio-extra%C3%ADdo-do-petr%C3%B3leo/ar-AAGdTJT>>.

RODRIGUES, A. Ministro de Minas e Energia defende popularização da mineração no país. **Economia**, 11 abr. 2019. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2019-04/ministro-de-minas-e-energia-defende-popularizacao-da-mineracao-no-pais>>.

SANTOS, F.M.S.M. dos; SANTOS, F.A.C.M. dos. O combustível “hidrogênio”. **Millenium**, n. 31, p. 252-270, 2005.

SELINUS, O. et al. (Ed.). **Essentials of medical geology: impacts of the natural environment on public health**. Burlington-MA: Elsevier Academic Press, 2005.

SETEMI. **Uso de resíduos de mineração é abordado em eventos sobre remineralizadores**. 2019. Disponível em: <<https://setemi.com.br/uso-de-residuos-de-mineracao-e-abordado-em-eventos-sobre-remineralizadores/>>.

SILVA JÚNIOR, L. de O.; CAETANO. L.C. **Crenologia: a água como auxiliar terapêutico**. 2010. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Crenologia%3A-a-agua-como-auxiliar-terapeutico-1405.html>>. Acesso em: 22 jul. 2019.

SOARES, V. Reutilização de rejeitos como alternativa às barragens de minério. **Minas Faz Ciência**, Belo Horizonte, 23 nov. 2015. Disponível em: <<http://minasfazciencia.com.br/2015/11/23/reutilizacao-de-rejeitos-como-alternativa-as-barragens-de-minerio/>>.

SOUZA, K.G. de et al. Recursos não-vivos da plataforma continental brasileira e áreas oceânicas adjacentes. **Gravel**, Porto Alegre, 2009. 77 p. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/gravel/SI/2009/Gravel_EE.pdf>.

SOUZA, K.G. de. O futuro da exploração mineral em águas brasileiras e internacionais. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 62, n. 3, p. 23-25, 2010. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252010000300010>.

ZANOTTA, P.; BERNALDO, S.H. Exploração mineral em faixa de fronteira. **ANEPAC**, São Paulo, 2019. Disponível em:
<<https://www.anepac.org.br/agregados/artigos/item/358-exploracao-mineral-em-faixa-de-fronteira>>.

APÊNDICE A – MODELO DE MINERAÇÃO SUSTENTÁVEL: PROJETO ARIPUANÃ

O Projeto Aripuanã – mina de zinco (Zn), chumbo (Pb) e cobre (Cu) – se situa no município de Aripuanã (22 km a nordeste da cidade e 930 km de Cuiabá), Mato Grosso, de propriedade da Nexa Resources (Votorantim Metais Holding e Junior Company Karmin), foi descoberto em 1993, passando por várias negociações de propriedade e pesquisas de avaliação dos depósitos, sendo que, em 2014, ingressa com o EIA/RIMA na SEMA-MT. Em 2015, são realizadas audiência pública e oficinas com as etnias Araras e Cinta Larga (ALVES, 2019).

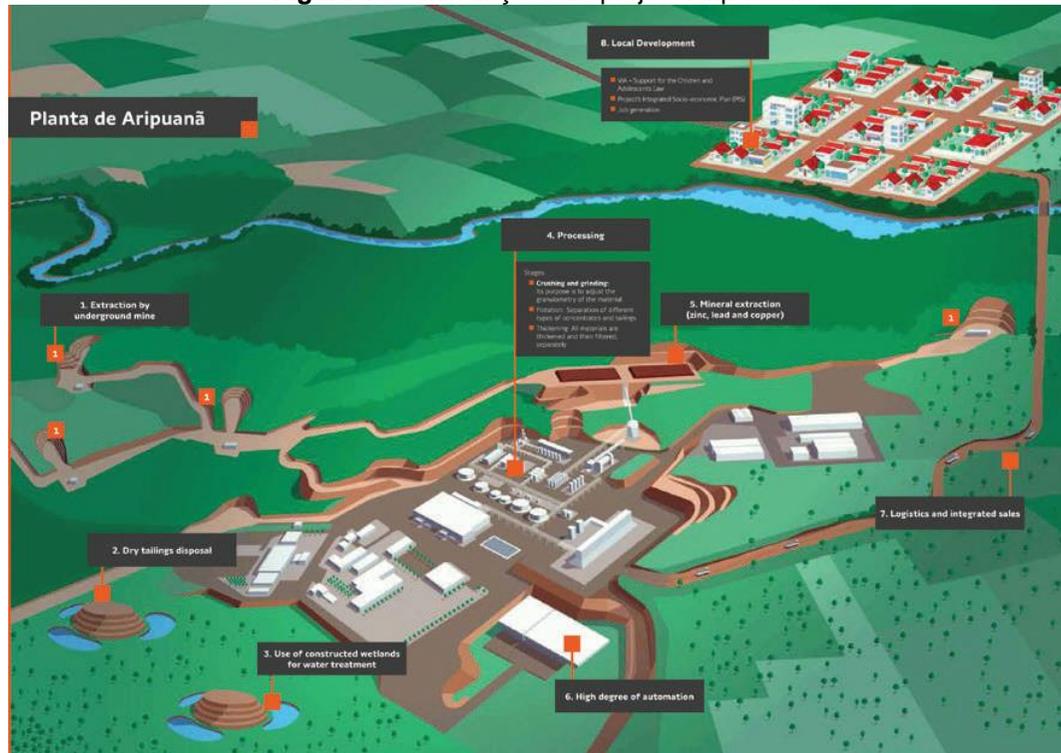
Em abril de 2018, a Nexa obteve a Licença Prévia (LP); em dezembro do mesmo ano, a Licença de Instalação (LI), com previsão para início das operações de extração e beneficiamento em meados de 2021. Antes, terá lugar a fase de implantação do empreendimento, que deverá durar 26 meses.

Está previsto um investimento de US\$ 392 milhões, dos quais 35% serão desembolsados em 2019, 49% em 2020 e o restante no primeiro trimestre de 2021. Além da produção de Zn, Pb, Cu, há também como subprodutos prata (Ag) e ouro (Au). A extração estimada é de 6.300 t/dia de minério bruto (ROM), que equivale a cerca de 2,3 milhões t/ano.

O empreendimento vai gerar 66,7 mil t/ano de Zn, 23 mil t/ano de Pb, 3,7 mil t/ano de Cu, 1,87 milhão de onças de Ag e 13 mil onças de Au (Ag e Au contidos nos concentrados de Cu e Pb). A concentração média de Zn equivalente será de 120 mil t/ano.

O projeto compreende a implantação de uma mina subterrânea para a lavra de três corpos de minério (que serão acessados por três entradas e rampas diferentes), a instalação de uma planta para tratar 6.300 t/dia de minério e mais instalações de estocagem de rejeitos a seco, *wetland* construídas para coleta e tratamento de água, suprimento de energia, barragem de estocagem de água, vias de acesso à mina, oficinas de manutenção e estocagem de combustível (Figuras 18, 19 e 20).

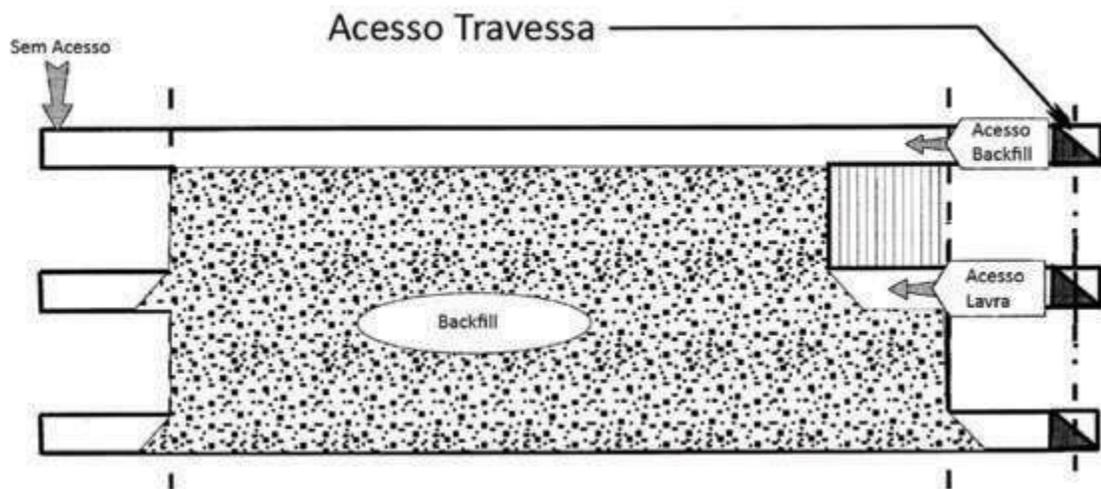
Figura 18 – Instalações do projeto Aripuanã.



Fonte: ALVES, 2019, p. 8.

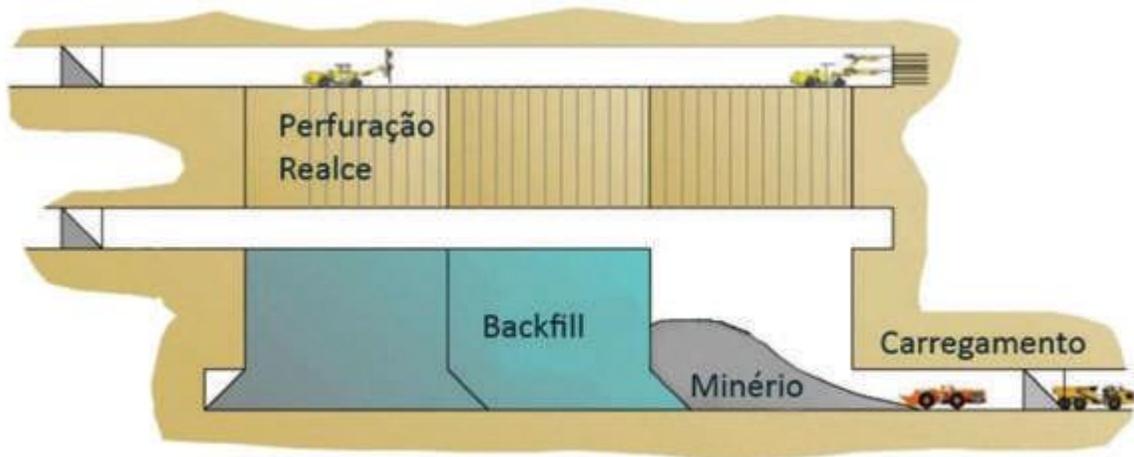
Nota: (1) lavra subterrânea; (2) disposição de rejeitos secos; (3) área para tratamento do rejeito húmido; (4) processamento do minério; (5) extração dos minérios de Zn, Pb e Cu; (6) alto grau de automação com o controle dos processos, (7) setores de logística e venda integrados.

Figura 19 – Esquema de uso do rejeito para enchimento da mina.



Fonte: ALVES, 2019, p. 10.

Figura 20 – Esquema de perfuração e carregamento.



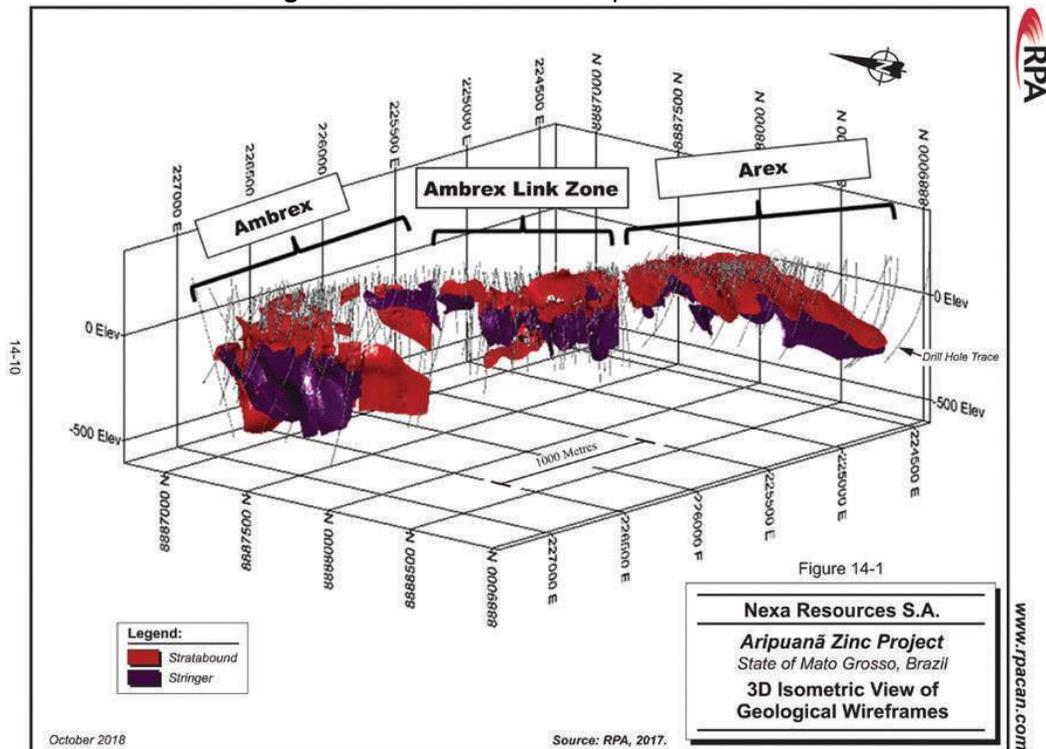
Fonte: ALVES, 2019, p. 11.

Do valor total do investimento, US\$ 242,2 milhões serão destinados à implantação da mina, usina e infraestrutura; US\$ 119,8 milhões irão para custos indiretos (EPCM, serviços temporários, pessoal da Nexa engajado no projeto e outros) e US\$ 30 milhões são reservados para contingências. O investimento em *sustaining* deverá somar US\$ 199 milhões ao longo da vida útil da mina.

A mina terá aproximadamente 650 m de profundidade e 2,7 km de extensão, para a lavra dos três corpos de minério, denominados Arex, Link e Ambrex, dispostos em linha horizontal. A jazida conta com reservas, provadas e prováveis, de 26,2 milhões de toneladas. Para seu dimensionamento/avaliação, foram realizados 215 mil m de sondagem nas fases de exploração e conversão de recursos em reservas. São depósitos de minério polimetálico sulfetado tipo VMS (Volcanogenic Massive Sulphide, em geral, são depósitos de grandes dimensões denominados Classe Mundial) (Figura 21).

Para acesso aos corpos, as rampas totalizam 27 km de extensão e cerca de 170 km de desenvolvimento em galerias. A mina deverá ter vida útil de 13 anos, mas a previsão é que haja uma extensão de mais seis anos, considerando-se o que é conhecido hoje em termo de recursos, sem contar outros corpos que ainda estão em fase de sondagem e que poderão contribuir para o aumento da vida útil da mina.

Figura 21 – Vista dos três corpos de minério.



Fonte: ALVES, 2019, p. 12.

Durante a fase de implantação, estão previstos 1.600 empregos. Na operação, está prevista a contratação de 750 colaboradores próprios e 240 terceiros diretos. Isso significa que haverá acréscimo de um grande contingente humano no município de Aripuanã, o que levou a Nexa a adotar uma série de medidas a fim de evitar que haja impacto negativo para a população local, que inclui a orientação de priorizar a contratação de pessoas locais.

Em relação ao meio ambiente, um dos destaques do empreendimento é a disposição a seco de rejeitos. Todo o rejeito da planta passará por etapas de desaguamento, espessamento e filtragem, sendo posteriormente empilhado a seco ou utilizado para enchimento de zonas que foram lavradas da mina. Prevê-se que metade dos rejeitos e estéril irá para a mina e a outra metade deverá ser empilhada. Todas as pilhas de fora da mina serão revestidas com tripla camada de geomembrana e depois compactadas, para posterior selagem e revegetação.

Cerca de 5 mil t/dia de rejeitos sólidos serão geradas e aproximadamente 17 milhões de toneladas de rejeitos vão requerer disposição segura ao longo do período de 13 anos. A metade deverá retornar ao interior da mina e 8,5 milhões de toneladas terão de ser dispostas na superfície pelo método de empilhamento a seco.

A água também terá toda a atenção no projeto, sendo que a água servida que passará pelas pilhas de rejeito e estéril, bem como pelas áreas administrativa e industrial, será tratada pelo sistema *wetlands*, que são ecossistemas artificiais que utilizam plantas aquáticas e substratos para tratar efluentes, combinando processos físicos, químicos e biológicos. No caso da água da planta de beneficiamento, será usado o tratamento que a Nexa já utiliza em outras minas, com o uso de carvão ativado etc. Enfim, toda a água de processo será recirculada.

Na parte social, a preocupação é evitar que o empreendimento traga qualquer tipo de impacto social negativo para a população do município de Aripuanã. Assim, a Nexa estabeleceu um plano socioeconômico integrado, concentrado em cinco grupos de ações: desenvolvimento econômico; gestão pública e participação social; infância, juventude e grupos vulneráveis; segurança e saúde socioambiental, e grupos indígenas. Atualmente, essas ações estão sendo discutidas com Ministério Público, vereadores e demais *stakeholders* locais, com o objetivo de se ter uma validação final e, se for o caso, proceder aos ajustes necessários.

Destaca-se que a empresa está procedendo, com a participação do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), à capacitação de cerca de 1.500 pessoas locais, para atuar em várias frentes do empreendimento. Também já está se movimentando sobre as necessidades de infraestrutura imobiliária e serviços de saúde, na melhoria da rede hospitalar e construção de moradias.

Finalizando, o CEO da Nexa, Tito Martins, afirma que o projeto adotará uma série de novos conceitos, com maior produtividade, meio ambiente e segurança, reduzindo o contingente de pessoas na mina, substituindo-as por máquinas, tratamento de rejeitos a seco, reciclagem de água e preocupação social. Com essa forma de operar, o CEO da empresa admite: “Queremos que o projeto seja uma referência para o Brasil e mostre internacionalmente uma nova cara da indústria”.