TEXTO PARA DISCUSSÃO

2768

MINERAIS ESTRATÉGICOS E CRÍTICOS: UMA VISÃO INTERNACIONAL E DA POLÍTICA MINERAL BRASILEIRA

FERNANDO FERREIRA DE CASTRO
CARLOS CESAR PEITER
GERALDO SANDOVAL GÓES

ipea

TEXTO PARA DISCUSSÃO

2768
Brasília, maio de 2022

MINERAIS ESTRATÉGICOS E CRÍTICOS: UMA VISÃO INTERNACIONAL E DA POLÍTICA MINERAL BRASILEIRA

FERNANDO FERREIRA DE CASTRO[1]
CARLOS CESAR PEITER[2]
GERALDO SANDOVAL GÓES[3]

1. Pesquisador do Programa de Capacitação Institucional (PCI) do Centro de Tecnologia Mineral (Cetem) do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). *E-mail*: <fcastro@cetem.gov.br>.

2. Pesquisador colaborador do Cetem/MCTI. *E-mail*: <cpeiter@cetem.gov.br>.

3. Pesquisador na Diretoria de Estudos e Políticas Macroeconômicas (Dimac) do Ipea. *E-mail*: <geraldo.goes@ipea.gov.br>.

Governo Federal

Ministério da Economia
Ministro Paulo Guedes

ipea **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**

Fundação pública vinculada ao Ministério da Economia, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiros – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidente
ERIK ALENCAR DE FIGUEIREDO

Diretor de Desenvolvimento Institucional
ANDRÉ SAMPAIO ZUVANOV

Diretor de Estudos e Políticas do Estado, das Instituições e da Democracia
FLAVIO LYRIO CARNEIRO

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas
MARCO ANTÔNIO FREITAS DE HOLLANDA CAVALCANTI

Diretor de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais
NILO LUIZ SACCARO JÚNIOR

Diretor de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação e Infraestrutura
JOÃO MARIA DE OLIVEIRA

Diretor de Estudos e Políticas Sociais
HERTON ELLERY ARAÚJO

Diretor de Estudos e Relações Econômicas e Políticas Internacionais (substituto)
JOSÉ EDUARDO MALTA DE SÁ BRANDÃO

Assessor-chefe de Imprensa e Comunicação (substituto)
JOÃO CLÁUDIO GARCIA RODRIGUES LIMA

Ouvidoria: http://www.ipea.gov.br/ouvidoria
URL: http://www.ipea.gov.br

Texto para Discussão

Publicação seriada que divulga resultados de estudos e pesquisas em desenvolvimento pelo Ipea com o objetivo de fomentar o debate e oferecer subsídios à formulação e avaliação de políticas públicas.

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2022

Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro : Ipea , 1990-

ISSN 1415-4765

1.Brasil. 2.Aspectos Econômicos. 3.Aspectos Sociais. I. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

CDD 330.908

As publicações do Ipea estão disponíveis para *download* gratuito nos formatos PDF (todas) e EPUB (livros e periódicos). Acesse: http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério da Economia.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

JEL: L71; L72.
DOI: http://dx.doi.org/10.38116/td2768

SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO 6

2 OS DIVERSOS CONCEITOS DE MINERAIS CRÍTICOS 7

3 O SETOR MINERAL BRASILEIRO E AS RELAÇÕES DE COMÉRCIO INTERNACIONAL 8

4 ANTECEDENTES DA PESQUISA 14

5 MATÉRIAS-PRIMAS CRÍTICAS OU ESTRATÉGICAS E AS POLÍTICAS NACIONAIS 15

6 OS MINERAIS ESTRATÉGICOS DO BRASIL 29

7 CONCLUSÕES 33

REFERÊNCIAS 34

SINOPSE

As matérias-primas minerais estão na base de grande parte das atividades econômicas, em algum estágio de suas cadeias produtivas, e a tendência é de que, cada vez mais, estejam nessa posição. Certas matérias-primas minerais apresentam especificidades porque o risco de suprimento e sua importância econômica variam entre os países ou blocos econômicos, e também podem ser atualmente definidas como "críticas", pelas incertezas em seus mercados, ou "estratégicas", em face às políticas internas. Tendo em vista a relevância mundial dos bens minerais, o objetivo deste Texto para Discussão é apresentar um panorama atual das diferentes políticas internacionais sobre os minerais críticos e/ou estratégicos adotadas na China, Estados Unidos, União Europeia – principais consumidores mundiais, comparando com a evolução dos estudos e políticas brasileiras até a recente definição da primeira lista de minerais estratégicos do Brasil. Por fim, será sinteticamente abordado o caso do nióbio brasileiro, matéria-prima estratégica para o Brasil e crítica internacionalmente. A metodologia qualitativa adotada parte de extensa revisão bibliográfica e documental no contexto da geopolítica das matérias-primas, a fim de apresentar o panorama dos modelos de avaliação e elaboração das listas de matérias-primas críticas e estratégicas em utilização, apontando assim alternativas metodológicas para orientar as políticas nacionais.

Palavras-chave: minerais estratégicos; matérias-primas críticas; nióbio; CT&I.

ABSTRACT

Mineral raw materials are at the base of economic activities at some stage of their production chains and will continue to be more and more in the future. Certain raw materials have specific features, because both the supply risk and their economic importance vary between countries or economic blocs, and have been defined as "critical" due to uncertainties in their markets. In view of the global relevance of mineral goods, the objective of this discussion text is to present the current overview of the different international policies on critical and/or strategic minerals, adopted in China, the United States, the European Union, the main world consumers, comparing it with the progress in Brazilian studies and policies until the recent definition of the first list of strategic minerals in Brazil. Finally, a case of Brazilian niobium will be presented briefly, a strategic raw material for Brazil and critical mineral internationally. The adopted qualitative methodology is part of an extensive bibliographical and documental review in the context of geopolitics of raw materials, in order to present an overview of evaluation models and preparation of lists of critical and strategic raw materials in use, thus pointing out methodological alternatives to guide national policies.

Keywords: strategic minerals; critical raw materials; niobium; ST&I.

1 INTRODUÇÃO

As matérias-primas minerais formam a base das cadeias produtivas, posição que continuarão ocupando no futuro (IRTC, 2020), pois os bens minerais fazem parte de todas as indústrias em algum nível de suas linhas de produção. No entanto, alguns insumos minerais estão se tornando cada vez mais essenciais para promover mudanças disruptivas e atender novos mercados, tais como: as tecnologias digitais, as tecnologias de baixo carbono e a mobilidade sustentável (Blengini, 2019). Apesar das substâncias minerais mais importantes ainda serem abundantes, a garantia de seu fornecimento envolve esforços de pesquisa, investimento e constante inovação (USGS, 2017a).

Essas constantes inovações tecnológicas têm transformado as cadeias produtivas para se adaptarem aos novos mercados, o que, por sua vez, tenciona as estratégias comerciais e as políticas nacionais de forma a garantir uma posição satisfatória no mercado global (Castro, Peiter e Góes, 2020). Desse modo, determinadas matérias-primas apresentam especificidades, visto que o risco de suprimento e sua importância econômica variam entre os países ou blocos econômicos, e também tem sido atualmente classificadas em alguns países como "críticas", por apresentarem incertezas em seus mercados (Bobba *et al*., 2018; Fortier *et al*., 2019).

Assim, tendo em vista a relevância mundial dos bens minerais, este artigo tem por objetivos: i) discutir aspectos das políticas internacionais sobre os minerais críticos e/ou estratégicos adotadas recentemente na China, nos Estados Unidos e na União Europeia (UE), que são os principais consumidores ou destinos das exportações minerais brasileiras; ii) avaliar a evolução das políticas e estudos setoriais recentes sobre os bens minerais estratégicos do Brasil e suas possíveis repercussões diante da crescente importância das relações comerciais do Brasil no mercado internacional; e iii) estudar o caso do nióbio, que é para os países consumidores uma matéria-prima crítica, tais como a China, enquanto para o Brasil é considerada estratégica por ser o maior produtor mundial.

Este Texto para Discussão visa, portanto, apresentar o panorama dos modelos de avaliação e elaboração das listas de matérias-primas críticas e estratégicas em utilização por alguns países e blocos. Em outras palavras, com base em uma extensa revisão bibliográfica e documental, serão abordados sinteticamente aspectos técnicos e teóricos das metodologias utilizadas na UE, nos Estados Unidos e na China, bem como apresentar as recentes políticas no Brasil, que pretendem lançar novos marcos para o desenvolvimento do setor mineral brasileiro em longo prazo.

Esta pesquisa é fruto da parceria entre pesquisadores do Ipea vinculado ao Ministério da Economia (ME) e do Centro de Tecnologia Mineral (Cetem) pertencente ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e está dividida em oito seções, além desta introdução. Na segunda seção é abordado o conceito de minerais e matérias-primas críticas e, na terceira seção, as relações

de comércio internacional do setor mineral brasileiro. A quarta seção descreve os antecedentes e a metodologia da pesquisa e, na seção seguinte, são analisadas as políticas nacionais dos quatro países selecionados no estudo. A sexta seção discute as políticas brasileiras sobre os minerais estratégicos, e a sétima seção foca o caso do nióbio brasileiro. A oitava e última seção encerra este Texto para Discussão com as conclusões gerais desta pesquisa.

2 OS DIVERSOS CONCEITOS DE MINERAIS CRÍTICOS

Uma síntese das definições adotadas nos Estados Unidos e União Europeia possibilita conceituar como matérias-primas críticas e, dentre essas os minerais críticos, aqueles com significativa contribuição para suas cadeias produtivas. Constituem-se, assim, substâncias minerais vitais para o desenvolvimento econômico e funcionamento das linhas de produção dos países, mas cujo suprimento pode envolver riscos devido a diversas questões, tais como: escassez minerogeológica, dinâmicas geopolíticas, regulações comerciais, instabilidade política ou de infraestrutura, entre outros fatores (EC, 2017; USDE, 2011). Em geral, essas matérias-primas são importantes porque estão presentes em componentes usados na fabricação de produtos inovadores, tais como: telefones celulares, monitores de tela plana, turbinas eólicas, carros elétricos, painéis solares, baterias de alta capacidade, magnetos e dispositivos de alta tecnologia (EC, 2021; Blengini, 2020).

Outro aspecto importante na definição, para cada país, dos minerais críticos está associado às respectivas demandas industriais por insumos ou busca por transição para uma economia de baixo carbono, nos quais determinados minerais são essenciais para a obtenção de energia por fontes renováveis e na aplicação de tecnologias limpas (Bobba *et al*., 2020). Estes avanços das cadeias produtivas também miram os consumidores de produtos eletrônicos e também estão implicadas com inúmeras outras áreas estratégicas, como: defesa, vigilância, agricultura, infraestrutura, medicamentos e aplicações médicas (USGS, 2017b).

Como a extração mineral é um estágio inicial para muitas das cadeias produtivas, a dimensão dos minerais críticos amplia então o debate sobre os minerais estratégicos, estendendo o conceito oriundo do período posterior à Segunda Guerra Mundial, quando as superpotências, na Guerra Fria, buscavam os meios para garantir seu domínio geopolítico e interesses militares. Portanto, os minerais estratégicos englobam também os minerais críticos. Contudo o que é estratégico para determinados países pode ser considerado crítico para outros países e vice-versa. Assim, a definição, para cada país, de quais são suas matérias-primas críticas necessita de estudos nacionais para cada bem mineral e suas respectivas cadeias industriais relacionadas, de modo a formular uma estratégica de suprimento para atender as demandas.

Nas últimas décadas, profundas mudanças nos blocos hegemônicos mundiais vêm ocorrendo. Inicialmente, havia o controle político e econômico por parte dos países hegemônicos que detinham o controle sobre os jazimentos de bens minerais em outros países, considerados vitais para suas próprias indústrias. Posteriormente, com o fim do processo de descolonização na África e Ásia, da Guerra Fria, do fortalecimento econômico e político da China, a disputa por bens minerais remodelou a paisagem política do comércio internacional (Machado, 2011).

Os efeitos da globalização aceleraram o livre comércio internacional e no caso das indústrias extrativas minerais seu efeito foi percebido principalmente na transferência de empresas nacionais para outras nações onde os custos de produção poderiam ser menores. O encurtamento de distâncias, a velocidade propiciada pelo avanço das tecnologias e a crescente demanda por aumento no volume de produção foram processos que levaram a expansão global do setor em busca das reservas minerais com maiores teores de minério contido e cuja produção fosse economicamente mais viável (Machado, 2007). Contudo, devido à dependência cada vez maior por determinados bens minerais, alguns países vêm explorando de forma protecionista suas vantagens competitivas. Este é o caso de inúmeros países como a China (detentora de terras raras, titânio, magnésio, tungstênio, barita, grafita natural, bismuto e outros), Austrália (carvão), Congo (cobalto, tântalo) e Cazaquistão (fósforo) (Blengini, 2020).

Além disso, mais recentemente, com o surgimento da pandemia da covid-19, foi exposta a fragilidade nas cadeias de abastecimento globais não apenas de produtos farmacêuticos e suprimentos médicos essenciais, mas também de alguns minerais (Nakano, 2021). Os componentes das tecnologias de energias consideradas limpas têm diferentes graus de dependência de uma variedade de bens minerais, que por sua vez apresentam diferentes perfis de criticidade, também determinados por fatores como volatilidade de preços e estabilidade do país fornecedor. A confluência desses desenvolvimentos e fatores globais e locais elevou a importância estratégica de garantir cadeias de suprimento de minerais considerados essenciais, especialmente para um grupo de economias que abrigam inovadores e fabricantes, consumidores destas matérias-primas.

A próxima seção apresenta o panorama do setor mineral brasileiro pelo ponto de vista de sua participação no comércio internacional.

3 O SETOR MINERAL BRASILEIRO E AS RELAÇÕES DE COMÉRCIO INTERNACIONAL

O Brasil é reconhecidamente um líder produtor e exportador no mercado global de *commodities* minerais, em especial de minerais metálicos, destacando-se pela produção de minério de ferro, cobre, ouro, alumínio e nióbio. Com base nos dados disponíveis no *Anuário mineral brasileiro* (AMB) de 2020 (ano base 2019), o valor total de exportações das principais substâncias metálicas

brasileiras totalizou US$ 48,64 bilhões (ANM, 2020). O principal destino das exportações minerais brasileiras é a China, responsável por 32,7% do valor total exportado (US$ 15,92 bilhões), seguida pelos Estados Unidos, com 11,3% (US$ 5,49 bilhões). A tabela 1 destaca os três principais países ou bloco de países destinatários das exportações do setor mineral brasileiro e a tabela 2, suas respectivas participações. Entre os bens minerais mais exportados, destacam-se as seguintes substâncias que representam 98,6% das exportações de metálicos: ferro, alumínio, ouro, cobre, nióbio, níquel e manganês.

TABELA 1

Comércio internacional de substâncias metálicas entre Brasil e principais parceiros – China, Estados Unidos, União Europeia e demais (2019)

(Em US$ 1 bilhão FOB)

	Mundo (total)	China	Estados Unidos	União Europeia	Outros
Exportações	**48,64**	15,92	5,49	2,87	24,36
Importações	**14,79**	2,54	0,74	0,58	10,93
Saldo	**33,84**	13,38	4,75	2,29	13,40

Fonte: ANM (2020).

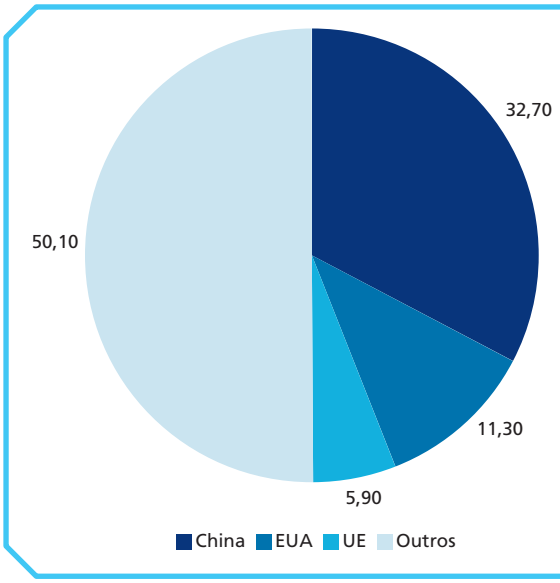
Obs.: FOB – *Free on board*.

GRÁFICO 1

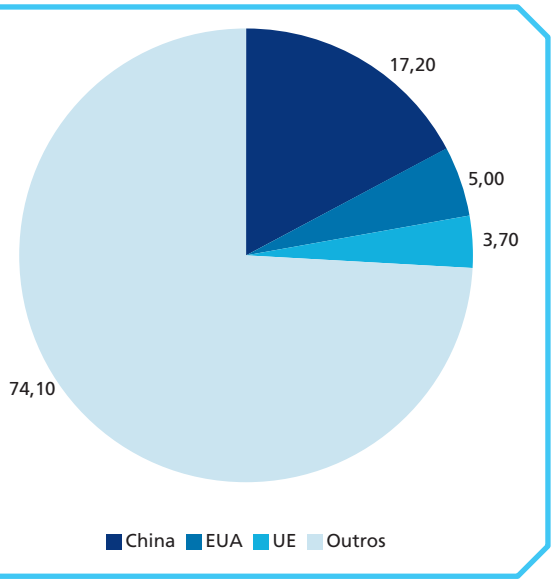
Participação no comércio internacional de substâncias metálicas entre Brasil e principais parceiros comerciais (China, Estados Unidos, União Europeia e demais)

(Em %)

1A – Exportações



2A – Importações

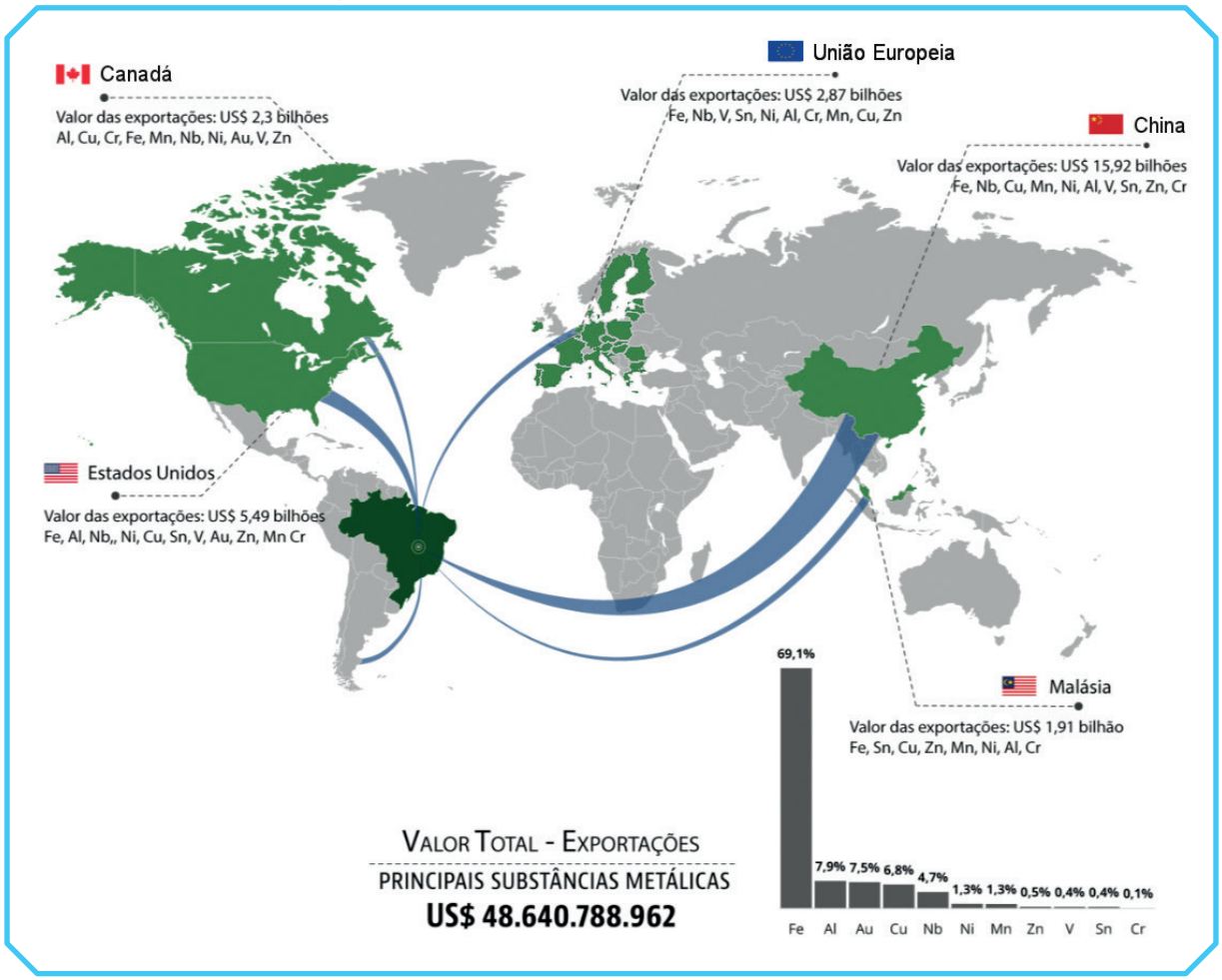


Fontes: ANM (2020).

A figura 1 ilustra os mais relevantes países destinatários das exportações brasileiras referentes aos principais bens minerais metálicos em 2019, no qual se destaca o valor das exportações brasileiras e a variedade de substâncias (ferro, nióbio, cobre, manganês, níquel, alumínio, vanádio, estanho, zinco, ouro e cobre). Nota-se que: i) a China é líder na importação de metálicos brasileiros, com o equivalente a US$ 15,92 bilhões; ii) os Estados Unidos importam o equivalente a US$5,49 bilhões; iii) a União Europeia totaliza US$ 2,87 bilhões; seguida por iv) Canadá (US$ 2,30 bilhões); e v) Malásia (US$ 1,91 bilhão).

FIGURA 1

Destino das exportações brasileiras referentes aos principais minerais metálicos (2019)



Fonte: ANM (2020).

Elaboração dos autores.

Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

Nas relações comerciais do setor mineral brasileiro se observa claramente um perfil de grande produtor e exportador de bens primários e semimanufaturados e importador de manufaturados, tal como está apresentado na tabela 2, na qual se destaca a discrepância entre o que é exportado e importado em relação às principais substâncias metálicas.

TABELA 2

Balança do comércio exterior brasileiro para as principais substâncias metálicas (2019)

(Em US$ 1 milhão FOB)

	Exportação	Importação	Saldo comercial
Brasil – Mundo			
Produtos básicos	26.048	1.396	24.651
Semimanufaturados	12.833	2.440	10.393
Manufaturados	9.760	10.956	-1.196
Total	**48.641**	**14.792**	**33.849**
Brasil – China			
Bens primários	14.383	1	14.381
Semimanufaturados	1.490	66	1.424
Manufaturados	51	2.480	-2.428
Total	**15.924**	**2.547**	**13.377**
Brasil – Estados Unidos			
Bens primários	307	88	219
Semimanufaturados	3.679	9	3.670
Manufaturados	1.506	650	856
Total	**5.492**	**748**	**4.744**
Brasil – União Europeia			
Bens primários	916	1	914
Semimanufaturados	728	2	726
Manufaturados	1.227	55	1.172
Total	**2.871**	**58**	**2.813**

Fonte: ANM (2020).
Elaboração dos autores.
Obs.: FOB – *Free on board*.

Salientamos que a característica mais marcante do Brasil no comércio internacional é a sua condição de exportador de *commodities* minerais, principalmente de bens primários, e sua relativa dependência de importação de bens minerais manufaturados. Por outro lado, um exemplo de liderança no setor é a China, que tradicionalmente é especializada na produção e fornecimento de produtos primários devido às suas importantes reservas minerais, mas que vem se especializando, principalmente a partir do início deste século, na produção de manufaturados de origem mineral,

em que se incluem insumos essenciais para inúmeras aplicações, com destaque para as tecnologias emergentes nas áreas de energia, eletroeletrônicos, transportes e equipamentos hospitalares (Barteková e Kemp, 2016; Mancheri, Sundaresan e Chandrashekar, 2013).

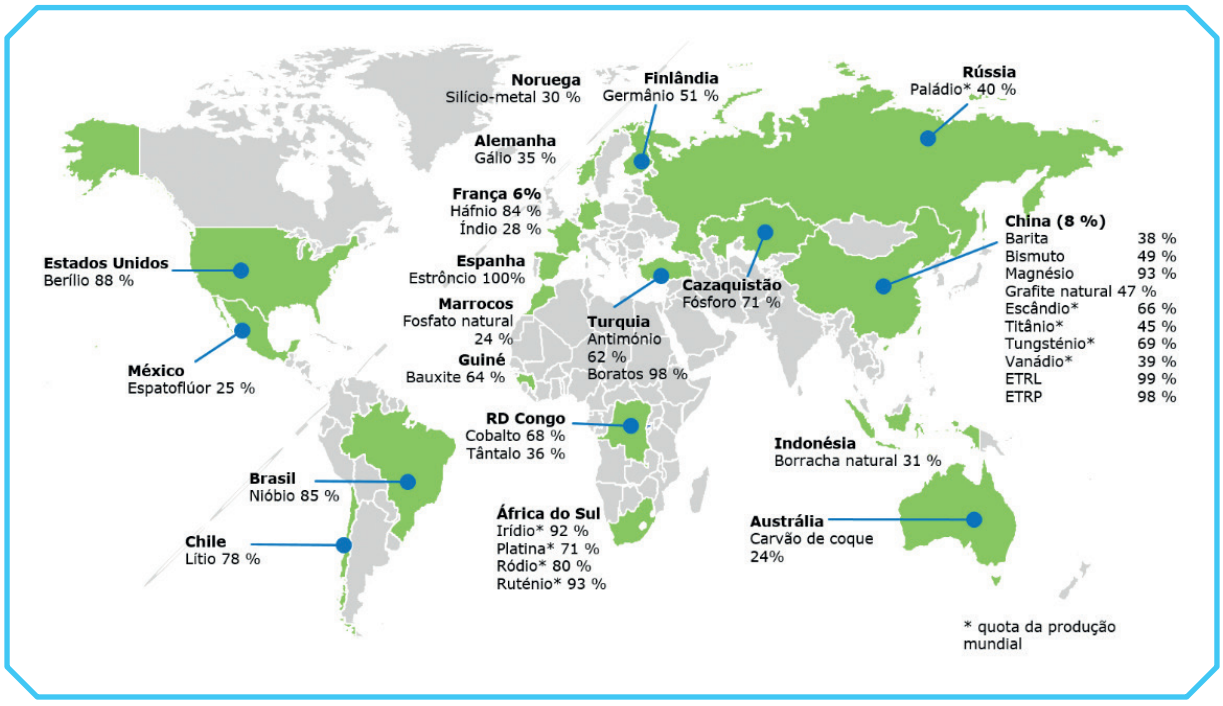
Em relação ao comércio do minério de ferro brasileiro com a China, liderado pela empresa Vale S/A, esse é o mais significativo em termos de valor, quantidade produzida e exportada, com uma participação de 71,90% na produção de minério de ferro. O valor total das exportações brasileiras alcançou R$ 33,61 bilhões em 2019, o que representa 69,11% das exportações dos minerais metálicos (ANM, 2020).

A concentração da produção e do fornecimento de substâncias minerais tem influenciado a geopolítica internacional a traçar planos distintos para as matérias-primas consideradas críticas, por meio da adoção de estratégias comerciais e industriais pelos países e blocos econômicos. Documentos da União Europeia e dos Estados Unidos (Fortier *et al*., 2018; EC, 2021; USGS, 2015) apontam a relevância da China como a principal fonte de suprimento de matérias-primas minerais consideradas críticas, tal como pode ser observado na figura 2.

FIGURA 2

Oferta de matérias-primas críticas segundo principais países fornecedores

(Em %)



Fonte: Bobba *et al*. (2020).

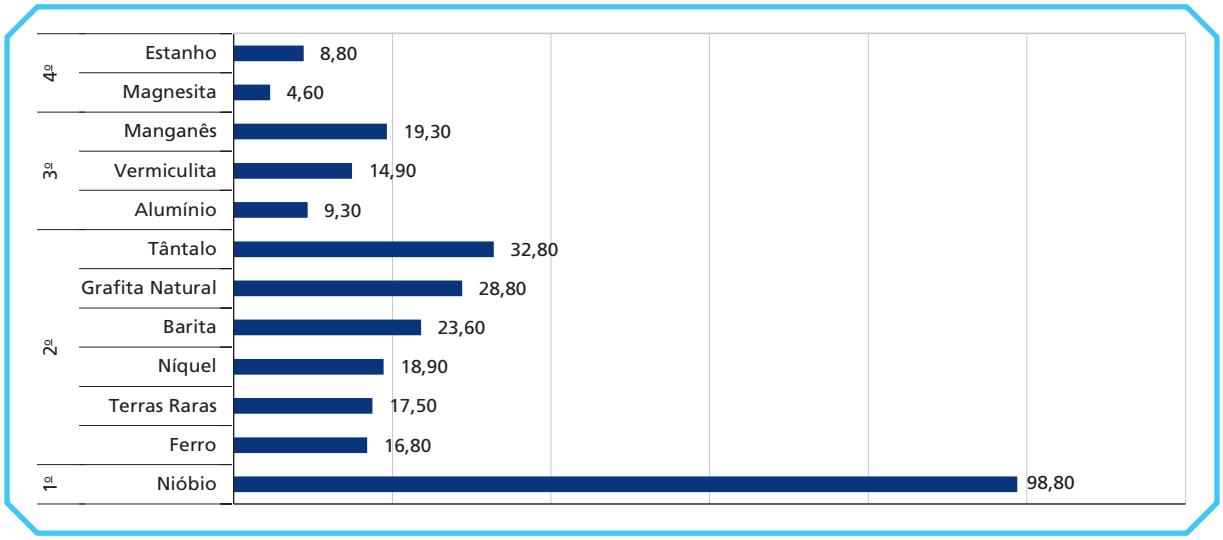
Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

Na figura 2, além da predominância da China, verifica-se que o Brasil aparece como o principal produtor e fornecedor de nióbio, entretanto, o Brasil certamente está entre os fornecedores mundiais de outras matérias-primas críticas, como o tântalo, o vanádio e o grafite natural (grafita). O gráfico 2 apresenta a participação brasileira nas reservas minerais mundiais em exploração, e o gráfico 3 apresenta a participação do Brasil na produção mundial dos seus principais bens minerais.

GRÁFICO 2

Participação e posição do Brasil na classificação mundial das principais reservas minerais em exploração (2016)

(Em %)

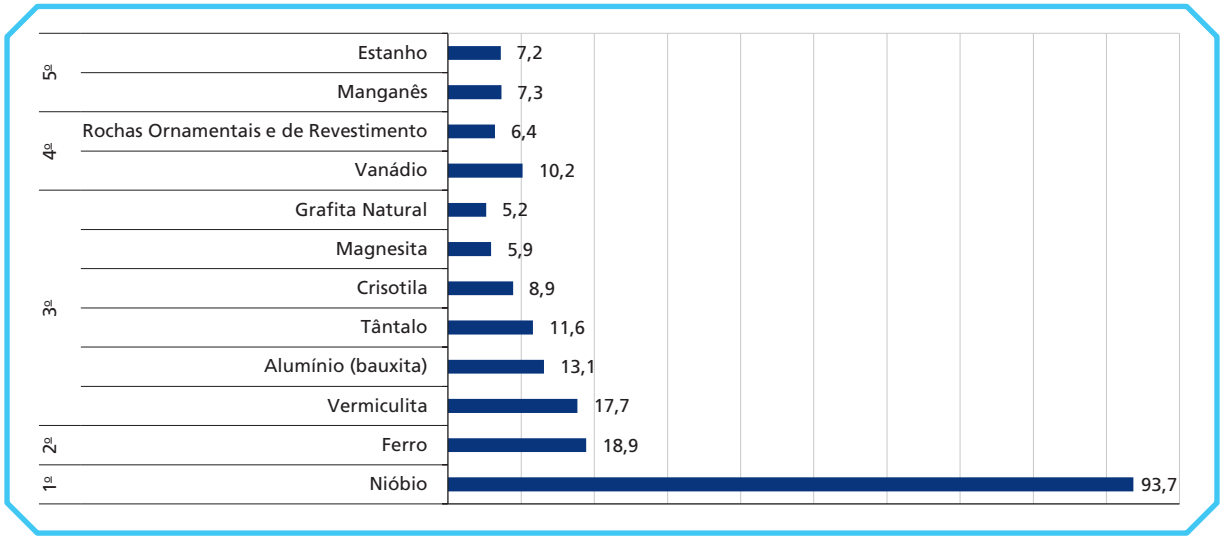


Fonte: ANM (2019).

Nota-se que a participação do Brasil na classificação mundial das principais reservas minerais é muito favorável, conspicuamente em relação ao nióbio (destacado em primeiro lugar), seguido por tântalo, grafita natural, barita, níquel, terras raras, e ferro. Para as reservas em produção, o Brasil também se sobressai em relação ao nióbio, em primeiro lugar, e ao ferro, em segundo lugar, assim como na produção de alumínio, vanádio, e rochas ornamentais e de revestimento.

GRÁFICO 3

Participação e posição do Brasil na classificação mundial dos principais produtores mundiais de metálicos (2016)



Fonte: ANM (2019).

4 ANTECEDENTES DA PESQUISA

Em relação aos antecedentes deste estudo, a pesquisa intitulada *Estudo das cadeias produtivas dos materiais críticos: oportunidades e ameaças da economia circular*,[1] realizado por meio da parceria entre o Cetem/MCTI e o Joint Research Centre (JRC) da União Europeia, no âmbito do Diálogos Setoriais UE-Brasil (Peiter *et al*., 2020), abordou as metodologias adotadas para seleção de matérias-primas críticas ou minerais críticos e envolveu uma extensa e atual revisão bibliográfica sobre o tema da geopolítica das matérias-primas, a evolução do comércio exterior brasileiro sobre os bens minerais, bem como as políticas internacionais sobre matérias-primas críticas da União Europeia, Estados Unidos e China, que são os principais parceiros comerciais do Brasil. Em recente artigo da revista *Tempo do Mundo* do Ipea, Castro, Peiter e Góes (2020) buscaram ampliar e identificar os principais interesses e estratégias adotadas pelos países ou blocos, bem como o caso específico da complementaridade entre China e Brasil, retratado pela balança comercial bilateral, destacando-se o caso do nióbio.

Diante do panorama apresentado é fundamental retomar o conceito de matérias-primas (minerais) críticas e estratégicas, bem como vêm sendo desenvolvidas, principalmente pela União Europeia e Estados Unidos, para entender suas motivações e objetivos no âmbito das políticas

1. Relatório técnico final do projeto nº 128-A – 9ª chamada (Pieter *et al*., 2020).

públicas que são geradas como consequência. Na seção a seguir, serão apresentadas sinteticamente as principais características das metodologias utilizadas por China, Estados Unidos, União Europeia e Brasil.

5 MATÉRIAS-PRIMAS CRÍTICAS OU ESTRATÉGICAS E AS POLÍTICAS NACIONAIS

Os esforços de políticas internacionais promovidas por importantes instituições em países industrializados sobre a geopolítica das matérias-primas críticas ou estratégicas têm como preocupação o risco associado ao suprimento de minerais. Alguns exemplos de como essa questão tem sido abordada em documentos norteadores da temática ilustram essa dinâmica, conforme a seguir descritos.

- O United States Geological Survey (USGS) ao considerar que "o crescimento econômico de uma nação industrializada (...) requer matérias-primas para construção (...), defesa, processamento e fabricação de bens e serviços" (USGS, 2019).

- O Raw Materials Information Systems (RMIS) ao ressaltar que "as matérias-primas são mais do que nunca a força vital da economia" (RMIS, 2015).

- O Serviço Geológico Britânico (BGS) ao expor que "a preocupação global é crescente quanto a disponibilidade de suprimentos, segura e adequada, de minerais e metais necessários à sociedade" (BGS, 2017).

- O Acordo Geral de Tarifas e Comércio da Organização Mundial do Comércio (AGTC/OMC) que em específico cita "o caso das matérias-primas chinesas coloca uma advertência para os países exportadores de matérias-primas quando negociam (...) sua soberania sobre os recursos naturais" (Rolland, 2012).

As estratégias dos países sobre os minerais críticos procuram atender às demandas domésticas identificadas por meio de políticas que direcionam os interesses econômicos, de defesa e até mesmo de saúde de cada país. As políticas nacionais, em diversos países, sobre as matérias-primas críticas são uma resposta ao aumento da competição comercial internacional para atender a inovações tecnológicas, que ampliam oportunidades econômicas pela utilização de certos materiais com aplicações específicas. Nesse sentido, estas políticas também representam interesses estratégicos dos países industrializados na busca pela manutenção de sua soberania e investimento voltado para a participação em nichos de mercado emergentes (Uren, 2019; Cuellar, 2013).

Outro aspecto que impulsiona o desenvolvimento tecnológico e por inovações são as diretrizes voltadas à questão da mudança climática e às necessidades de mudança na matriz energética voltada para economia de baixo carbono, consoantes com o Acordo de Paris, assinado na Convenção das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (ONU, 2016), e os relatórios sobre aquecimento global do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2019).

Uma breve síntese histórica é passível de ser traçada sobre as estratégias precursoras nos países selecionados neste estudo, que podem ser considerados líderes na temática. Segundo Barteková e Kemp (2016), a estratégia da União Europeia busca interagir com os países considerados mais ricos em recursos minerais, focalizando a prerrogativa da inovação para sustentabilidade e economia circular. O Japão e os Estados Unidos seguem em direção à pesquisa e desenvolvimento de alternativas tecnológicas e à garantia de sua infraestrutura produtiva ou militar, enquanto a China e a Austrália se preocupam com a garantia de sua produção doméstica e a proteção dos seus recursos com políticas protecionistas.

O Brasil também dispõe de uma trajetória de políticas sobre minerais estratégicos que orientam a produção de minerais segundo três segmentos: i) minerais que o país apresenta vantagem competitiva; ii) minerais cuja demanda tem sido crescente ou sobre a qual necessita importar; e iii) minerais que o país detém reservas e são considerados portadores de desenvolvimento econômico no futuro (Brasil, 2011).

Nas seguintes subseções, serão apresentadas as abordagens gerais das políticas norteadoras sobre os minerais críticos da China, dos Estados Unidos, da União Europeia e do Brasil.

5.1 China

A China tem promovido uma estratégia historicamente protecionista em favor de seus recursos minerais, favorecendo a sua indústria doméstica. Este processo, iniciado em 1950, buscou inicialmente a ampliação da mineração chinesa no interior da Mongólia, em depósitos de ferro, por meio da Companhia de Ferro e Aço de Baotou (Barteková e Kemp, 2016). O exemplo mais notável do domínio chinês no mercado mundial se dá no segmento dos elementos de terras raras. Na década de 1990, a partir do empreendimento de novos métodos extrativos e investimentos em pesquisa e inovação tecnológica, o governo chinês previu sua alavancada econômica com base na utilização dos seus recursos minerais, por meio do plano nacional de desenvolvimento de alta tecnologia (BaoTou Development Zone, 2015), sobre o qual o estrategista chinês, primeiro-ministro Deng Xiaoping, comentou em 1992, em tradução livre: "existe petróleo no Oriente Médio e existem terras raras na China" (Uren, 2019, tradução nossa). Seu destaque como principal fornecedor de

terras raras, bem como de bens minerais vitais para a construção de dispositivos essenciais para equipamentos eletroeletrônicos e de energia renovável, elevou a China ao patamar de um dos principais inovadores em tecnologia digital (Mancheri *et al*., 2013).

Em 2009, a China detinha 98% do total do mercado mundial de terras raras (USGS, 2015) e seu poderio quase monopolista foi atribuído à sua barata mão de obra e aos custos regulatórios menores, que contribuíram para os baixos preços de seus minerais e a diminuição de participação do resto do mundo neste segmento (Haxel, Hedrick e Orris, 2002). Contudo, a China não se especializou somente na produção mineral voltada para exportação, investindo consistentemente, desde meados do século XX, em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias, com foco no seu desenvolvimento industrial (Barteková e Kemp, 2016). Sua liderança ampla no segmento de terras raras advém dos esforços em pesquisa e desenvolvimento associados à indústria (Shen, Moomy e Eggert, 2020).

Com a finalidade de proteger suas reservas de terras raras em crescente disputa mundial e garantir a crescente evolução da demanda de sua indústria, a China declarou as terras raras como "minerais estratégicos e protegidos" (SCIO, 2012), pactuando políticas de proteção especialmente voltadas para as reservas minerais, em conjunto com planos de ação nacionais para a exploração de seus recursos minerais, que envolviam licenciamento das empresas produtoras, políticas de eficiência extrativa e ambiental, transparência comercial das empresas mineradoras e regulações de cotas de exportação (Pothen e Fink, 2015).

Adicionalmente, a política industrial chinesa revela o firme interesse em garantir vantagens competitivas para suas indústrias e controle do comércio destinado à exportação, garantindo preços competitivos no mercado mundial (Shen, Moomy e Eggert, 2020). Estas medidas conduziram a uma disputa entre os Estados Unidos, a União Europeia, o Japão e outros países que – devido às restrições chinesas impostas principalmente para as exportações de elementos de terras raras, tungstênio e molibdênio – apresentaram uma reclamação de violação de conduta na OMC.

O julgamento da disputa por meio do AGTC/OMC foi contrário à China, a qual alegou que suas cotas de exportação seriam justas porque, em essência, buscavam proteger o meio ambiente e a sustentabilidade dos recursos minerais tendo em vista a pressão internacional sobre seus recursos (Pothen e Fink, 2015). Face ao resultado, a China oficialmente aboliu as cotas de exportação em 1º de janeiro de 2015. Entretanto, esta decisão culminou em uma nova fase de políticas regulatórias para os elementos de terras raras na China, que passou a regular sobre as suas práticas domésticas, em vez de incidir sobre o comércio internacional (Shen, Moomy e Eggert, 2020).

A China é uma das maiores importadoras de bens minerais primários e busca estreitar laços comerciais com a indústria extrativa mineral de países detentores desses recursos estratégicos, como é o caso do nióbio no Brasil. Com políticas de agregação de valor focadas na produção de bens minerais semimanufaturados e produtos finais, a China busca garantir o suprimento dos minerais menos disponíveis em seu território pela aquisição de posições em empresas e negócios em várias partes do mundo.

No tocante às relações da China com o Brasil, um exemplo desta dinâmica é o caso dos minérios de nióbio, no qual a estratégia chinesa foi adquirir a empresa Niobras, mineradora e produtora de ferronióbio instalada em Ouvidor, município de Goiás, por meio da empresa China Molybdenum Corporation (CMOC). A seguir, será discutido o desenvolvimento das políticas do setor mineral estadunidense na interface com a questão dos materiais e minerais críticos.

5.2 Estados Unidos

Os Estados Unidos têm uma longa tradição no debate sobre o seu suprimento de matérias-primas, fortemente relacionado com seus interesses militares e de segurança nacional. Em 2018, a sua lista de minerais críticos foi atualizada por ordem do Gabinete da Presidência dos Estados Unidos, tendo sido elaborada por meio de subcomitê específico do National Science and Technology Council – o Subcomitê das Cadeias de Suprimento de Minerais Críticos e Estratégicos –, que utilizou metodologia própria de indicação dos minerais críticos (NSTC, 2018), conforme a definição para "mineral crítico" apresentada na Ordem Executiva nº 13.817:

> mineral (1) identificado como não combustível mineral ou material mineral essencial para a segurança econômica e nacional dos Estados Unidos da América, (2) de uma rede de suprimentos que é vulnerável a ruptura, e (3) que serve como uma função essencial na manufatura de um determinado produto, cuja ausência (...) poderia gerar consequências substanciais para a economia e segurança nacional norte-americana (USA, 2017, tradução nossa).

A USGS, a principal agência de pesquisa geológica dos Estados Unidos, publica o anuário intitulado *Mineral Commodities Summary*, que apresenta um relatório concebido em conjunto com o Departamento de Defesa dos Estados Unidos para estimar a abrangência dos minerais não energéticos nas cadeias produtivas industriais americanas. Além da publicação anual, a USGS também disponibiliza uma base de dados contendo informações da indústria doméstica, programas do governo, tarifas comerciais e aspectos sobre produção, comércio, importação e procedência de minerais críticos e estratégicos para a indústria americana (USGS, 2020a).

Uma parceria entre distintos departamentos do governo dos Estados Unidos tem como foco a elaboração da lista dos minerais críticos para a nação, dos principais produtores e fornecedores, bem como das suas principais aplicações na indústria estadunidense, apresentada no quadro 1.

QUADRO 1

Lista de elementos/minerais críticos para os Estados Unidos

Commodity mineral	Setores						Principal produtor	Principal fornecedor	Principais exemplos de aplicação
	Aeroespacial (não militar)	Defesa	Energia	Telecomunicações e eletrônicos	Transporte (não aéreo)	Outros			
Alumínio	X	X	X	X	X	X	China	Canadá	Aeronaves, linhas de transmissão de energia, ligas leves
Antimônio	–	X	X	X	X	X	China	China	Baterias de chumbo-ácido
Arsênio	–	X	X	X	–	X	China	China	Comunicações (arsenieto de gálio)
Barita	–	–	X	X	–	X	China	China	Fluido de perfuração de petróleo e gás
Berílio	X	X	X	X	–	X	Estados Unidos	Cazaquistão	Comunicações por satélite, metal berílio para indústria aeroespacial
Bismuto	–	X	X	X	–	X	China	China	Produtos farmacêuticos, soldas sem chumbo
Césio e rubídio	X	X	X	X	–	X	Canadá	Canadá	Aplicações médicas, satélites de posicionamento global, dispositivos de visão noturna
Cromo	X	X	X	X	X	X	África do Sul	África do Sul	Motores a jato (superligas), aços inoxidáveis
Cobalto	X	X	X	X	X	X	Congo[1]	Noruega	Motores a jato (superligas), baterias recarregáveis
Flúor	–	–	X	X	–	X	China	México	Produção de alumínio e aço, processamento de urânio
Gálio	X	X	X	X	–	X	China	China	Radar, diodos emissores de luz (*light-emitting diodes* – LEDs), telefones celulares
Germânio	X	X	X	X	–	X	China	China	Dispositivos infravermelhos, fibra óptica
Grafita (natural)	X	X	X	X	X	X	China	China	Baterias recarregáveis, armadura corporal

(Continua)

(Continuação)

Commodity mineral	Setores						Principal produtor	Principal fornecedor	Principais exemplos de aplicação
	Aeroespacial (não militar)	Defesa	Energia	Telecomunicações e eletrônicos	Transporte (não aéreo)	Outros			
Hélio	–	–	–	X	–	X	Estados Unidos	Qatar	Criogenia (imagem por ressonância magnética: *magnetic resonance imaging* – MRI)
Índio	X	X	X	X	–	X	China	Canadá	Monitores de tela plana (óxido de índio-estanho), ligas especiais
Lítio	X	X	X	X	X	X	Austrália	Chile	Baterias recarregáveis, ligas de alumínio-lítio para a indústria aeroespacial
Magnésio	X	X	X	X	X	X	China	China	Segurança de incêndio para indústria aeroespacial
Manganês	X	X	X	X	X	X	China	África do Sul	Produção de alumínio e aço, ligas leves
Nióbio	X	X	X	X	–	X	Brasil	Brasil	Aço de alta resistência para defesa e infraestrutura
Metais do grupo platina[2]	X	–	X	X	X	X	África do Sul	África do Sul	Catalisadores, superligas para motores a jato
Potássio	–	–	X	X	–	X	Canadá	Canadá	Fertilizante agrícola
Elementos terras raras[3]	X	X	X	X	X	X	China	China	Orientação aeroespacial, *lasers*, fibra óptica
Rênio	X	–	X	X	–	X	Chile	Chile	Motores a jato (superligas), catalisadores
Escândio	X	X	X	X	–	X	China	China	Ligas leves, células de combustível
Estrôncio	X	X	X	X	X	X	Espanha	México	Ligas de alumínio, ímãs permanentes, *flares*
Tântalo	X	X	X	X	–	X	Ruanda	China	Capacitores em telefones celulares, motores a jato (superligas)
Telúrio	–	X	X	X	–	X	China	Canadá	Dispositivos infravermelhos (visão noturna), células solares
Estanho	–	X	–	X	–	X	China	Peru	Solda, monitores de tela plana (óxido de índio-estanho)

(Continua)

(Continuação)

Commodity mineral	Setores						Principal produtor	Principal fornecedor	Principais exemplos de aplicação
	Aeroespacial (não militar)	Defesa	Energia	Telecomunicações e eletrônicos	Transporte (não aéreo)	Outros			
Titânio	X	X	X	X	–	X	China	África do Sul	Motores a jato (superligas) e fuselagens (ligas de titânio), aço de alta resistência
Tungstênio	X	X	X	X	–	X	China	China	Ferramentas de corte e perfuração, catalisadores, motores a jato (superligas)
Urânio	X	X	X	–	–	X	Cazaquistão	Canadá	Aplicações nucleares, aplicações médicas
Vanádio	X	X	X	X	–	X	China	África do Sul	Motores a jato (superligas) e fuselagens (ligas de titânio), aço de alta resistência
Zircônio e háfnio	X	X	X	X	–	X	Austrália	China	Revestimento de barreira térmica em motores a jato, aplicações nucleares

Fonte: USGS (2019).

Notas: [1] República Democrática do Congo.

[2] Esta categoria inclui platina, paládio, ródio, rutênio, irídio e ósmio.

[3] Esta categoria inclui o ítrio e os lantanídeos.

Obs.: "X" corresponde ao setor aplicável e "–" corresponde ao setor não aplicável.

As preocupações do governo dos Estados Unidos quanto à perda de sua capacidade produtiva e suas implicações para a segurança nacional e industrial conduziram à elaboração da *Critical Materials Strategy*, em 2010, atualizado recentemente (2019). Esta política se sustenta em três pilares: a diversificação das cadeias de suprimento para administrar o risco de suprimento; direcionamento da pesquisa e desenvolvimento (P&D) para a busca por materiais e tecnologias substitutivas; e investimento em pesquisas de processos de reciclagem, reuso e aproveitamento mais eficiente de minerais críticos (USDE, 2011).

Em 2020, diversas fontes de notícias dos Estados Unidos vêm alertando sobre a posição de dominação da China no mercado global de alguns minerais considerados críticos, principalmente em relação aos elementos de terras raras (ETR). Vem sendo discutida a posição de vulnerabilidade dos mercados norte-americanos (Puko, 2020), uma vez que o país foi quase totalmente dependente

de importações de ETR e seus compostos metálicos em 2019 (Home, 2020), alegando-se que a relevância da China no segmento é uma preocupação global, que ameaça o suprimento global e as indústrias de tecnologia ocidentais (Conway e Ackerman, 2020).

Durante o governo do ex-presidente Donald Trump, foi ratificada a Ordem Executiva 13.953, de 30 setembro de 2020 (USA, 2020), que endereça esforços para conter as ameaças à cadeia doméstica de suprimento de minerais críticos tendo em vista a dependência dos Estados Unidos da importação de múltiplos minerais críticos, em especial os que são atualmente provenientes da China (80% dos ETR importados).

Em 2021, o Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE) elaborou um documento de definição das estratégias para garantir o suprimento consistente de minerais críticos, que visa coordenar esforços para atender diversas ordens executivas. A visão do DOE é restabelecer a competitividade dos Estados Unidos por meio da ciência, tecnologia e engenharia para garantir um suprimento material de minerais críticos (DOE, 2021).

Este documento estratégico apresenta quatro eixos estratégicos: i) estimular a inovação científica e o desenvolvimento de tecnologias para assegurar o suprimento de minerais críticos e sua soberania ante os adversários no mercado global; ii) fomentar o setor privado para a ampliação da extração doméstica de minerais críticos; iii) elaborar um "ecossistema" de longo prazo para mitigar futuras demandas por minerais críticos para cadeias produtivas; e iv) coordenar junto a parceiros e aliados internacionais estratégias para garantir a diversificação das cadeias de suprimento e a adoção de práticas sustentáveis na mineração e processamento de minerais críticos.

Entre as ações estratégicas no documento do DOE (2021), está prevista a imediata atualização do estudo da USGS e Departamento do Interior (USGS, 2017b) sobre as reservas dos Estados Unidos, de forma a prospectar aspectos econômicos, ambientais e geológicos para a garantia futura de suprimentos, que foi ratificada pela Ordem Executiva nº 14.017, de 24 de fevereiro de 2021 (USA, 2021).

Destaca-se também nesse sentido, a iniciativa de articulação visando estabelecer um acordo entre Estados Unidos, Canadá e Austrália sobre a exploração e produção de minerais críticos para o suprimento doméstico, bem como reduzir a dependência desses tradicionais aliados comerciais em relação à China e outros grandes produtores mundiais (USGS, 2020a; 2020b; Canada, 2020).

Na seção seguinte, será apresentada a evolução e abrangência das políticas da União Europeia sobre os minerais críticos.

5.3 União Europeia

A União Europeia se destaca na abrangência das políticas públicas voltadas às matérias-primas críticas, devido ao seu histórico de crescimento e pouca disponibilidade de reservas domésticas de minerais metálicos (EC, 2008). O debate sobre a segurança de suprimento de matérias-primas se iniciou em 1975 e mais recentemente a União Europeia vem promovendo a *raw materials initiative* (EC, 2017), que busca: garantir o acesso a matérias-primas a partir do mercado internacional nas mesmas condições que outros competidores industriais; determinar as condições estruturais adequadas dentro do bloco, no sentido de promover o suprimento de matérias-primas a partir das fontes existentes nos países-membros; e impulsionar a eficiência dos recursos e da reciclagem para reduzir as necessidades de consumo de matérias-primas de fontes primárias, diminuindo também a sua dependência de importações.

A União Europeia disponibiliza um sistema abrangente de informações sobre as matérias-primas, intitulado RMIS (2015). A metodologia de criticalidade da Comissão Europeia envolve tanto matérias-primas críticas bióticas como abióticas, sendo o inventário composto por 78 delas – sem considerar as energéticas ou agriculturais, mas envolvendo os elementos de terras raras leves (*light rare earth elements* – LREE) e pesadas (*heavy rare earth elements* – HREE), bem como elementos do grupo platina (RMIS, 2017). As principais matérias-primas críticas da União Europeia estão apresentadas no quadro 2.

QUADRO 2

Vinte e seis matérias-primas críticas identificadas na lista da Comunidade Europeia (2020)

Antimônio	Háfnio	Fósforo
Barita	Terras raras (pesados)	Escândio
Berílio	Terras raras (leves)	Silício metal
Bismuto	Índio	Tântalo
Borato	Magnésio	Tungstênio
Cobalto	Grafita natural	Vanádio
Carvão	Borracha natural	Bauxita
Fluorita	Nióbio	Lítio
Gálio	Metais do grupo platina	Titânio
Germânio	Fosfato natural	Estrôncio

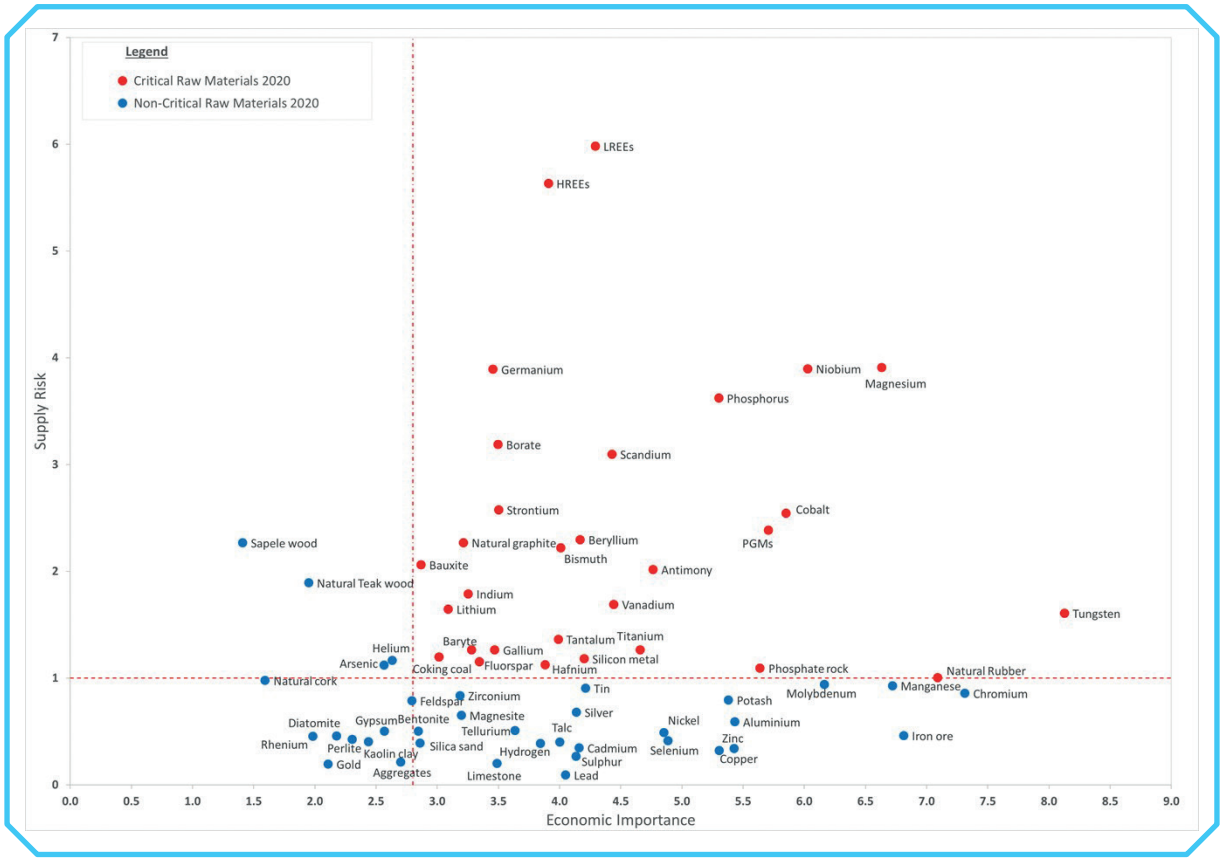
Fonte: EC (2020).

Destaca-se que, entre alguns minerais que compõem a lista da União Europeia de matérias-primas críticas que são considerados com alto risco de suprimento, estão: i) o nióbio, cujas principais fontes se encontram no Brasil; ii) os elementos de terras raras pesados e leves, antimônio, bismuto, tungstênio, magnésio, entre outros provenientes principalmente da China; iii) os metais do grupo da platina, predominantes na África do Sul; e iv) o paládio, cujas maiores reservas em produção estão na Rússia.

No gráfico 4, está representado um estudo sobre a posição relativa das matérias-primas consideradas críticas, segundo os aspectos de risco de suprimento e importância econômica para o bloco europeu, com base em levantamentos sobre as reservas em produção das matérias-primas mundiais e no monitoramento permanente, em nível multidisciplinar, das cadeias produtivas industriais europeias (RMIS, 2017).

GRÁFICO 4

Posição relativa das matérias-primas críticas, segundo o risco de suprimento e importância econômica no ambiente europeu (CRM list 2020)



Fonte: Blengini (2020)

Obs.: Gráfico cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

No gráfico 4, verifica-se uma correlação entre a importância econômica e o risco de suprimento de 73 substâncias minerais, entre as quais, em vermelho, estão destacadas as matérias-primas consideradas críticas. A partir deste inventário, podem ser elencados os diferentes níveis de preocupação e a definição de planos e ações voltados para as matérias-primas com maior prioridade. A União Europeia se destaca internacionalmente, segundo Barteková e Kemp (2016), por basear a *raw materials initiativ*e em três pilares de sustentação.

O primeiro pilar tem como foco o acesso às matérias-primas no mercado mundial, evitando as possíveis distorções de mercado por meio de acordos diplomáticos e políticas de parceria com os interesses econômicos dos países ricos em recursos minerais. O segundo pilar da iniciativa almeja a construção de uma estrutura dentro do bloco para estimular a sustentabilidade das reservas europeias de matérias-primas, por intermédio da pesquisa e investimento em projetos de exploração em determinados países, como Suécia, Finlândia e Dinamarca (para o caso específico da Groenlândia). O terceiro pilar da iniciativa foca a redução do consumo primário de matérias-primas através da eficiência da produção, reciclagem, busca por materiais substitutos e investimento no uso de matérias-primas renováveis (Bobba *et al*., 2018).

A política da Comissão Europeia para a implementação da *economia circular* tem grande ligação com o risco de suprimento e a demanda por materiais considerados críticos, como é o caso do nióbio brasileiro. O Plano de Ação para Economia Circular da Comissão Europeia estabelece as vinculações entre as matérias-primas críticas e as ações previstas não só para uma abordagem eficiente e coerente da política, a partir de bancos de dados atualizados, mas também para a promoção de boas práticas e a identificação de possíveis ações futuras (Bobba *et al*., 2018).

Um estudo de 2020 da IEA (International Energy Agency) aponta que o progresso do setor de energia após a pandemia da covid-19 irá requerer um suprimento confiável de minerais críticos (IEA, 2020). Tendo em vista que, de forma global, o monitoramento dos suprimentos de minerais críticos foi depreciado em virtude da pandemia, este estudo aponta não só a necessidade de dar prioridade a este setor no período pós-pandemia, no qual está previsto um crescimento para as demandas tecnológicas no setor de energias limpas, mas também os desafios geopolíticos envolvidos.

Recentemente, a União Europeia estabeleceu a política intitulada *European Green Deal* (Blengini, 2019; EC, 2019b), que fornece diretrizes para as demais políticas ambientais, incluindo as referentes a matérias-primas. Além disso, foram estabelecidos a nova lista de matérias-primas críticas e os atuais inventários de criticalidade (EC, 2021).

Na seção seguinte será discutida a evolução das políticas e estudos estratégicos brasileiros, que culminaram na recente proposição da primeira lista de bens minerais considerados estratégicos para o Brasil.

5.4 Brasil

O Brasil é um dos produtores líderes no mercado global em relação a uma grande variedade de *commodities* minerais, em especial dos metálicos. O país também conta com estratégias norteadoras para a exploração dos seus recursos minerais e vem apresentando desdobramentos recentes nas políticas, que partiram de dois documentos estratégicos definidos pelo Poder Executivo: o Plano Nacional de Mineração (PNM) 2030 (Brasil, 2011); e a Estratégia Nacional de Ciência e Tecnologia 2016-2022 (MCTIC, 2016). A seguir será apresentada a evolução das políticas e estudos norteadores do País nesta temática até a recente definição da primeira lista de minerais estratégicos do Brasil.

O PNM 2030 objetiva nortear as estratégias das políticas a médio e longo prazo para o setor mineral, citando como alicerces do plano a busca por competitividade, desenvolvimento sustentável e inovação para atender as futuras demandas do mercado global. Neste plano, encontra-se destacada a gestão dos minerais estratégicos, que define este conjunto de bens minerais em três eixos, conforme a seguir descritos.

1) Minerais que o país depende de importação em grande escala, como potássio, fosfato, carvão mineral metalúrgico e aqueles para os quais há possibilidade de aumento da demanda em futuro próximo, como o urânio.
2) Minerais cuja demanda mundial deverá se expandir nas próximas décadas, por causa do uso em produtos de alta tecnologia, a exemplo das terras raras, lítio, tântalo, térbio e cobalto.
3) Minerais em que o Brasil apresenta vantagens competitivas devido as suas reservas naturais, para os quais conquistou liderança internacional, tais como o minério de ferro, o nióbio, manganês e alumínio.

O PNM 2030 (Brasil, 2011) tem como base três diretrizes: i) governança pública eficaz para a promoção do uso dos bens minerais da indústria extrativa nacional; ii) estímulo à agregação de valor aos produtos minerais semimanufaturados e manufaturados; e iii) ampliação do conhecimento científico e de parâmetros para a sustentabilidade do setor mineral. As ações norteadoras sugeridas no documento que abrangem o tema dos minerais estratégicos são as duas, conforme a seguir descritas.

1) Criação de grupos de trabalho para acompanhamento de bens minerais estratégicos, com enfoque para as oportunidades e ameaças do mercado internacional.
2) Articulação interministerial com o setor produtivo para elaboração de programas de longo prazo voltados aos minerais portadores de futuro, objetivando a interação entre Institutos de Ciência e Tecnologia (ICTs) e empresas, assim como para a identificação de nichos competitivos de atuação.

Em relação à articulação interministerial, vem se concretizando esta ação conjunta com o MCTI, no sentido de se atender à proposta do Ministério de Minas e Energia. A ligação entre os ministérios foi iniciada e está retratada no documento *Estratégia Nacional de Ciência e Tecnologia 2016-2020* (Brasil, 2016), no qual duas estratégias foram formuladas, descritas a seguir.

1) Elaboração do plano de ação de ciência, tecnologia e inovação para minerais estratégicos.
2) Fomentar a pesquisa, o desenvolvimento tecnológico e a inovação em minerais estratégicos, visando à produção de produtos finais baseados nesses elementos.

O plano de ação de ciência, tecnologia e inovação para minerais estratégicos (MCTIC, 2018), elaborado pela então Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do MCTIC, contemplou os minerais sugeridos no PNM 2030 e identificou desafios, com a proposição de metas e ações. Neste plano foi dado foco aos elementos de terras raras, minerais de lítio, silício e grafita, nomeados como minerais portadores de futuro; os agrominerais, em face da importância crescente do agronegócio no Brasil; e os minerais nos quais o país atualmente tem vantagens competitivas e liderança no comércio internacional, tais como os de nióbio e de ferro. Entre as sete estratégias de implementação citadas no plano, foi delineada a relevância da cooperação internacional, mencionando-se a manutenção das cooperações existentes com a Alemanha e a União Europeia, bem como se propondo a expansão para outros países (Brasil, 2018, p. 40).

Quanto ao fomento à PD&I, ações concretas também foram implementadas, como, por exemplo, a do programa Inova Mineral, uma iniciativa do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), que abriram um edital conjunto para financiamento da ordem de R$ 1,2 bilhão (aproximadamente € 280 milhões) para planos de negócios de empresas envolvendo instituições de pesquisa e ensino, mediante julgamento da submissão de propostas comprometidas com PD&I no setor mineral brasileiro.

Neste programa (Finep, 2017), entre as prioridades elencadas, encontram-se mencionadas como de "grande interesse" as propostas sobre minerais portadores de futuro, em que foram citados explicitamente os minerais que contêm cobalto, grafita, lítio, metais do grupo da platina, molibdênio, silício (grau solar), tálio, tântalo, terras raras, titânio, vanádio e o nióbio. O Inova Mineral lançou um edital em 2017, tendo aprovado, numa primeira seleção, 24 planos de negócios no valor de R$ 727 milhões, todavia poucos projetos foram exitosos e obtiveram os financiamentos aprovados.

Em 2020, o Ministério de Minas e Energia lançou a publicação intitulada *Programa Mineração e Desenvolvimento 2020/2023* com o objetivo de identificar metas e ações para a aceleração da produção mineral brasileira, em alinhamento com o desenvolvimento sustentável em suas bases sócio-econômico-ambientais. O programa apresenta dez planos e 108 metas, divididas entre os temas: economia mineral, responsabilidade socioeconômica, conhecimento geológico, avanço da mineração em novas áreas, investimento no setor mineral, seleção de ações futuras, governança na mineração, gestão e eficiência, combate às práticas ilícitas e mineração na sociedade (Brasil, 2020a). Observa-se que a questão dos minerais estratégicos e críticos foi contemplada no programa 2020/2023 em apenas uma meta, todavia está indiretamente representada em metas associadas a aspectos geológicos e de pesquisa mineral.

Para além dos documentos norteadores e suas pactuações sinteticamente apresentadas, o Brasil conta com alguns estudos específicos sobre a criticalidade das matérias-primas importantes para a sua economia. Um importante trabalho do Centro de Estudos e Debates Estratégicos (Cedes), encomendado pela Câmara dos Deputados e publicado em 2014, intitulado *Minerais estratégicos e terras-raras*, analisou extensamente a importância de substâncias metálicas, não metálicas e agrominerais. O objetivo desse estudo foi analisar a exploração, o aproveitamento econômico e a cadeia produtiva de minerais e materiais estratégicos para o Brasil, focalizando também aspectos relativos ao desenvolvimento sustentável (Cedes, 2014). Neste trabalho, foi abordada a demanda e a oferta dos seguintes recursos minerais, além de suas características gerais e usos predominantes:

- minerais metálicos não ferrosos – alumínio, cobre, cromo, gálio, índio, lítio, manganês, molibdênio, metais do grupo platina, nióbio, níquel, tântalo, titânio, tungstênio e vanádio;
- minerais e óxidos de terras raras;
- minerais não metálicos – grafita, quartzo e telúrio; e
- agrominerais – fósforo e potássio.

De forma geral, além das características gerais, como o volume e localização das reservas disponíveis e nível de produção à época, algumas particularidades são apresentadas para cada substância analisada. O documento pauta a questão da flutuação dos preços internacionais dos bens minerais, especialmente do grupo dos metálicos, e seus reflexos mundiais quanto aos posicionamentos de países e de empresas. O estudo aborda o nível de importância que a agregação de valor tem para cada substância mineral e para o desenvolvimento de outros setores industriais, para além das etapas da indústria extrativa mineral, tais como: extração, beneficiamento, concentração, refino e separação, o que denota sua importância econômica. Além disso, são delineados

os *players* mundiais que estão na vanguarda do processo de ampliação da aplicação e consumo destes bens minerais, que são considerados no estudo enquanto "estratégicos", fazendo um paralelo com as tecnologias estratégicas, os caminhos para captação de recursos para pesquisa e desenvolvimento e proposta para o delineamento de políticas (Cedes, 2014).

Ainda em relação à publicação do Cedes (2014), está apresentado no estudo uma valoração estratégica qualitativa para os bens minerais acima descritos, avaliados em baixo, médio ou alto. Esta valoração dos minerais, que foram divididos em quatro grupos (metálicos, terras raras, não metálicos e agrominerais), teve por base os seguintes parâmetros de criticalidade: geológica, oferta, demanda, lucratividade e importância para o desenvolvimento sustentável.

A economia circular também é uma questão importante a ser explorada nas políticas públicas direcionadas à discussão sobre os minerais estratégicos, pois tem consequências sobre a demanda por matérias-primas. Ademais, a produção mineral brasileira pode sofrer consequências negativas em suas projeções, levando-se em consideração que qualquer projeto de engenharia mineral trabalha com fluxos de caixa para dezenas de anos. Nesta temática, o estudo desenvolvido pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), intitulado *Economia circular: oportunidades e desafios para a indústria brasileira* (CNI, 2018), apresenta modelos de negócios e aspectos facilitadores para estimular a adoção da economia circular na indústria brasileira. Certamente estes estudos apresentados foram marcantes para o avanço recente nas políticas públicas brasileiras na temática dos recursos minerais estratégicos para o Brasil, que serão discutidas a seguir em subseção específica.

6 OS MINERAIS ESTRATÉGICOS DO BRASIL

Nesta seção faremos uma abordagem do conceito utilizado no Brasil de minerais estratégicos. Recentemente o Brasil, por meio da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral do MME (Brasil, 2021c), publicou oficialmente sua primeira lista de minerais estratégicos para o Brasil, dando continuidade às pactuações previamente apresentadas (Brasil, 2011; Brasil, 2016). Tendo por base a Resolução CPPI nº 126 (Brasil, 2020b), do Conselho do Programa de Parceria de Investimentos (CPPI), que sugere ações para a continuidade e ampliação do Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos (CTAPME) e do programa Pró-minerais estratégicos.

Em 24 de março de 2021, mediante o decreto nº 10.657 (Brasil, 2021a), foi instituído o programa Pró-minerais estratégicos, por meio da qualificação dos critérios e respectivos formulários para a análise dos projetos minerários que atendem a definição da política de apoio ao licenciamento ambiental de projetos de investimentos para a produção de minerais estratégicos.

Na continuidade deste processo e inventário para avaliação de projetos, foram promulgadas duas resoluções. A Resolução nº 1, de 18 de junho de 21 (Brasil, 2021b), que dispõe sobre o funcionamento e composição do CTAPME, e a Resolução nº 2, de mesma data (Brasil, 2021c), que definiu a relação de minerais estratégicos para o Brasil, segundo os critérios estabelecidos no art. 2º do Decreto nº 10.657 (Brasil, 2021a). Por meio da Resolução nº 2, adotou-se um entendimento abrangente de minério para além de meramente o material composto por substâncias minerais; incluindo, para cada tipo de minério, os componentes minerais principais ou mais típicos em termos de seu aproveitamento econômico, a importância de sua aplicação em produtos ou processos de alta tecnologia, e, por fim, também abrange novos minerais, incluídos com base nos projetos encaminhados ao comitê mediante critérios adotados no Decreto nº 10.657 (Brasil, 2021a).

Com base nestes importantes avanços nas políticas nacionais, a Resolução nº 2 elencou os minerais estratégicos para o Brasil, com base nas três categorias, previamente apresentadas na seção 5.4, originalmente definidas no PNM (Brasil, 2011) e pactuadas no Decreto nº 10.657 (Brasil, 2021a). Cabe também mencionar que, no referido decreto, institui-se a política de apoio ao licenciamento ambiental de projetos de investimentos para a produção de minerais estratégicos – Pró-minerais estratégicos.

No quadro 3 consta a referida lista de minerais estratégicos brasileiros definidas pelo CTAPME, apresentados na Resolução nº 2 (Brasil, 2021c).

QUADRO 3

As três categorias de minerais estratégicos para o Brasil

Bens minerais que o país depende de seu suprimento para setores econômicos vitais			
Enxofre	Fosfato	Potássio	Molibdênio
Bens minerais importantes por sua aplicação em produtos e processos de alta tecnologia			
Cobalto	Cobre	Estanho	Grafita
Metais do Grupo Platina	Lítio	Nióbio	Níquel
Silício	Tálio	Tântalo	Terras raras
Titânio	Tungstênio	Urânio	Vanádio
Bens minerais que o país detém vantagens competitivas e essenciais para a economia			
Alumínio	Cobre	Ferro	Grafita
Ouro	Manganês	Nióbio	Urânio

Fonte: Brasil (2021c).
Elaboração dos autores.

Embora o Brasil tenha uma posição de destaque como produtor de bens minerais, o país apresenta grande dependência por fontes externas para quatro minerais estratégicos que estão associados com fertilizantes agroindustriais e da indústria química: fosfato, potássio, enxofre e molibdênio. A produção interna não consegue suprir a demanda ocasionando uma dependência de importação de aproximadamente 81% de todo o consumo interno (Brasil, 2020c). A guerra entre Rússia e Ucrânia a partir de fevereiro de 2022 acendeu um alerta global quanto ao fornecimento de potássio e outros insumos minerais, o que já acarretou elevação dos preços no mercado internacional e redução da oferta (Morais, 2022). Os riscos não foram devidamente avaliados a tempo pelo Brasil e agora o Conselho Nacional de Fertilizantes e Nutrição de Plantas, responsável pela elaboração do Plano Nacional de Fertilizantes 2022-2050 (PNF), vêm buscando estratégias, alternativas de suprimento no exterior e o direcionamento de investimentos para elevar a produção interna numa corrida contra o tempo.

Entende-se, por meio do conteúdo dos documentos citados, que a prioridade estabelecida pelo grupo interministerial é o suprimento de minerais estratégicos a partir de novos empreendimentos a serem fomentados por mecanismos de facilitação administrativa e burocrática, em especial o licenciamento ambiental com o objetivo de abertura de novas áreas de exploração mineral.

6.1 O caso do nióbio brasileiro

Por fim, merece ser brevemente mencionado o estudo de caso do nióbio brasileiro, realizado pelo Cetem/MCTI e parceiros europeus (Peiter *et al*., 2020), abordando essa cadeia produtiva, que representa um exemplo de matéria-prima crítica para o mundo e estratégica para o Brasil, e permite perceber a estratégia de cada país ou blocos em relação as suas necessidades.

O Brasil tem uma posição destacada quanto a reservas em produção de minérios contendo nióbio, tais como o pirocloro e columbita-tantalita. O país também é o principal beneficiador, fabricante e exportador mundial de produtos intermediários contendo nióbio, em especial de ligas metálicas destinadas à siderurgia, com destaque para a liga ferronióbio.

Outros semimanufaturados de nióbio são: i) óxidos de nióbio, em dispositivos óticos e eletrônicos; ii) a liga níquel-nióbio, destinada a ligas especiais (superligas) para turbinas de aviões, equipamentos de defesa e aços inoxidáveis; iii) o nióbio metálico, para ligas supercondutoras utilizadas em equipamentos de diagnóstico do tipo ressonância magnética nuclear; e iv) outros produtos químicos com aplicações em catalisadores. Embora estes semimanufaturados sejam de maior valor agregado, as quantidades utilizadas de nióbio são muito reduzidas, bem como os valores totais auferidos no mercado destes insumos intermediários.

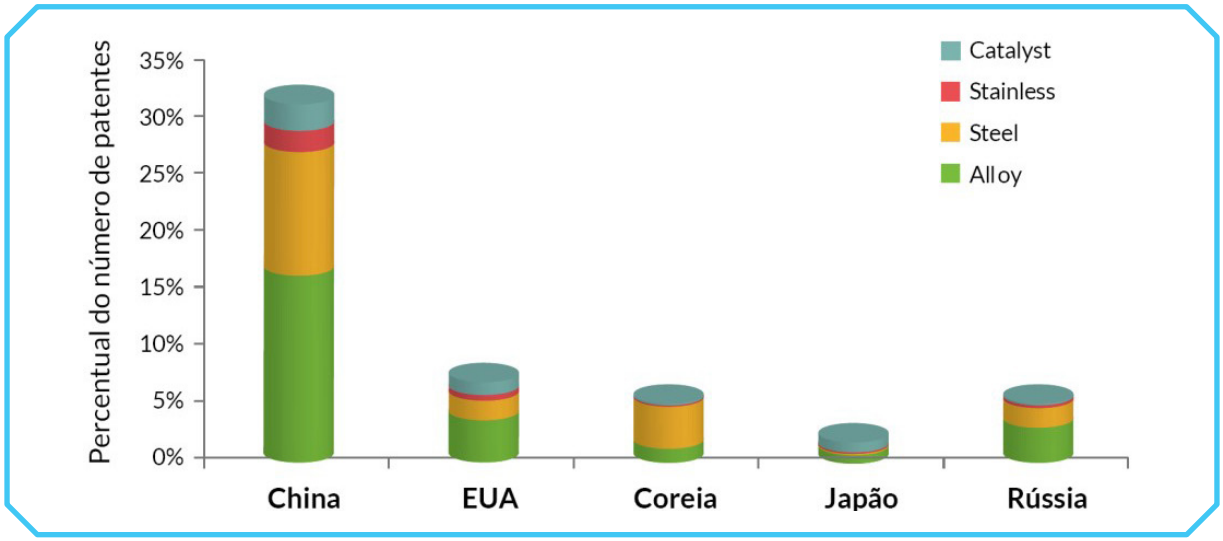
Cabe destacar que se observa um importante investimento em várias nações no segmento de inovações de produtos e/ou processos em que o nióbio é componente essencial, ou mesmo subsidiário, para obter propriedades e características inovadoras ou para reduzir custos de produção. No caso brasileiro, a empresa CBMM atualmente participa em consórcios de pesquisa internacionais que podem abrir mercados muito interessantes, alguns com empresas chinesas de metalurgia (CBMM, 2019; Ribeiro e Maia, 2011), bem como com japonesas, o que ocorre no caso de baterias para veículos elétricos e outras aplicações (CBMM, 2018).

No estudo realizado pelo Cetem/MCTI e parceiros da União Europeia (Peiter *et al*., 2020), revelou-se que a China está à frente na pesquisa e na inovação no que se refere a nióbio, considerando-se a produção de artigos científicos e de pedidos de patente. Os gráficos 5 e 6 indicam a liderança da China nas inovações em vários campos de aplicação do nióbio. A pesquisa por inovações realizada no Brasil ainda detém pouca participação nesse cenário.

GRÁFICO 5

Patentes do requisitante relacionadas a aços inox, aços, ligas e catalisadores, por país de origem (2013-2017)

(Em %)



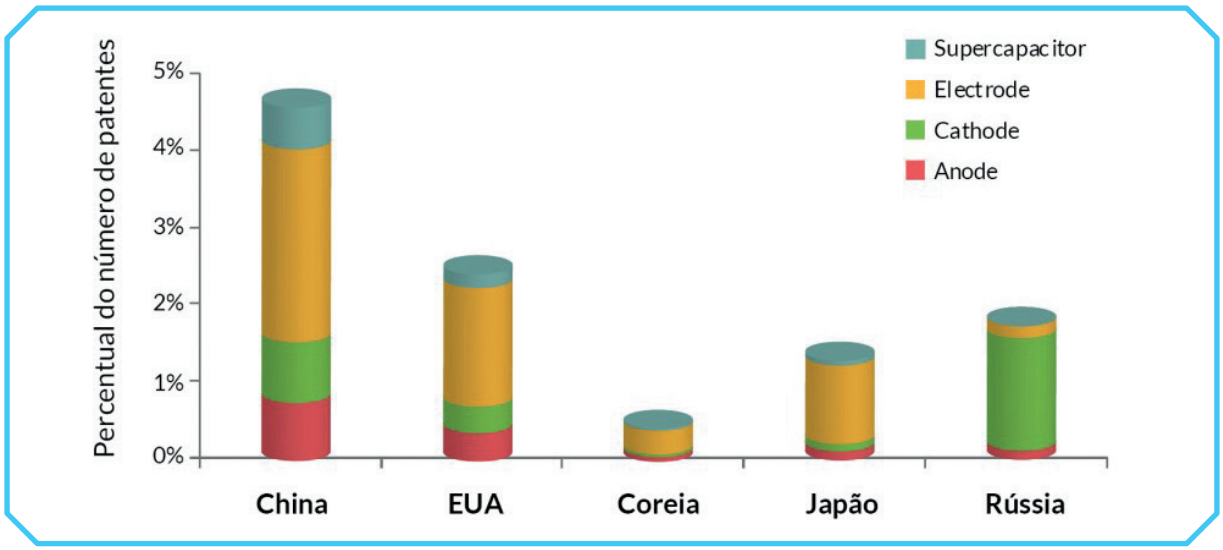
Fonte: Peiter *et al*. (2020).

Obs.: Gráfico cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

GRÁFICO 6

Patentes do requisitante relacionadas a especialidades e dispositivos portadores de nióbio, por país de origem (2013-2017)

(Em %)



Fonte: Peiter *et al*. (2020).

Obs.: Gráfico cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

7 CONCLUSÕES

A geopolítica das matérias-primas vem se reformulando rapidamente diante do cenário de disputas comerciais e por liderança econômica, acirradas pela necessidade de garantia de suprimentos, que se vê ameaçada pela concentração da produção e comercialização de insumos primários e intermediários em países dotados das maiores reservas minerais.

Nesse cenário, as recentes políticas nacionais da China, Estados Unidos, União Europeia e Brasil podem ser sinteticamente descritas, levando-se em consideração algumas características descritas a seguir.

- Na União Europeia, destacam-se a abrangência de seus estudos e a abordagem do tema mediante relações diplomáticas mais amplas, como o estímulo à pesquisa e inovação, principalmente associadas com aspectos de economia circular, em particular o reuso e/ou recuperação de matérias-primas críticas.

- Os Estados Unidos, que a partir de levantamentos de suas capacidades e demandas industriais, bem como das reservas mundiais em produção, vêm focalizando a redução de sua vulnerabilidade e dependência por minerais críticos importados.

- Na China, verifica-se uma política protecionista de suas reservas minerais, sobre algumas das quais detém grande vantagem competitiva, priorizando uma estratégia de fortalecimento de sua economia com base na agregação de valor, por meio da inovação, aos produtos que destina à exportação.

- No Brasil, importante fornecedor mundial de *commodities*, foi apresentada recentemente sua primeira lista de minerais estratégicos, voltada à abertura de novas de áreas de produção mineral interna, a partir da qual se abre a perspectiva de ampliação dos estudos visando à definição sobre a criticalidade dos seus minerais.

A consolidação da primeira lista de matérias-primas brasileiras, elaborada pelo Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos, foi um avanço importante, ainda muito abrangente, pois englobou parte significa da pauta de exportação mineral brasileira, principalmente em virtude da inclusão do minério de ferro na lista supracitada; necessitando assim de futuros ajustes e refinamentos quando for efetuada a implementação de políticas mais específicas. Ademais não foram vinculadas outras iniciativas de promoção de suprimento de matérias-primas, tais como as políticas de recuperação de materiais a partir de descartes e sucatas domésticas ou industriais, tampouco menciona as possibilidades de alternativas de aprimoramento e otimização de uso de matérias-primas por meio de políticas direcionadas à economia circular.

Deste modo, considerando o cenário geopolítico das matérias-primas consideradas críticas, torna-se importante a ampliação de estudos de caso específicos para as matérias-primas estratégicas do Brasil, aprofundando para cada substância e suas cadeias produtivas, como os realizados pela União Europeia e Estados Unidos, estabelecendo assim uma base para o planejamento estratégico de longo prazo, tanto do setor extrativo como do setor de transformação mineral e da indústria brasileira.

REFERÊNCIAS

ANM – AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. **Sumário mineral 2017**. Brasília: ANM, 2019.

_____. **Anuário mineral brasileiro 2019**: principais substâncias metálicas – ano base 2018. Brasília: ANM, 2020.

BARTEKOVÁ, E.; KEMP, R. **Critical raw material strategies in different world regions**. Maastricht: Unu-Merit, 2016. Disponível em: <https://bit.ly/3pWKzeU>. Acesso em: 22 jan. 2019.

BGS – BRITISH GEOLOGICAL SURVEY. **Critical raw materials**. Nottingham: BGS, 2017. Disponível em: <https://bit.ly/3MKYw9B>. Acesso em: 11 mai. 2020.

BLENGINI, G. A. *et al*. **Recovery of critical and other raw materials from mining waste and landfills**. Luxembourg: JRC, 2019.

_____. **Study on the EU's list of Critical Raw Materials (2020)**: final report. Luxembourg: EC, 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3tSBKUq>. Acesso em: 20 nov. 2020.

BOBBA, S. *et al*. **Report on critical raw materials and the circular economy**. Luxembourg: EU, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/3pYvYj4>. Acesso em: 27 ago. 2020.

BOBBA, S. *et al*. **Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sector in the EU**: a foresight study. Luxembourg: EC, 2020.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano nacional de mineração 2030**. Brasília: MME, 2011.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Estratégia nacional de ciência tecnologia e inovação 2016/2022**. Brasília: MCTIC, 2016. 136 p.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Plano de ciência, tecnologia e inovação para minerais estratégicos**: 2018-2022. Brasília: MCTIC, 2018. 48 p.

_____. **Programa mineração e desenvolvimento**: plano de metas e ações 2020/2023. Brasília: MME, 2020a.

_____. Resolução CPPI nº 126. Opina pela criação e qualificação da Política de Apoio ao Licenciamento Ambiental de Projetos de Investimentos para a Produção de Minerais Estratégicos – "Pró-Minerais Estratégicos", no âmbito do Programa de Parcerias de Investimentos – PPI. **Diário Oficial**, Brasília, p. 14, 10 jun. 2020b.

_____. Ministério de Minas e Energia. **Anuário Estatístico 2020** – Setor de Transformação de Não Metálicos. Brasília: SGM-MME, 2020c.

_____. Decreto nº 10.657, de 24 de março de 2021. Institui a Política de Apoio ao Licenciamento Ambiental de Projetos de Investimentos para a Produção de Minerais Estratégicos – Pró-Minerais Estratégicos, dispõe sobre sua qualificação no âmbito do Programa de Parcerias de Investimentos da Presidência da República e institui o Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos. **Diário Oficial**, Brasília, p. 3, 25 mar. 2021a. Seção 1.

_____. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Resolução nº 1, de 18 de junho de 2021. Dispõe sobre o funcionamento do Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos (CTAPME) e sobre a habilitação de projetos de investimento na Política Pró-Minerais Estratégicos. **Diário Oficial**, Brasília, p. 103, 22 jun. 2021b. Seção 1.

_____. Resolução nº 2, de 18 de junho de 2021. Define a relação de minerais estratégicos para o País, de acordo com os critérios de que trata o art. 2º do Decreto nº 10.657, de 24 de março de 2021. **Diário Oficial**, Brasília, p. 103, 22 jun. 2021c.

CANADA. Government of Canada. Canada and U.S. finalize joint Action Plan on Critical Minerals Collaboration. **Natural Resources Canada**, 9 Jan. 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3CxERVT>. Acesso em: 5 ago. 2021.

CASTRO, F. C.; PEITER, C. C.; GÓES, G. G. Minerais estratégicos e as relações entre Brasil e China. **Revista Tempo do Mundo**, n. 24, p. 349-378, dez. 2020.

CBMM – COMPANHIA BRASILEIRA DE METALURGIA E MINERAÇÃO. **Relatório de sustentabilidade 2018**. Araxá: CBMM, 2018.

_____. **Nossa história**. Araxá: CBMM, 2019. Disponível em: <https://bit.ly/3CxVRey>. Acesso em: 20 nov. 2020.

CEDES – CENTRO DE ESTUDOS E DEBATES ESTRATÉGICOS. **Minerais estratégicos e terras-raras**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2014. 241 p. (Série Estudos Estratégicos, n. 3).

CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Economia circular**: oportunidades e desafios para a indústria brasileira. Brasília: CNI, 2018.

CONWAY, J.; ACKERMAN, P. The world must counter China's dominance of rare earths. **Financial Times**, 20 out. 2020.

CUELLAR, H. Interesses estratégicos em energia e matérias-primas: gás e petróleo, urânio e nióbio. **Revista Brasileira de Inteligência**, Brasília, n. 8, set. 2013.

DOE – UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY. **Critical minerals and materials**: U.S. department of energy's strategy to support domestic critical mineral and material supply chains (FY 2021-FY 2031). Washington: DOE, 2021.

EC – EUROPEAN COMMISSION. **The raw materials initiative-meeting our critical needs for growth and jobs in Europe**. Brussels: EC, 2008.

_____. **Policy and strategy for raw materials**. Brussels: EC, 2017. Disponível em: <https://bit.ly/3MKsbzu>. Acesso em: 30 mar. 2019.

_____. **The European Green Deal**. Brussels: EC, 2019. (Communication, COM(2019)640).

_____. **3rd Raw Materials Scoreboard**: European innovation partnership on raw materials. Luxembourg: EC, 2021.

FINEP – FINANCIADORA DE INOVAÇÃO E PESQUISA. **Inova Mineral**: Plano de desenvolvimento, sustentabilidade e inovação no Setor de Mineração e Transformação Mineral. Rio de Janeiro: Finep, 2017. Disponível em: <https://bit.ly/36b1y6e>. Acesso em: 23 jan. 2019.

FORTIER, S. M. *et al*. **Draft critical mineral list** – Summary of methodology and background information. Reston: USGS, 2019.

HAXEL, G. B.; HEDRICK, J. B.; ORRIS, G. J. **Rare earth elements**: critical resources for high technology. Reston: USGS, 2002. Disponível em: <https://on.doi.gov/3KFX9qT>. Acesso em: 10 ago. 2020.

HOME, A. U.S. finds its Chinese rare earth dependency hard to break. **Reuters**, 28 jul. 2020. Disponível em: <https://reut.rs/3HXXC5W>.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Clean Energy progress after the covid-19 crisis will need reliable supplies of critical minerals**. Paris: IEA, 6 mar. 2020.

IPCC – INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Global Warming of 1.5 °C**. Geneva: IPCC, 2019. Disponível em: <https://bit.ly/3q16Lo3>. Acesso em: 20 jul. 2021.

IRTC – INTERNATIONAL ROUND TABLE ON MATERIALS CRITICALITY. **Material criticality**: an overview for decision-makers. Bern: IRTC, 2020.

MACHADO, I. A mineração e a globalização. *In*: CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL. **Tendências tecnológicas Brasil 2015**: geociências e tecnologia mineral. Rio de Janeiro: Cetem/MCT, 2007. p. 211-225.

_____. A demanda mundial de minerais críticos. **Brasil Mineral**, São Paulo, ano 28, n. 306, p. 58-75, 2011.

MANCHERI, N.; SUNDARESAN, L.; CHANDRASHEKAR, S. **Dominating the world**: China and the rare earth industry. Bangalore: Nias, 2013. Disponível em: <https://bit.ly/3i0Bv4o>. Acesso em: 10 ago. 2020.

MORAIS, J. Com impacto no mercado de fertilizantes, Guerra na Ucrânia motiva debate sobre pesquisas geológicas de potássio. **SGB/CPRM Notícias**, 4 mar. 2022. Disponível em: <https://bit.ly/3FUqGfd>. Acesso em: 5 abr. 2022.

NAKANO, J. **The geopolictics of critical minerals supply chains**. Washington: CSIS, Mar. 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3MKHmZo>. Acesso em: 8 jul. 2021.

NSTC – NATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY COUNCIL. **Assessment of critical minerals**: updated application of screening methodology. Washington: NSTC, Feb. 2018. Disponível em: <https://bit.ly/3pYFNgJ>. Acesso em: 22 jan. 2019.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Adoção do Acordo de Paris**. Paris: ONU, 2015. Disponível em: <https://bit.ly/3tTgZI6>. Acesso em: 20 jul. 2021.

PEITER, C. C. *et al*. Estudo das cadeias produtivas dos materiais críticos: oportunidades e ameaças da economia circular – Relatório Técnico Final. **Diálogos Setoriais União Europeia - Brasil**, jun. 2020.

POTHEN, F.; FINK, K. **A political economy of China's export restrictions on Rare Earth Elements**. Mannheim: ZEW, 2015. (Discussion Paper, n. 15-025).

PUKO, T. U.S. is vulnerable to China's dominance in rare earths, report finds. **The Wall Street Journal**, 29 jun. 2020.

RIBEIRO, I.; MAIA, V. CBMM confirma venda de 15% de seu capital para chineses. **Valor Econômico**, 1 set. 2011. Disponível em: <https://glo.bo/3MMUiOO>. Acesso em: 25 nov. 2020.

RMIS – RAW MATERIALS INFORMATION SYSTEM. **Context**. Varese: RMIS, 2015. Disponível em: <https://bit.ly/3MCzrxv>. Acesso em: 20 jan. 2019.

_____. **What the JRC does**. Varese: RMIS, 2017. Disponível em: <https://bit.ly/3vVFZkV>. Acesso em: 20 jan. 2019.

ROLLAND, S. E. China-Raw Materials: WTO rules on Chinese Natural Resources export dispute. **Insights**, v. 16, n. 21, jun. 2012. Disponível em: <https://bit.ly/3I6Nec5>. Acesso em: 2 May 2020.

SCIO – STATE COUNCIL INFORMATION OFFICE. **Situation and policies of China's rare earth industries**. Beijing: SCIO-China, June 2012. Disponível em: <https://bit.ly/3q0jWpr>. Acesso em: 20 ago. 2020.

SHEN, Y.; MOOMY, R.; EGGERT, R. G. China's public policies toward rare earths, 1975-2018. **Mineral Economics**, v. 33, p. 127-151, 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3vYliok>. Acesso em: 10 ago. 2020.

UREN, D. A quest for global dominance: China's appetite for rare earths. **The strategist**, 31 Oct. 2019. Disponível em: <https://bit.ly/3pUcDPN>. Acesso em: 12 ago. 2020.

USDE – UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY. **Critical materials strategy**. Washington: DOE, Dec. 2011. Disponível em: <https://bit.ly/3w07EB3>. Acesso em: 13 ago. 2020.

USGS – UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Mineral commodity summaries** – rare earths. Reston: USGS, 2015. Disponível em: <https://on.doi.gov/3MEGzJP>. Acesso em: 10 ago. 2020.

_____. **Use of raw materials in the United States from 1900 through 2014**. Reston: USGS, 2017a. Disponível em: <https://bit.ly/3J4w7ZS>. Acesso em: 20 abr. 2020.

_____. **Critical mineral resources of the United States** – Economic and environmental geology and prospects for future supply. Reston: USGS, 2017b. (Professional Paper, n. 1802).

_____. **Mineral commodity summaries 2019**. Reston: USGS; USDI, 2019.

_____. **Mineral commodity summaries**. Reston: USGS, 2020a. Disponível em: <https://on.doi.gov/37hHz69>. Acesso em: 2 ago. 2020.

_____. Department of the Interior. **Critical Cooperation**: how Australia, Canada and the United States are working together to support critical mineral discovery. Reston: USGS, 16 Oct. 2020b. Disponível em: <https://on.doi.gov/3CDlHy0>. Acesso em: 10 ago. 2021.

UNITED STATES OF AMERICA. White House. **A federal strategy to ensure secure and reliable supplies of critical minerals**. Washington: White House, 26 Dec. 2017. (Executive Order, n. 13817). Disponível em: <https://bit.ly/3PrBghV>. Acesso em: 31 Mar. 2022.

_____. White House. **Addressing the threat to the domestic supply chain from reliance on critical minerals from foreign adversaries and supporting the domestic mining and processing industries**. Washington: White House, 30 Sept. 2020. (Executive Order, n. 13953).

_____. White House. **Executive order on America's supply chains**. Washington: White House, 24 Feb. 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3t65PRs>. Acesso em: 2 ago. 2021.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

DELOITTE SUSTAINABILITY *et al*. **Study on the review of the list of critical raw materials**. Bruxelas: EU publications, June 2017. Disponível em: <https://bit.ly/3J7loOj>. Acesso em: 28 jun. 2019.

EC – EUROPEAN COMMISSION. **Critical raw materials**: internal market, industry, entrepreneurship and SMEs. Brussels: EC, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/3hXLUxy>. Acesso em: 10 maio 2020.

_____. **Resiliência em matérias-primas essenciais**: o caminho a seguir para mais segurança e sustentabilidade. Bruxelas: EC, 3 set. 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3pZGN4e>. Acesso em: 8 ago. 2021.

MONGÓLIA. Baotou Development Zone. **Rare earth**: an introduction – Baotou national rare earth hi-tech industrial development zone. Baotou: Baotou Development Zone, 2015. Disponível em: <https://bit.ly/3vWQTqz>. Acesso em: 11 ago. 2020.

USGS – UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY; GEOSCIENCE AUSTRALIA; GSC – GEOLOGICAL SURVEY OF CANADA. **International geoscience collaboration to support critical mineral discovery**. Reston: USGS, Jul. 2020. Disponível em: <https://on.doi.gov/3hWVbpL>. Acesso em: 5 ago. 2021.

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

EDITORIAL

Chefe do Editorial
Aeromilson Trajano de Mesquita

Assistentes da Chefia
Rafael Augusto Ferreira Cardoso
Samuel Elias de Souza

Supervisão
Camilla de Miranda Mariath Gomes
Everson da Silva Moura

Revisão
Alice Souza Lopes
Amanda Ramos Marques
Ana Clara Escórcio Xavier
Clícia Silveira Rodrigues
Idalina Barbara de Castro
Olavo Mesquita de Carvalho
Regina Marta de Aguiar
Reginaldo da Silva Domingos
Brena Rolim Peixoto da Silva (estagiária)
Nayane Santos Rodrigues (estagiária)

Editoração
Anderson Silva Reis
Cristiano Ferreira de Araújo
Danielle de Oliveira Ayres
Danilo Leite de Macedo Tavares
Leonardo Hideki Higa

Capa
Aline Cristine Torres da Silva Martins

Projeto Gráfico
Aline Cristine Torres da Silva Martins

The manuscripts in languages other than Portuguese published herein have not been proofread.

Logotipo/slogan de governo removido em observancia ao disposto no art. 40 da Lei n 9.504/1997

Missão do Ipea

Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria ao Estado nas suas decisões estratégicas.

ISSN 1415-4765

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

MINISTÉRIO DA ECONOMIA