

TERRAS-RARAS E NIÓBIO NO
BRASIL: MINERAIS CRÍTICOS E
ELEMENTOS ESSENCIAIS PARA A
TRANSIÇÃO ENERGÉTICA



ibase

INSTITUTO BRASILEIRO
DE ANÁLISES SOCIAIS
E ECONÔMICAS

AGOSTO DE 2021

Júlio Holanda¹

Introdução

Em 2015, foi aprovado o [Acordo de Paris](#) (ORGANIZAÇÕES DAS NAÇÕES UNIDAS, 2015), documento que busca elencar uma série de compromissos com o objetivo de limitar o aumento da temperatura global a 2,0°C e, preferencialmente, até 1,5°C acima dos níveis pré-industriais. Essa é a medida estabelecida pelos cientistas do clima como o limite de aumento da temperatura global considerado seguro para a manutenção dos sistemas biológicos (MASSON-DELMOTTE *et al.*, 2019).

Para alcançar essa meta, segundo o [Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas \(IPCC\)](#), o mundo tem que reduzir as emissões pela metade até 2030 e ser neutro em carbono por volta de 2050. Isso dependeria de um corte sem precedente nas emissões de CO2 provenientes da queima de combustíveis fósseis, redução significativa dos demais gases em todos os setores econômicos e investimentos em fontes renováveis, principalmente, energia eólica e solar.

Contudo, esse cenário de transição energética tende a aumentar a demanda por novos minerais, considerados críticos e estratégicos (ver quadro abaixo), para viabilizar a produção de equipamentos de alta tecnologia como baterias, painéis solares, aerogeradores, carros elétricos e outros produtos. Segundo estudo da Agência Internacional de Energia (IEA), um carro elétrico requer, em média, seis vezes mais insumos minerais em comparação a um carro convencional, e uma usina eólica *onshore* requer nove vezes mais recursos minerais do que uma usina de energia a gás (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2021).

Quadro 1 – Minerais críticos necessários para tecnologias verdes

	co br e	co bal t o	ní qu el	lítio	terra s- raras	cro m o	zinc o	platin a	alumí ni o	nió bi o
Solar PV*	+++	+	+	+	+	+	+	+	+++	+
Eólica	+++	+	++	+	+++	++	+++	+	++	++

¹ Júlio César Holanda Araújo é biólogo e mestre em Planejamento Urbano e Regional pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (IPPUR/UFRJ) desde 2015. Tem experiência na área de Ecologia Política, com ênfase em aspectos sociais e ambientais do planejamento, atuando, principalmente, nos seguintes temas: energia eólica, energias alternativas, conflitos socioambientais e mudanças climáticas.

Hidráulica	++	+	+	+	+	++	++	+	++	+
Solar CSP**	++	+	++	+	+	+++	++	+	+++	+
Bioenergia	+++	+	+	+	+	+	++	+	++	+
Geotérmica	+	+	+++	+	+	+++	+	+	+	+
Nuclear	++	+	++	+	+	++	+	+	+	+
Rede elétrica	+++	+	+	+	+	+	+	+	+++	+
Baterias	+++	+++	+++	+++	+++	+	+	+	+++	+++
Hidrogênio	+	+	+++	++	++	+	+	+++	++	+

Fonte: elaboração própria com dados de INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2021.

Nota: os sinais indicam a importância relativa dos minerais para uma tecnologia verde em particular (+++ = alta; ++ = moderada; + = baixa), com destaque em negrito para terras-raras, que serão tratadas neste artigo, assim como nióbio, que não estava nos dados da IEA, mas foram incluídos como valores estimados a partir de outras referências.

*Solar PV – Energia solar fotovoltaica; **Solar CSP – Energia solar concentrada.

O presente artigo se insere em uma iniciativa mais ampla da Rede Latino-americana sobre Indústrias Extrativas (RLIE) que tem como objetivo analisar a demanda por esses novos minerais na região a partir da situação do mercado mundial, das perspectivas do mineral na transição energética, das reservas provadas, do nível de desenvolvimento tecnológico alcançado, dos investimentos aplicados, da situação regulatória e dos possíveis impactos territoriais. O caso brasileiro traz uma investigação sobre dois minérios de interesse para a indústria de energias renováveis, terras-raras e nióbio. Apesar de, muitas vezes, serem confundidos e, frequentemente, serem encontrados associados na natureza, serão tratados separadamente nas próximas seções para facilitar a compreensão.

1. TERRAS-RARAS

1.1 Breve descrição e contexto internacional

Terras-raras (TR) não são nem “terras” e muito menos “raras”. Ao contrário, atualmente, as reservas são abundantes e alguns elementos são mais comuns na crosta terrestre do que o cobre ou o chumbo, por exemplo. Porém, TR têm pouca tendência a se concentrarem em depósitos de minério exploráveis, conseqüentemente, a maior parte do suprimento mundial vem de um número limitado de fontes. Essa terminologia se refere a um conjunto de 15 elementos químicos do grupo dos lantanídeos (de lantânio (La), de número atômico 57, a lutécio (Lu), de número atômico 71), mais escândio (Sc, Z = 21) e ítrio (Y, Z = 39).

Esse equívoco na nomenclatura se deve ao fato de, ao longo dos séculos XVIII e XIX, tais elementos terem sido reconhecidos na forma de seus óxidos, que se assemelham aos materiais conhecidos como terras. Já o termo “raras” está associado ao fato de tais elementos terem sido inicialmente encontrados apenas em alguns minerais na Suécia, além de sua separação ser consideravelmente complexa e, muitas vezes, os elementos aparecerem combinados (SOUSA FILHO; SERRA, 2014).

O primeiro registro histórico de TR aconteceu em 1751, quando o sueco Axel Frederik Cronstedt descobriu um novo mineral, chamado de cerita. Contudo, a grande dificuldade de separação dos lantanídeos para que se obtenham os elementos individuais e os compostos puros, decorrente de sua alta similaridade química, com diferenças muito pequenas entre si em relação à solubilidade de seus compostos ou à formação de complexos, fez TR, até o início da década de 1950, serem praticamente desconhecidas.

Inicialmente, as principais aplicações de TR consistiam na fabricação de mantas para lampiões a gás (nitrato de tório e cério), por volta de 1885, e na produção de pedras para isqueiros, em 1903. Com o desenvolvimento tecnológico, suas propriedades tornaram-se mais conhecidas e terras-raras passaram a ganhar novos usos. Hoje em dia, o universo de suas aplicações é muito abrangente, sendo os usos mais comuns: ímãs permanentes, circuitos eletroeletrônicos, catalisadores de gases de escapamento, equipamentos de *laser*, telefones celulares, corantes em vidros e cerâmicas, lentes de alta refração e ligas metálicas (SOUSA FILHO; SERRA, 2014).

As principais indústrias consumidoras diretas de produtos de terras-raras são as fabricantes de catalisadores, vidros e cerâmicas; as consumidoras indiretas são as fabricantes de motores e turbinas eólicas. O interesse em aplicar TR na investigação das propriedades e das funções de sistemas bioquímicos e na determinação de substâncias biologicamente ativas tem aumentado, como em agentes de contraste em diagnóstico não invasivo de patologias em tecidos por imagem de ressonância magnética (MARTINS; ISOLANI, 2005).

Sem dúvida, o maior destaque são os ímãs permanentes feitos de ligas desses minerais, uma aplicação recente e com rápido crescimento. Esses ímãs são utilizados em discos rígidos de computadores, telefones celulares, aeronaves, motores elétricos para veículos híbridos e turbinas eólicas (aerogeradores). A demanda de TR para a indústria de energia eólica e de carros elétricos cresceu significativamente nos últimos anos, por isso, TR são consideradas minerais críticos, haja vista que são dois setores com expectativa de

crescimento para as próximas décadas, além do quase monopólio de extração e produção por um único país.

Terras-raras podem ser encontradas em muitos países, como Austrália, Brasil, Canadá, China, Estados Unidos (EUA), Índia, Malásia e Rússia. No entanto, são difíceis de extrair em volumes que sejam economicamente viáveis. China lidera a produção mundial há décadas, chegando a representar mais de 90% da produção e do abastecimento global. É também o país com as maiores reservas, com o dobro do segundo país em quantidade de minério. Contudo, em 2010, China anunciou uma série de restrições ao fornecimento de TR por meio da imposição de cotas, licenças e impostos, alegando a necessidade de reter seus recursos limitados para atender demandas domésticas, bem como preocupações sobre os efeitos negativos da mineração no meio ambiente. Em 2009, as exportações chinesas eram de 50.145 toneladas e caíram para 31.130 toneladas em 2012 (FERREIRA; NASCIMENTO, 2013).

Como resultado, a indústria global de terras-raras conduziu inúmeros estudos, avaliando o potencial de reservas, e decidiu aumentar seus estoques para depósitos fora da China, buscando atender crescente demanda de modo descentralizado. Tem também promovido novos esforços para conservar, reciclar e substituir TR, principalmente, em países que não detêm reservas (VAN GOSEN; VERPLANCK; SEAL; LONG; GAMBOGI, 2017). Em 2014, após pressão da Organização Mundial do Comércio, dos membros da União Europeia, dos Estados Unidos e do Japão, a China decidiu remover as restrições.

As reservas globais de TR foram estimadas em cerca 120 milhões de toneladas e foram lideradas, em ordem decrescente de reservas, por China (44 milhões), Vietnã (22 milhões), Brasil (21 milhões) e Rússia (12 milhões). Mesmo com esforços de ampliar a exploração de TR em outros depósitos, ainda persiste um quase monopólio pela China.

Tabela 1 – Produção e reservas mundiais de terras-raras

	Mine production		Reserves ⁸
	2019	2020 ^e	
United States	28,000	38,000	1,500,000
Australia	20,000	17,000	⁹ 4,100,000
Brazil	710	1,000	21,000,000
Burma	25,000	30,000	NA
Burundi	200	500	NA
Canada	—	—	830,000
China	¹⁰ 132,000	¹⁰ 140,000	44,000,000
Greenland	—	—	1,500,000
India	2,900	3,000	6,900,000
Madagascar	4,000	8,000	NA
Russia	2,700	2,700	12,000,000
South Africa	—	—	790,000
Tanzania	—	—	890,000
Thailand	1,900	2,000	NA
Vietnam	1,300	1,000	22,000,000
Other countries	66	100	310,000
World total (rounded)	220,000	240,000	120,000,000

Fonte:

U.S. GEOLOGICAL SURVEY, 2021, p. 133.

Segundo dados do Departamento de Geologia dos Estados Unidos (2021), além de ser o país com as maiores reservas, China lidera também a produção mundial de TR, com

estimativa de 140 mil toneladas em 2020, seguido dos Estados Unidos, com 38 mil toneladas. Destaca-se que Vietnã e Brasil, mesmo detendo a segunda e terceira maiores reservas mundiais, respectivamente, não têm produção de TR expressivas, ocupando apenas a nona e a décima colocação, ambos empatados com uma produção estimada de 1 mil toneladas em 2020. Isso significa dizer que a produção desse mineral no Brasil não acompanha o tamanho de suas reservas provadas, gerando uma expectativa de que existe potencial ainda não explorado e que o país poderia ser um dos líderes em produção mundial.

1.2 Situação do mineral no Brasil

Os depósitos de TR podem ser encontrados em diversos ambientes geológicos. Atualmente, são conhecidos mais de 200 minerais que carregam consigo algum elemento de terras-raras. Entretanto, os minerais fornecedores de TR em volume econômico são xenotima, monazita e bastnaesita. Estão, principalmente, associados a rochas ígneas ou ambientes secundários e podem ser extraídos como minérios principais ou como subprodutos. No Brasil, são conhecidos diversos depósitos (TAKEHARA; SHINTAKU; RABELO; SILVEIRA, 2015). De 1886 a meados da segunda década do século XX, o país foi o maior exportador de monazita, um mineral portador de terras-raras. As reservas de monazita litorâneas foram exploradas até meados dos anos 1990 (ROCIO; SILVA; CARVALHO; CARDOSO, 2012). Por conter elementos radioativos, o aproveitamento de monazita para a obtenção de TR foi descartado.

Atualmente, as principais ocorrências e maiores reservas são em Araxá, Minas Gerais (MG), local do projeto mais avançado, com extração de TR como subproduto do minério de nióbio e com reservas medidas de aproximadamente 20 milhões de toneladas (Mt), e no Morro de Seis Lagos, em São Gabriel da Cachoeira, Amazonas (AM), região com a presença de Unidades de Conservação e Territórios Indígenas, ambos protegidos por lei. Além disso, há alguns projetos em andamento em Tapira (MG), Poços de Caldas (MG), Catalão, Goiás (GO), Minaçu (GO) e Pitinga (AM) (AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO, 2019). O Brasil tem alto potencial para depósitos leves e pesados de TR, e a tendência é que as reservas aumentem com o andamento de novos projetos de exploração. Na figura a seguir, algumas estimativas de novas ocorrências de terras-raras no Brasil.

Figura 1 – Ocorrência de terras-raras no Brasil



Fonte: CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS, 2013.

A exploração de TR no Brasil iniciou-se por volta de 1885, com a retirada de monazita das praias do litoral brasileiro. Tinha, principalmente, como destino os países da Europa para fabricação de mantas para lâmpões a gás. O Brasil foi o líder do fornecimento mundial de monazita, tendo perdido esse posto para a Índia, em 1914 (SOUSA FILHO; SERRA, 2014). Ainda assim, até meados da década de 1960, antes da ascensão da produção de TR em Mountain Pass, nos EUA, o Brasil continuou a ser um dos principais fornecedores mundiais não só de monazita, mas também de TR purificadas. Nas décadas de 1940 e 1950, por meio da iniciativa privada (Indústrias Químicas Reunidas S. A. – Orquima), sob liderança do químico Pawel Krumholtz, o país dominou o processo de extração, separação e obtenção de óxidos de TR de elevada pureza.

Nesse período, a produção de TR se deu por meio da Usina Santo Amaro, na capital paulista, mantida pela empresa Orquima, fechada em 1992, após uma Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI) da Câmara Municipal de São Paulo apontar irregularidades². A matéria-prima era a monazita, extraída das areias da Praia de Buena, no município de São Francisco de Itabapoana, Rio de Janeiro, e produzida pela Sociedade Comercial de Minérios Ltda. (Sulba). Em 1962, o governo federal estatizou a Sulba e a parte da Orquima dedicada ao tratamento químico de monazita. Isso porque se descobriu que, nessas reservas, o minério está associado ao urânio e ao tório, elementos radioativos cuja exploração passou a ser monopólio da União. A produção ficou a cargo, então, da [Comissão Nacional de Energia Nuclear](#) (CNEN). A empresa passou a ser denominada de

² A investigação apontou que o armazenamento de rejeitos nucleares da Nuclemon, em sua antiga *usina* industrial de *Santo Amaro*, oferecia risco aos trabalhadores da usina e à população vizinha das instalações. Também constatou que os funcionários da empresa haviam sido expostos a um nível de radiação desnecessário. Ver mais em <https://www.camara.leg.br/radio/programas/270273-especial-energia-nuclear-historia-dos-trabalhadores-da-antiga-usina-santo-amaro-07-13/>. Acesso em: 13 jul. 2021.

Nuclemon (Nuclebrás Monazita), em 1970, e passa a ser chamada de Indústrias Nucleares Brasileiras (INB), em 1988. Em 2010, porém, a INB suspendeu a extração de monazita.

Atualmente, não há lavras de terras-raras no Brasil, a produção se restringe à recuperação e comercialização do minério que ficou acumulado nos pátios da INB e nas usinas de beneficiamento primário, assim como às várias frações de minerais que foram estocadas durante os últimos anos, além de alguns projetos incipientes. O beneficiamento dos minerais é realizado na Unidade em Descomissionamento de Buena (UDB), no Rio de Janeiro, que se encontra com as atividades de lavra paralisadas desde 2010, mas com um estoque remanescente de frações que já foram submetidas a beneficiamento anteriormente. Em 2020, foram produzidas e comercializadas 708 toneladas de monazita no mercado externo (INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL, 2020).

A INB detém materiais de baixa radioatividade, com possibilidade de terras-raras associados, na Unidade em Descomissionamento de São Paulo (UDSP), oriundos da desativação da antiga Usina Santo Amaro, que funcionava produzindo compostos de terras-raras a partir de areia monazítica. Segundo relatório da INB, há 1.179 toneladas de materiais estocadas, dentre as quais se encontram materiais radioativos resultantes do processamento químico de areias monazíticas (INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL, 2020).

Além dos projetos de responsabilidade da INB, há também potencial exploratório de terras-raras no município de Araxá associado a nióbio. A associação entre esses dois minérios estratégicos pode representar uma excelente oportunidade para o setor mineral. A mina de Araxá é a principal na produção de nióbio, no qual se verifica, em seu processo produtivo, a presença de minerais radioativos como bário, cloro, terras-raras, dentre outros elementos.

1.3 Marco regulatório, políticas públicas e financiamento no país

A regulação do setor de mineração passou por grandes mudanças nos últimos anos. O Novo Código da Mineração apresentado pelo Poder Executivo, em 2009 e em 2013, após ampla discussão com o setor e o Poder Legislativo, foi instituído pelo Decreto n. 9.406, de 12 de junho de 2018.

De modo geral, as propostas de mudanças estão relacionadas à atualização do marco regulatório frente ao contexto do mercado da mineração. Dentre as principais alterações, destacam-se a revisão de procedimentos e requisitos para a concessão dos direitos minerários; a ampliação do tempo de pesquisa; a criação do Conselho Nacional de Política Mineral (CNPM); a extinção do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e a criação da [Agência Nacional da Mineração](#) (ANM) para substituí-lo; alterações na base de cálculo da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM).

A ANM é uma autarquia federal vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME) responsável por estabelecer normas para o aproveitamento dos recursos minerais, regular e fiscalizar as atividades de pesquisa e mineração, promover as licitações e as chamadas públicas, arrecadar a CFEM, gerir os contratos de concessão, as autorizações de pesquisa

e lavra, entre outras atribuições do setor de mineração, exceto hidrocarbonetos e substâncias nucleares.

O ato de mineração no Brasil para a ANM consiste basicamente em duas etapas. Primeiro, é preciso pleitear a autorização para pesquisa mineral, em que são executados trabalhos para definição da jazida, sua avaliação e a determinação da exequibilidade de seu aproveitamento econômico. Posteriormente, requisita-se a concessão de aproveitamento mineral por meio do regime de concessão de lavra, voltado para extração, beneficiamento e comercialização do bem mineral identificado na etapa anterior, de autorização de pesquisa. Nesse caso, estarão habilitadas apenas empresas titulares de processos minerários com relatório final de pesquisa aprovado pela ANM.

A indústria mineral de TR e as atividades das cadeias produtivas de aplicações de TR no Brasil cumprem os mesmos regulamentos e requisitos legais, tanto ambientais como de segurança e saúde ocupacional do setor de mineração como um todo. O que há de específico é que, em 2014, foi aprovado no Senado Federal o Projeto de Lei n. 529, de 2013, que instituiu o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico dos Minerais de Elementos Terras-Raras e à Criação de Cadeia Produtiva (PADETR)³. O objetivo do projeto é assegurar o domínio científico e tecnológico de todas as fases de produção. O projeto encontra-se, atualmente, na Câmara dos Deputados para revisão, uma vez que já foi aprovado por unanimidade nas comissões de Ciência e Tecnologia e Minas e Energia⁴. No entanto, está parado na Comissão de Finanças e Tributação da Câmara Federal, com voto do relator pela “inadequação orçamentária e financeira com a Lei Orçamentária e pela incompatibilidade com o Plano Plurianual e com a Lei de Diretrizes Orçamentárias”. O projeto de lei prevê que o programa receberá aportes do orçamento anual do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT). <http://finep.gov.br/a-finep-externo/fndct>

Vale mencionar também um novo projeto em tramitação no Senado Federal, Projeto de Lei n. 2.210, de 2021, que institui a [Política Nacional de Fomento ao Desenvolvimento Tecnológico da Cadeia Produtiva dos Minerais Componentes dos Elementos Terras-Raras \(PADT\)](#)⁵. O projeto é muito semelhante ao PADETR, mas prevê prioridade no licenciamento ambiental dessa produção mineral e constitui um fundo específico para fomentar o desenvolvimento da cadeia produtiva (BRASIL, 2021).

Em 2011, com [o Plano Nacional de Mineração 2030](#) (PNM), o governo federal deu às terras-raras o caráter de minerais estratégicos pela crescente utilização em novas tecnologias, ao lado de minerais importantes para a manutenção da agricultura nacional, como potássio e fósforo, e para a balança comercial brasileira, como minério de ferro, grande fonte de divisas para o Brasil. Segundo o PNM, a estratégia brasileira não deve se

³ Ver mais em <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/115774>. Acesso em: 13 jul. 2021.

⁴ Ver mais em <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=860919>. Acesso em: 13 jul. 2021.

⁵ Ver mais em <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/148827>. Acesso em: 13 jul. 2021.

limitar à descoberta e à produção dos bens minerais, mas apostar no desenvolvimento da cadeia produtiva:

Uma segunda situação é a dos minerais que deverão crescer em importância nas próximas décadas por sua aplicação em produtos de alta tecnologia. As terras-raras, o lítio, o cobalto, o tântalo, entre outros denominados de materiais “portadores do futuro”. A produção mundial desses minerais se dá em quantidades da ordem de dezenas de milhares de toneladas, com alto valor unitário. A estratégia aqui não deve se limitar à descoberta e produção destes bens minerais no País. Os países desenvolvidos desprovidos desses recursos minerais os importam em bruto ou beneficiado e, após processamento, fazem uso deles em produtos de alta tecnologia. A estratégia preconizada vai muito além, com a necessidade de programas específicos coordenados entre governo e setor privado para o desenvolvimento de processos e produtos em cadeias produtivas de alto valor agregado, eventualmente atuando em determinados nichos, em um ambiente de intensa competitividade internacional. É neste contexto que os importantes recursos identificados de terras-raras no Brasil, com teores e reservas elevados, deverão merecer uma atenção muito especial e a implantação de um amplo programa de PD&I. (BRASIL, 2010).

O marco regulatório que mencionamos anteriormente, uma vez aprovado e tornando-se lei, tende a estimular a exploração e produção de TR no país, mas também ampliar os investimentos no setor, abrindo espaço para parcerias com o setor privado por intermédio de interações com institutos de pesquisa, parques tecnológicos e universidades, com o objetivo de fortalecer a cadeia produtiva de TR no Brasil.

Em paralelo, dois fatores importantes podem aumentar a participação de TR no Brasil: políticas públicas que visem ao desenvolvimento das cadeias produtivas de exploração e aplicações de TR e o financiamento para o setor. Em 2010, por exemplo, foi criado um Grupo de Trabalho Interministerial sobre Minerais Estratégicos, envolvendo o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e o MME; em 2011, foi realizado um estudo desenvolvido em parceria entre a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), a Sociedade Fraunhofer e a Fundação Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras (Certi) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) para implantação de uma cadeia produtiva de ímãs de TR; o apoio à Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) nas cadeias produtivas de TR e lítio; a priorização dada na Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012-2015 e no Plano Diretor do Centro de Tecnologia Mineral/MCTI para 2011-2015, dentre outros.

No que se refere ao financiamento, em 2018, o [Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social](#) (BNDES), em parceria com a [Financiadora de Estudos e Projetos](#) (Finep)⁶, aprovou cinco propostas da linha de pesquisa Minerais Estratégicos “Portadores de Futuro” (onde se inserem terras-raras e nióbio) por meio do Programa Inova Mineral. As propostas aprovadas representam aproximadamente 26% do total selecionado, e a linha foi a segunda mais concorrida, com 11 projetos enviados. Em 2020, a Finep destinou cerca de R\$ 10 milhões para conceder recursos de subvenção econômica para o desenvolvimento de produtos, processos e/ou serviços inovadores a partir de aplicações de grafeno, nióbio e terras-raras.

Importante destacar também que, em Lagoa Santa, região metropolitana de Belo Horizonte (MG), está sendo instalado o LabFabITR, primeiro laboratório-fábrica de ligas e ímãs de terras-raras da América do Sul. Iniciado em 2015, o projeto da Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (Codemge) foi elaborado para ter capacidade anual de 23 toneladas, com previsão de inauguração no segundo semestre de 2021. Em março de 2020, foi assinado Protocolo de Intenções entre a Codemge e o Governo do Estado de Minas Gerais que concede diversos benefícios fiscais ao LabFabITR para importação de bens de capital e bens de insumo, regime especial de tramitação, entre outros.

1.4 Perspectiva de planos e projetos relacionados ao mineral

Apesar de ter uma das maiores reservas mundiais de terras-raras, o Brasil não está na lista dos principais produtores desses minerais. Existe muita expectativa de ampliação da exploração de TR, sobretudo em função das reservas estimadas em MG, GO e AM, fortalecida por um marco regulatório específico, que busca desenvolvimento de toda a cadeia produtiva, financiamento, isenções dentre outras ações.

O cenário otimista de TR se fundamenta em um possível aumento de demanda desses minerais no país, principalmente, pela ampliação da geração de energia pela fonte eólica, uma das “tecnologias verdes” que mais utiliza óxidos de TR. A indústria eólica no Brasil cresceu significativamente nos últimos 10 anos. Em 2011, era apenas 1,5 GW de energia instalada, em julho de 2021, saltou para 19,1 GW, a partir de cerca de 8.500 aerogeradores, com previsão de alcançar 30,2 GW em 2024 (INFOVENTO 21, 2021).

Além das características dos bons ventos brasileiros, que resultam em um fator de capacidade que é praticamente o dobro da média mundial, o sucesso da fonte eólica no Brasil também pode ser explicado pelo rápido desenvolvimento de uma cadeia produtiva local. Inicialmente, o índice de nacionalização era próximo de 60%, mas alcançou a fabricação de 80% de um aerogerador em território nacional, conforme estabelecido nas regras do Programa Finame – financiamento de máquinas e equipamentos, do BNDES. Em 2017, o Brasil tinha seis fabricantes de turbinas, quatro fábricas de pás, dezesseis fabricantes de torres eólicas e centenas de empresas que trabalham em outros

⁶ É uma empresa pública brasileira de fomento à ciência, tecnologia e inovação em empresas e universidades, vinculada ao MCTI.

componentes, além de transporte, consultorias diversas, planejamento, obras etc. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA, 2020).

2. NIÓBIO

2.1 Breve descrição e contexto internacional

Descoberto em 1801, pelo químico inglês Charles Hatchett (1765-1847), o nióbio é um elemento químico metálico com o símbolo Nb e número atômico 41. É um metal de transição, macio, maleável, de coloração cinza e altamente condutor. Também possui alta resistência a processos de oxidação e corrosão. O minério costuma ser confundido com terras-raras, mas não está entre os elementos de TR. Isso ocorre porque possuem características de exploração e de utilidade semelhantes e, além disso, tendem a ocorrer juntos na natureza, como também com o tântalo (Ta) (SOUSA; FERNANDES; GUERRA, 2013). Nos rejeitos da mineração de nióbio da Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM), em Araxá, por exemplo, estão concentradas quantidades importantes de terras-raras com potencial de aproveitamento.

Apesar de Hatchett ter sido reconhecido oficialmente como o descobridor do nióbio, foi apenas em 1905, com o químico alemão Werner von Bolton, que se produziu pela primeira vez o nióbio em estado puro, o que possibilitou a busca por aplicações para o elemento. No entanto, somente a partir da década de 1950, com a corrida aeroespacial durante a Guerra Fria, que o interesse pelo metal e suas aplicações cresceram exponencialmente (SOUSA; FERNANDES; GUERRA, 2013).

Os principais produtos básicos do nióbio são a liga ferronióbio e os óxidos de nióbio. O primeiro contém 65% de Nb, é o mais importante produto industrializado derivado do mineral, sendo empregado na indústria siderúrgica como elemento na produção de alguns tipos de aço, principalmente, aqueles com mais resistência (BRUZIQUESI; BALENA; PEREIRA; SILVA; OLIVEIRA, 2019).

O nióbio diminui o peso do aço, resultando em uma liga mais flexível. Usado, principalmente, em ligas metálicas e em aços especiais, o nióbio confere aos compostos importantes propriedades, permitindo seu emprego também na fabricação de turbinas de aeronaves, automóveis, tubulações de gás sob alta pressão, placas para plataformas marítimas, pontes, viadutos e edifícios. As características do nióbio, como alta condutividade térmica e elétrica, maleabilidade, ductilidade e alta resistência à corrosão, ao calor e ao desgaste conferem ao metal a capacidade de melhorar as propriedades de materiais, tornando-os mais eficientes. Em função disso, hoje, o nióbio é utilizado em diversos setores, com importantes aplicações tecnológicas (SOUSA; FERNANDES; GUERRA, 2013).

O metal pode ser encontrado em equipamentos médicos, reatores nucleares, plataformas de petróleo e turbinas de avião. É utilizado também em componentes eletrônicos e baterias, por isso, tem sido utilizado na indústria eólica, mesmo que ainda de forma incipiente, em baterias mais seguras, de carregamento rápido, com maior vida útil,

densidade energética e soluções de armazenamento mais eficientes. Há ainda um novo uso de nióbio, na forma de ácido nióbico sólido, que atua como um catalisador na conversão do óleo de palma em biodiesel. Com o aumento da produção de biocombustíveis no Brasil e em outros lugares, esse uso de nióbio pode constituir um mercado futuro significativo (SCHULZ; PIATAK; PAPP, 2017).

O nióbio é um metal relativamente raro, mas encontrado em diversos países do mundo, com cerca de 90 reservas, mas nem todas são exploradas. Depósitos de minerais que podem servir de base para a transformação e produção do nióbio, como pirocloro e columbita-tantalita, existem em vários países do mundo, entre eles, Angola, África do Sul, Arábia Saudita, Austrália, Brasil, Canadá, China, Espanha, Estados Unidos, Finlândia, Gabão, Groenlândia, Índia, Maláui, Namíbia, Noruega, Quênia, República Democrática do Congo, Rússia, Tanzânia, Zâmbia. Atualmente, os principais parques industriais de produção de nióbio estão concentrados no Brasil e no Canadá.

2.2 Situação do mineral no Brasil

No começo da década de 1950, o geólogo brasileiro Djalma Guimarães fez as pesquisas que identificaram os reservatórios de pirocloro, onde se localiza o nióbio. De fato, até meados do século passado, não havia muito interesse no metal, que não era produzido em grande escala e não se sabia ainda nitidamente quais as possíveis aplicações e seu potencial.

Segundo dados do Serviço de Geologia dos Estados Unidos, o Brasil é disparado o detentor das maiores reservas mundiais estimadas, com aproximadamente 94% do total, seguido do Canadá (U. S. GEOLOGICAL SURVEY, 2021). No Brasil, as maiores reservas estão em Araxá, com quase 742 Mt, e em Catalão e Ovidor (GO), com 82,3 Mt de minério, ambos a partir do pirocloro (BRUZIQUESI; BALENA; PEREIRA; SILVA; OLIVEIRA, 2019). O Brasil também possui depósitos de columbita e tantalita para produção de nióbio nos estados do Amazonas e de Rondônia, mas a quantidade estimada é muito inferior àquelas de Minas Gerais e Goiás.

Algumas previsões apontam que somente a produção de Araxá seria capaz de atender a demanda mundial por mais de 200 anos (BRUZIQUESI; BALENA; PEREIRA; SILVA; OLIVEIRA, 2019). Em 2021, o país continuou sendo o principal produtor de nióbio no mundo, com 91% da produção nacional, seguido do Canadá, com 8% (U. S. GEOLOGICAL SURVEY, 2021). O resultado é considerado positivo, ainda que nesse período fossem registradas quedas significativas de produção por conta da diminuição do consumo de nióbio para superligas nas fabricantes de aeronaves. A produção e o consumo global de nióbio caíram em 2020 devido a uma diminuição na produção de aço na maioria dos países causada pela pandemia do covid-19 (U. S. GEOLOGICAL SURVEY, 2021).

Atualmente, a exploração de nióbio no país ocorre por meio de cinco grandes lavras de minas, uma média e duas pequenas, além de três usinas, sendo uma de médio porte e duas de pequeno porte. Segundo dados da ANM, em 2019, foram solicitados 50 autorizações de pesquisa e 18 permissões de lavra garimpeira. O valor total de exportações de nióbio,

em 2019, foi de US\$ 2.285.360.918, um valor significativo, mas uma participação de apenas 0,6% no valor total da produção mineral comercializada pelo país (AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO, 2020).

Em Araxá, a produção é de responsabilidade da CBMM, que, em 2020, possuía uma capacidade produtiva de 150 mil toneladas/ano de ferronióbio, fornecendo mais de 90% do nióbio consumido no Brasil e entre 75% e 80% da demanda mundial (COMPANHIA BRASILEIRA DE METALURGIA E MINERAÇÃO, 2020). A segunda maior produtora de nióbio no país é a China Molybdenum (CMOC) Brasil, responsável pela mina em Catalão, que, em 2019, produziu 7.489 toneladas de ferronióbio. Há produção também no Amazonas, através da Mineração Taboca, e em Rondônia, por empresas menores, mas a quantidade em ambos é muito inferior se comparada às de Minas Gerais e Goiás.

2.2 Marco regulatório, políticas públicas e financiamento no país

Segundo o documento [*Panoramas setoriais 2030: desafios e oportunidades para o Brasil*](#), elaborado pelo BNDES em 2017, que analisa as tendências de mercado e possibilidades de desenvolvimento da indústria nacional nos próximos anos, novos materiais, como o aço de alta resistência (utilização de nióbio), poderão ser mais utilizados na fabricação de veículos pesados e de passageiros, ampliando as possibilidades de financiamento no setor (BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, 2017). O Programa Inova Mineral do BNDES em parceria com Finep, mencionado anteriormente, tem linhas de crédito para terras-raras, mas contempla também projetos com nióbio.

A CBMM, principal empresa do setor, investiu cerca de US\$ 200 milhões na capacidade produtiva de sua planta industrial, e também na expansão dos departamentos de marketing e vendas, com o objetivo de atender a expansão do mercado de produtos de nióbio (COMPANHIA BRASILEIRA DE METALURGIA E MINERAÇÃO, 2020). O aumento da capacidade produtiva faz parte da estratégia da companhia, que aumentou de 90 mil toneladas/ano de ferronióbio, em 2008, para 150 mil toneladas/ano em 2020.

Há também, por parte da CBMM, investimentos constantes em pesquisa e desenvolvimento de novas aplicações para o nióbio, de forma a colaborar com a ampliação e a diversificação do mercado. Nos laboratórios do Centro de Tecnologia, em Araxá, a empresa opera um dos mais avançados núcleos de pesquisa do mundo, com alto controle de qualidade, para viabilização de produtos cada vez mais eficientes que sirvam a diferentes aplicações. Igualmente importantes são os investimentos na comunidade científica brasileira, com 41 parcerias firmadas com universidades e centros de pesquisa, e apoio a grupos no exterior que desenvolvem estudos de ponta relacionados ao nióbio (COMPANHIA BRASILEIRA DE METALURGIA E MINERAÇÃO, 2020).

No que se refere ao marco regulatório, em 2019, a Comissão de Minas e Energia da Câmara Federal dos Deputados rejeitou a proposta que criava uma política nacional para a produção de nióbio e exigia uma empresa 100% brasileira para explorar o minério. O Projeto de Lei n. 4978/2013, do deputado Giovani Cherini, do Partido Liberal, no Rio Grande do Sul (PL-RS), recebeu parecer contrário do relator, deputado Fábio Ramalho, do

Movimento Democrático Brasileiro, em Minas Gerais (MDB-MG). A Comissão também rejeitou os três projetos que tramitam apensados ao texto proposto por Giovani Cherini (PLs n. 1581/15, n. 11088/18 e n. 11249/18). Todos tratam do aproveitamento do nióbio (BRASIL, 2013).

Segundo o relator, a exigência de capital 100% nacional para as empresas que extraírem ou beneficiarem o minério, certamente, paralisaria a indústria de nióbio – das três principais empresas produtoras, duas são estrangeiras e a única com controle majoritário nacional, a CBMM, tem participação de 30% de grupos estrangeiros. Além disso, segundo o parecer da comissão, o projeto trata de assuntos já previstos em legislação, como a exigência de participação da União na exploração mineral.

Dessa forma, a exploração de nióbio no Brasil segue as diretrizes gerais do Novo Código da Mineração, atendendo a requisitos e exigências da ANM, não tendo uma legislação nacional específica. É importante mencionar que tramita na Assembleia Legislativa de Minas Gerais o Projeto de Lei n. 2.262/2020⁷, que cria a Política Estadual de Proteção ao Nióbio e dá outras providências. A proposição tem relevância, pois se refere à regulação no estado onde se localiza a maior reserva de nióbio no país, mas ainda precisa ser apreciada pelas comissões e, posteriormente, ir à votação em plenário (MINAS GERAIS, 2020).

2.3 Perspectiva de planos e projetos relacionados ao mineral

O atual presidente do Brasil, Jair Bolsonaro (sem partido), desde quando ainda era deputado federal, tem se colocado como um dos principais defensores e entusiastas da exploração de nióbio no país. Segundo declarações do atual líder do executivo, ainda há deficiência de exploração desse minério, que deve ser corrigida com investimentos e desenvolvimento da cadeia produtiva para alavancar a economia nacional: “O nióbio, juntamente com o grafeno, é capaz de produzir maravilhas para o mundo em todos os setores. Até mesmo no tocante às quinquilharias, quem diria, né?”, disse (BOLSONARO DIZ..., 2020)⁸.

A maior parte da exploração, do beneficiamento e da comercialização de nióbio no mundo é realizada pelo Brasil. Por outro lado, apesar do quase monopólio e do alto potencial de produção, a substância tem um mercado global limitado e seu potencial pode não ser tão forte quanto o presidente vislumbra. O mercado de nióbio é muito pequeno no Brasil e no mundo. Como mencionado anteriormente, o minério apresentou uma participação de apenas 0,6% no valor total da produção mineral comercializada pelo país em 2019.

⁷ Ver mais em

https://www.almg.gov.br/atividade_parlamentar/tramitacao_projetos/texto.html?a=2020&n=2262&t=PL. Acesso em: 14 jul. 2021.

⁸ Ver mais em <https://www.infomoney.com.br/politica/bolsonaro-diz-que-superbateria-de-niobio-e-grafeno-vai-revolucionar-industria/>. Acesso em: 14 jul. 2021.

Como produto de exportação, os dados do nióbio também se mostram tímidos. Em 2019, das 11 principais substâncias metálicas mais produzidas no Brasil, nióbio era apenas o quinto mais exportado, mas com um percentual baixo: 4,7% dos US\$ 48,6 bilhões totais. Os principais compradores são Canadá, China, Estados Unidos e Holanda, mas para nenhum deles o nióbio é a substância mais buscada (AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO, 2020).

Uma das principais questões que limitam o desenvolvimento do mercado de nióbio não é a escassez do mineral. Como mencionado, há cerca de 90 minas do mineral conhecidas no mundo, mas quase nenhuma delas é explorada. Isso se deve, principalmente, ao elevado custo da operação, pois diferentemente de outros elementos químicos, nióbio não é encontrado na natureza isoladamente, mas frequentemente associado a outros elementos químicos, inclusive alguns radioativos. Além disso, a maior parte do nióbio não é comercializada em sua forma bruta, mas principalmente na forma de ferronióbio, uma liga metálica de ferro com nióbio.

De acordo com a CBMM, cerca de 90% das aplicações do nióbio no mundo estão associadas à indústria siderúrgica, em especial, para melhorar as propriedades do aço e suas ligas (COMPANHIA BRASILEIRA DE METALURGIA E MINERAÇÃO, 2020). O metal também é usado em máquinas de raios X, na construção civil, em baterias de automóveis e em vidros inteligentes, que mudam de cor para controlar a passagem de luz. O uso desse mineral em bijuteria é incomum, diferentemente do que tem propagandeado Jair Bolsonaro, que chegou a sugerir uma possível substituição do ouro pelo nióbio para essa finalidade em uma apresentação nas redes sociais (JAIR BOLSONARO..., 2019)⁹.

Outro fator que influencia o mercado mundial desse minério é que a indústria necessita de pouco nióbio para usufruir de suas características, pois ele entra na composição de ligas ou em processos industriais em pequenas quantidades. Além disso, o nióbio não é insubstituível. Em quase todas as aplicações, pode ser trocado por outro elemento que apresente propriedades semelhantes, como vanádio, titânio e tântalo que, muitas vezes, são encontrados associados na natureza.

No caso do tântalo, que ocorre principalmente em columbita-tantalita, há reservas mundiais estimadas, em 2017, de aproximadamente 117 mil toneladas de metal contido. Contudo, é importante destacar que os dois maiores produtores de tântalo no mundo, Ruanda e Congo, não têm suas reservas estimadas, o que pode aumentar consideravelmente esses números. As reservas brasileiras estão estimadas em 39 mil toneladas, principalmente na mina de Pitinga, da Mineração Taboca, no Amazonas. O Brasil e a Austrália são os países com as maiores reservas de tântalo do mundo, candidato a substituir o nióbio nas aplicações industriais (AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO, 2020).

3. PARTICIPAÇÃO DE AGENTES PRIVADOS

⁹ Ver mais em <https://www.youtube.com/watch?v=fTbP7SXvrxo>. Acesso em: 14 jul. 2021.

A seguir, uma breve descrição e algumas informações relevantes sobre os principais agentes privados que realizam operações de extração, beneficiamento e comercialização de terras-raras e nióbio no Brasil. A divisão abaixo é feita a partir dos municípios produtores.

Araxá

A Companhia Mineradora do Pirocloro de Araxá (Comipa) é uma sociedade anônima de controle compartilhado estabelecida, em 1972, na cidade de Araxá. Tem por objeto social a lavra do pirocloro e outros minerais de nióbio nas concessões de lavra a ela arrendadas por seus acionistas, a CBMM e Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (Codemig). A Codemig é, hoje, uma sociedade de economia mista da administração indireta do Estado de Minas Gerais, mas com proposta de privatização do governo estadual¹⁰. A Comipa vende o minério com exclusividade para a CBMM, responsável pelo beneficiamento, pela industrialização e pela comercialização dos produtos finais de nióbio e minérios associados, como TR.

As ações da CBMM estão divididas entre o grupo brasileiro Moreira Salles (70%), um consórcio japonês-coreano (15%) e um consórcio chinês (15%). A Codemig recebe, através da Sociedade em Conta de Participação (SCP), 25% do resultado de toda a operação, incluindo a venda dos produtos que se originaram dos direitos minerários da CBMM, e audita trimestralmente a SCP, firmada com a CBMM. Em 2020, a empresa apresentou uma receita líquida de R\$ 7 bilhões, com R\$ 2,5 bilhões de lucro líquido, segundo informações disponíveis em sua página eletrônica. O acordo entre Codemig e CBMM foi iniciado em 1973, com validade até 2032.

A cadeia de fornecimento da CBMM foi composta em 2020 por 1.923 empresas, entre fabricantes, distribuidores, revendedores e prestadores de serviços diretos. Desse total, 44% são do estado de Minas Gerais, sendo 842 fornecedores, dos quais 327 eram araxaenses. A CBMM concluiu, em 2020, investimentos da ordem de R\$ 3 bilhões em seu parque industrial, elevando sua capacidade para 150 mil toneladas/ano, 50% maior que o mercado total mundial.

Poços de Caldas

O desenvolvimento de TR de Morro do Ferro, em Poços de Caldas, é de responsabilidade da Mineração Terras Raras S/A (MTR), uma sociedade anônima brasileira de capital fechado, 100% nacional, focada exclusivamente nessa atividade. A área foi explorada para urânio, tório e terras-raras de 1956 a 1981 e adquirida pela MTR para TR em 2012. O Morro do Ferro possui 3,55 milhões de toneladas em recursos estimados, com cerca de 138.500 toneladas de TR contidos.

Catalão

¹⁰ Ver mais em <https://veja.abril.com.br/politica/niobio-bolsonaro-e-china-as-negociacoes-para-a-privatizacao-da-codemig/>. Acesso em: 14 jul. 2021.

A mina de Catalão é de responsabilidade da CMOC Brasil, subsidiária da China Molybdenum, companhia chinesa com um diversificado portfólio de ativos, principalmente, na mineração e no beneficiamento de nióbio e fosfatos. A empresa adquiriu as operações de nióbio e fosfato da Anglo American em 2016 e alcançou, em 2017, o recorde de 31,41 toneladas de nióbio produzidas em um dia. Além da China e do Brasil, a empresa tem presença na Austrália, no Congo e nos Estados Unidos. No Brasil, possui duas minas nos municípios de Catalão e Ouidor, ambas em Goiás, e três plantas industriais junto às minas e em Cubatão, São Paulo.

Pitinga

A Mineração Taboca foi fundada em 1969 e atua, principalmente, na mineração e metalurgia de estanho e minerais industriais. É uma das poucas empresas ativas no mercado mundial de estanho a possuir mina própria, sendo a Mina de Pitinga, localizada na Região Amazônica, uma das mais ricas do mundo. Também atua nos mercados de nióbio e tântalo desde 1987, através de sua liga metálica FeNbTa, produto obtido da fundição do minério de columbita presente na mina de Pitinga. Em 2008, o tradicional grupo minerador peruano Minsur adquiriu o controle acionário da Mineração Taboca.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS: UMA TRANSIÇÃO VERDE OU EXPANSÃO DA EXTRAÇÃO?

O cenário de transição energética mundial tende, com aumento da participação de fontes eólica e solar na matriz, mas também a construção de carros elétricos e outras “tecnologias verdes”, a aumentar a demanda global por minérios estratégicos, que são novos materiais, específicos para esses produtos. Isso abre um potencial de aumento da exploração em várias partes do mundo, principalmente, em países detentores de reservas desses minérios, como o caso do Brasil para terras-raras e nióbio. Os governos nacionais e agentes privados têm apostado nessa estratégia para ampliação da lucratividade e da inserção comercial.

Contudo, a perspectiva de retomada e de desenvolvimento da indústria extrativa de TR e a ampliação da exploração de nióbio no Brasil ampliam também riscos potenciais de conflitos territoriais e socioambientais nas regiões próximas das minas. As informações sobre os aspectos ambientais são muito limitadas e como, muitas vezes, TR e nióbio encontram-se associados a elementos radioativos, a extração desses minerais se torna mais complexa. Além disso, existe a situação do aumento das barragens e de material depositado nelas, que se tornou uma questão ainda mais relevante após os desastres nas cidades de Mariana (MG) e Brumadinho (MG) e os impactos socioambientais decorrentes dessa indústria.

Não há nenhuma sinalização por parte dos planos e das políticas nacionais que aponte para um movimento de transição energética em curso, ao contrário, existe aumento significativo das fontes não renováveis. Para termos uma ideia do crescimento de combustíveis fósseis no Brasil, em dezembro de 2010, a produção de petróleo e gás natural foi de 2.180 mil barris por dia (MMbbl/d) e 69 milhões de m³ por dia (MMm³/d),

respectivamente, um total de 2.615 mil barris de óleo equivalente (MMBoe/d), sendo uma produção ainda incipiente na camada do pré-sal. Cinco anos depois, em dezembro de 2015, a produção diária de petróleo e gás natural saltou para 2.532 MMbbl/d e 100,4 MMm³/d, respectivamente, um total de 3.164 MMBoe/d. Um terço de toda a produção nacional, em 2015, foi proveniente da camada do pré-sal, aproximadamente 1.091 MMBoe/d (BOLETIM DA PRODUÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL, 2020).

Apesar de a redução no ritmo de produção em decorrência da pandemia¹¹, em julho de 2020, a produção de petróleo e gás natural no Brasil foi de 3.078 MMbbl/d e 130 MMm³/d, respectivamente, um total de 3.898 MMBoe/d. A participação dos recursos extraídos do pré-sal alcançou cerca de 70% do total, com aproximadamente 2.739 MMBoe/d. A tendência de crescimento é nítida, pois está relacionada ao aumento da exploração na camada do pré-sal. Em apenas 10 anos, a produção de petróleo cresceu aproximadamente 35% e de gás natural, cerca de 80%, somente no pré-sal (BOLETIM DA PRODUÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL, 2020).

Dessa forma, a promessa de ampliação da “energia limpa” mundial baseia-se em uma suposta substituição dos combustíveis fósseis por energias renováveis. Há duas questões problemáticas nisso ao observarmos o caso brasileiro. A primeira é que não há sinais de “substituição” de uma fonte por outra, mas sim de “complementaridade” entre diferentes fontes, então, efetivamente, não há uma transição energética condizente com os desafios e as metas apresentados no Acordo de Paris (ORGANIZAÇÕES DAS NAÇÕES UNIDAS, 2015). A segunda é que se mantivermos o mesmo modelo de desenvolvimento e consumo atual para satisfazer a demanda crescente por produtos de alta tecnologia (carros elétricos, baterias, celulares etc.), a expansão exponencial da mineração em várias partes do mundo será inevitável e, conseqüentemente, os impactos socioambientais amplamente relacionados a essa atividade também.

Um desses impactos tem a ver com a violação de direitos. No caso da mineração em Araxá, o primeiro conflito entre uma parte da comunidade e a empresa se deu em 1982, quando foi detectado que as águas subterrâneas situadas a jusante da Barragem 4 do complexo da CBMM estavam contaminadas por bário, um metal considerado potencialmente tóxico. Apesar de a presença natural de um alto “background” natural do elemento, a contaminação pelos efluentes do processo de lixiviação do minério foi comprovada. A CBMM assumiu a responsabilidade pelo ocorrido, passando a adotar bem-sucedidos procedimentos de controle, monitoramento e neutralização de possíveis danos (PINTO; DUTRA; SALUM; GANINE; OLIVEIRA, 2011).

¹¹ Devido aos efeitos da pandemia, 33 campos e 60 instalações marítimas permaneceram com suas respectivas produções temporariamente interrompidas durante o mês de junho de 2020 (BOLETIM DA PRODUÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL, 2020).

O caso da exploração do nióbio em Seis Lagos, na cidade de São Gabriel da Cachoeira, tem dois obstáculos quase intransponíveis¹². Pela legislação atual, Seis Lagos está fora dos interesses da mineração. O local está incluído em três áreas protegidas e sobrepostas: a Terra Indígena Balaio, o Parque Nacional Serra da Neblina e a Reserva Biológica Morro dos Seis Lagos, esta última do governo estadual do Amazonas. Contudo, nenhuma dessas categorias permite a atividade extrativa, assim, seria necessário flexibilizar o atual marco regulatório, o que certamente resultaria em impactos e conflitos socioambientais.

Além disso, tem a questão do aumento de barragens e de material depositado nelas. A CMBB possui, atualmente, seis barragens cujas estruturas passam por verificações e avaliações constantes para melhoria contínua, garantindo elevados padrões de segurança. Contudo, mesmo com os monitoramentos constantes, os desastres que aconteceram nas barragens em Mariana e Brumadinho, cidades de Minas Gerais, acendem um sinal de alerta quando existe perspectiva de aumento ou de possível sobrecarga das barragens já existentes. Somente o monitoramento e os atuais padrões de segurança não foram capazes de evitar que ambas as barragens rompessem, levassem dezenas de pessoas a óbito e destruíssem a fauna e a flora locais.

De acordo com o Relatório de Segurança de Barragens 2018, no território nacional, existem 17.604 barragens cadastradas pelos órgãos fiscalizadores, sendo os maiores usos ligados à irrigação (36%), ao abastecimento humano (20%), à hidrelétrica (14%) e à contenção de rejeitos de mineração (10%). Ainda de acordo com o documento, 2.399 empreendedores são responsáveis pelas barragens cadastradas no relatório (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2019).

Em junho de 2020, havia 838 barragens de mineração cadastradas no Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração, das quais 433 enquadradas na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Dessas barragens cadastradas na PNSB, 318 são categorizadas como de baixo risco, 61 de médio e 54 de alto risco, e pouco mais da metade está localizada no estado de Minas Gerais, sendo 41 de alto risco e 15 de médio. Do total de barragens, 50 encontravam-se em emergência declarada, sendo a imensa maioria em Minas Gerais (41), com seis em nível 2 de emergência e quatro em nível 3, o mais alto e preocupante.

A aposta na exploração dos minerais críticos ou estratégicos no Brasil para a produção de “tecnologias verdes” apresenta um potencial importante para a economia nacional, sobretudo em longo prazo, já que, atualmente, a demanda mundial é baixa. Contudo, essa atividade precisa ser feita com amplo debate público, promovendo a participação popular, dialogando com as demandas e necessidades das comunidades e dos moradores que residem próximo das minas e dos reservatórios, desde os princípios da prevenção, precaução e mitigação dos impactos negativos. É importante compreender que a

¹² Ver mais em: <https://temas.folha.uol.com.br/amazonia-sob-bolsonaro/niobio-de-tolo/sem-esperanca-em-mineracao-indios-da-maior-jazida-do-minerio-do-mundo-sonham-com-turismo-e-reclamam-de-estrada.shtml>. Acesso em: 14 jul. 2021.

ampliação dessas atividades extrativas impacta diretamente a vida de centenas de pessoas e que o valioso argumento de aumentar as energias ditas limpas para conter o colapso climático não pode ser utilizado como um mecanismo perverso de reprodução de mais injustiças sociais e racismo ambiental nos territórios.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). **Relatório de segurança de barragens 2018**. Brasília: ANA, 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (Brasil). **Anuário mineral brasileiro: principais substâncias metálicas**. Brasília: ANM, 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (Brasil). **Sumário mineral**. Brasília: ANM, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **Boletim anual – Dados 2020**. São Paulo: ABEEólica, 2020.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Panoramas setoriais 2030: desafios e oportunidades para o Brasil**. Rio de Janeiro: BNDES, 2017.

BOLETIM DA PRODUÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL. Brasília: ANP, n. 199, jul. 2020.

BOLSONARO diz que “superbateria” de nióbio e grafeno vai revolucionar indústria. **InfoMoney**, São Paulo, 29 set. 2020. Durante Evento. Disponível em: <https://www.infomoney.com.br/politica/bolsonaro-diz-que-superbateria-de-niobio-e-grafeno-vai-revolucionar-industria/>. Acesso em: 15 jul. 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Mineração 2030 (PNM – 2030)**. Brasília: MME, 2010.

BRASIL. **Projeto de Lei n. 529/2013**. Institui o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico dos Minerais de Elementos Terras-Raras e à Criação de Cadeia Produtiva (PADETR). Dispõe que o programa objetiva assegurar o domínio científico e tecnológico de todas as fases de produção. Brasília, DF: Senado Federal, 2013. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/115774>. Acesso em: 14 jul. 2021.

BRASIL. **Decreto n. 9.406, de 12 de junho de 2018**. Regulamenta o Decreto-Lei n. 227, de 28 de fevereiro de 1967, a Lei n. 6.567, de 24 de setembro de 1978, a Lei n. 7.805, de 18 de julho de 1989, e a Lei n. 13.575, de 26 de dezembro de 2017. Fundamentos para o desenvolvimento da mineração no Brasil. Brasília, DF: Presidência da República, 2018. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/D9406.htm. Acesso em: 15 jul. 2021.

BRASIL. **Projeto de Lei n. 2.210/2021**. Institui a Política Nacional de Fomento ao Desenvolvimento Tecnológico da Cadeia Produtiva dos Minerais Componentes dos Elementos Terras-Raras – PADT. Brasília, DF: Senado Federal, 2021. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/148827>. Acesso em: 13 jul. 2021.

BRUZIQUESI, Carlos G. O.; BALENA, José Gabriel; PEREIRA, Márcio César; SILVA, Adilson C.; OLIVEIRA, Luiz C. A. Nióbio: um elemento químico estratégico para o Brasil. **Quim. Nova**, São Paulo, v. 42, n. 10, p. 1.184-1.188, 2019.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Usos e aplicações de terras raras no Brasil: 2012-2030**. Brasília: CGEE, 2013.

COMPANHIA BRASILEIRA DE METALURGIA E MINERAÇÃO. **Relatório de sustentabilidade 2020**. Araxá: CBMM, 2020.

FERREIRA, Flávia A.; NASCIMENTO, Marisa. **Terras raras**: aplicações atuais e reciclagem. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2013.

GONÇALVES, Eduardo. Nióbio, Bolsonaro e China: as negociações para a privatização da Codemig. **Revista Veja**, São Paulo, 29 out. 2020. Política. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/politica/niobio-bolsonaro-e-china-as-negociacoes-para-a-privatizacao-da-codemig/>. Acesso em: 14 jul. 2021.

INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL. **Relatório integrado**. Rio de Janeiro: INB Gerência de Governança Corporativa, 2020.

INFOVENTO 21. São Paulo, SP: ABEEólica, n. 21, 15 jun. 2021.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions**: World Energy Outlook Special Report. Paris: IEA, 2021.

JAIR BOLSONARO 'vende' bijuteria de nióbio em live no Facebook. [S. l.: s. n.] 28 jun. 2019. 1 vídeo (54 s.). Publicado pelo canal Poder 360°. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=fTbP7SXvrxo>. Acesso em: 13 jul. 2021.

MAISONNAVE, Fabiano; ALMEIDA, Lalo de. Sem esperança em mineração, índios da maior jazida do minério do mundo sonham com turismo e reclamam de estrada. **F. de São Paulo**, São Paulo, 4 jul. 2020. Nióbio de tolo. Disponível em: <https://temas.folha.uol.com.br/amazonia-sob-bolsonaro/niobio-de-tolo/sem-esperanca-em-mineracao-indios-da-maior-jazida-do-minerio-do-mundo-sonham-com-turismo-e-reclamam-de-estrada.shtml>. Acesso em: 14 jul. 2014.

MARTINS, Tereza S.; ISOLANI, Paulo Celso. **Terras raras**: aplicações industriais e biológicas. **Quim. Nova**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 111-117, 2005.

MASSON-DELMOTTE, Valérie *et al.* **Sumário para formuladores de políticas**. Brasília: MCTIC, jul. 2019.

MINAS GERAIS. Projeto de Lei n. n. 2.262/2020. Cria a Política Estadual de Proteção ao Nióbio, altera a Lei n. 23.477, de 5 de dezembro 2019, e a Lei n. 17.348, de 17 de janeiro de 2008, e dá outras providências. Belo Horizonte, MG: Câmara dos Deputados, 2020. Disponível em: https://www.almg.gov.br/atividade_parlamentar/tramitacao_projetos/texto.html?a=2020&n=2262&t=PL. Acesso em: 14 jul. 2021.

ORGANIZAÇÕES DAS NAÇÕES UNIDAS. **Acordo de Paris**. Paris: ONU: FCCC, 11 dez. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/node/88191>. Acesso em: 14 jul. 2021.

PINTO, Cláudio Lúcio L.; DUTRA, José I. G.; SALUM, Maria José G.; GANINE, José Fernando; OLIVEIRA, Michelly dos S. Estudo de caso: principal polo produtor de fosfato e nióbio do país. *In*: FERNANDES, Francisco R. C.; ENRIQUEZ, Maria Amélia; ALAMINO, Renata de C. J. (ed.). **Recursos minerais & sustentabilidade territorial**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2011. v. 1. p. 283-305.

ROCIO, Marco Aurélio R.; SILVA, Marcelo M. da; CARVALHO, Pedro Sérgio L. de; CARDOSO, José Guilherme R. Terras-raras: situação atual e perspectivas. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 35, p. 369-420, 2012.

SCHULZ, Klaus J.; PIATAK, Nadine M.; PAPP, John F. Niobium and tantalum. *In*: SCHULZ, Klaus J.; DEYOUNG, John H.; SEAL, Robert R., II; BRADLEY, Dwight C. (ed.). **Critical mineral resources of the United States** – Economic and environmental geology and prospects for future supply. Reston: U.S. Geological Survey, 2017. Professional Paper 1802.

SOUSA FILHO, Paulo C. de; SERRA, Osvaldo A. Terras raras no Brasil: histórico, produção e perspectivas. **Quim. Nova**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 753-760, 2014.

SOUSA, Raquel Maria F.; FERNANDES, Lucianno Eduardo; GUERRA, Wendell. Nióbio. **Química nova na escola**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 68-69, fev. 2013.

TAKEHARA, Lucy; SHINTAKU, Issao; RABELO, Débora M.; SILVEIRA, Francisco V. **Avaliação do potencial de terras raras no Brasil**. Brasília: CPRM, 2015. (Informe de Recursos Minerais. Série Minerais Estratégicos, n. 2).

U. S. GEOLOGICAL SURVEY. **Mineral Commodity Summaries**. Reston: U.S. Geological Survey, Jan. 2021. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2021/mcs2021-rare-earths.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2021.

VAN GOSEN, Bradley S.; VERPLANCK, Philip L.; SEAL, Robert R., II; LONG, Keith R.; GAMBOGI, Joseph. Rare-earth elements. In: SCHULZ, Klaus J.; DEYOUNG, John H., SEAL, Robert R., II; BRADLEY, Dwight C. (ed.). **Critical mineral resources of the United States** – Economic and environmental geology and prospects for future supply. Reston, VA: U.S. Geological Survey, 2017. Professional Paper 1802.