

POLÍTICAS PÚBLICAS E GOVERNANÇA AMBIENTAL PARA TERRAS RARAS NO BRASIL

Fernanda Claudino¹
Lucy Gomes Sant'Anna²

Resumo

O ensaio discute detalhadamente os diversos desafios regulatórios, ambientais, sociais e tecnológicos relacionados à exploração de terras raras no Brasil, ressaltando a crescente importância desses elementos químicos essenciais para a transição energética global, bem como para a segurança e soberania nacional. Por meio de uma apresentação aprofundada da contextualização geológica, econômica e jurídica do setor, o estudo amplia a reflexão sobre questões de governança, sustentabilidade e responsabilidade ambiental, além de analisar políticas públicas e estratégias nacionais voltadas ao aproveitamento estratégico e consciente dos recursos minerais. Destaca-se, ainda, a necessidade de equilibrar desenvolvimento econômico, proteção ambiental e inovação tecnológica nesse contexto.

Palavras-chave: Terras raras; Governança ambiental; Políticas públicas; Mineração sustentável; Soberania.

¹ Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9778-5356>. E-mail: fernanda.claudino@usp.br

² Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4176-7684>. E-mail: lsantann@usp.br

Abstract

The essay thoroughly discusses the various regulatory, environmental, social, and technological challenges related to the exploration of rare earth elements in Brazil, highlighting the growing importance of these chemical elements for the global energy transition as well as for national security and sovereignty. Through a detailed presentation of the geological, economic, and legal context of the sector, the study deepens the reflection on governance, sustainability, and environmental responsibility, while also analyzing public policies and national strategies aimed at the strategic and responsible utilization of mineral resources. It also emphasizes the need to balance economic development, environmental protection, and technological innovation in this context.

Keywords: Rare earths; Environmental governance; Public policies; Sustainable mining; Sovereignty.

INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico intensificado no século XXI tornou os minerais estratégicos em substâncias centrais na disputa geopolítica global. Dentre estes minerais, aqueles contendo os elementos terras raras assumiram papel determinante na transição energética, na indústria digital e no complexo industrial-militar.

Embora a China detenha cerca de 60–70% da produção mundial de terras raras, países detentores de grandes reservas, como Estados Unidos, Austrália e Brasil, buscam políticas para reduzir dependências externas e fortalecer sua soberania mineral (USGS, 2024; IEA, 2023; Humphries, 2019).

O Brasil possui estimadas dezenas de milhões de toneladas de reservas de terras raras, com destaque para os depósitos em Minas Gerais, Goiás, Bahia e Amazonas. Entretanto, o país ainda não desenvolveu uma cadeia produtiva robusta, em razão de desafios jurídicos, ambientais, econômicos e tecnológicos. A mineração constitui um dos pilares da economia brasileira, respondendo por significativa parcela das exportações e da geração de empregos. Contudo, a exploração de recursos naturais em larga escala impõe dilemas éticos,

ambientais e sociais que desafiam a noção contemporânea de desenvolvimento sustentável.

A elevada ocorrência de inconsistências nos registros oficiais de empreendimentos minerários pode representar um dos principais gargalos do setor, uma vez que tende a comprometer a fiscalização, aumentar os riscos de acidentes ambientais e dificultar tanto a transparência dos dados quanto a responsabilização das empresas em casos de irregularidades (TCU, 2019; OECD, 2017; ANM, 2022; Fonseca & Bebbington, 2020).

Nesse contexto, é urgente repensar o modelo de governança ambiental aplicado à mineração, buscando conciliar a eficiência econômica com a sustentabilidade e justiça socioambiental.

DESENVOLVIMENTO

CARACTERIZAÇÃO DAS TERRAS RARAS NO ORDENAMENTO BRASILEIRO

Os elementos terras raras constituem um grupo de dezessete elementos químicos metálicos de elevada importância tecnológica e estratégica. Embora ocorram em baixas concentrações na crosta terrestre, desempenham papel essencial na fabricação de superímãs, catalisadores e semicondutores, bem como em tecnologias voltadas à transição energética, como turbinas eólicas e veículos elétricos.

A Resolução nº 94/2022 do Ministério de Minas e Energia define recurso mineral como a ocorrência de substância mineral com forma, teor, qualidade e quantidade mensuráveis e com perspectivas razoáveis de aproveitamento econômico. Quando tal substância apresenta valor econômico comprovado, denomina-se minério. Os recursos minerais podem ser metálicos ou não metálicos, dependendo da presença de metais em sua composição.

Considerando que, nessa definição, o recurso mineral está relacionado a uma substância mineral, isso remete à definição de

mineral. Então, recursos são minerais encontrados em rochas, solos ou sedimentos. Por outro lado, quando uma substância mineral possui teor, quantidade, qualidade e valor econômico determinados, essa substância é denominada minério. Então, o termo minério implica na determinação do valor econômico.

Tanto os recursos minerais quanto os minérios podem ser classificados de diferentes formas, mas uma das classificações mais aceitas é dividi-los em metálicos e não metálicos. Aqueles que são metálicos são fonte de metais. Ou seja, são fontes de elementos químicos que, na tabela periódica, são classificados como metais. Já os recursos minerais não metálicos não são fontes de metais.

Os minerais compõem a crosta terrestre. A composição da crosta continental, que está presente principalmente na parte dos continentes, é abundante em poucos elementos químicos, incluindo silício, alumínio, ferro, cálcio, sódio, potássio, magnésio, titânio e fósforo, os quais atingem porcentagens significativas na forma de óxidos (Kamber & Ossa Ossa, 2025). A maioria dos elementos químicos naturais presentes na Terra ocorre em pequena quantidade na crosta terrestre, registrada em unidades de partes por milhão (ppm). O importante é que esses elementos químicos, apesar de ocorrerem em pequenas quantidades nos minerais da crosta, têm uma utilidade enorme para várias das atividades que a humanidade desempenha já há décadas e que têm sido incrementadas nos últimos tempos.

Ao longo da sua história, a humanidade tem precisado de uma quantidade significativa de minérios e, por isso, passou a estudar a origem dos recursos minerais no planeta. Os recursos minerais são formados por processos naturais do planeta, chamados de processos geológicos, que correspondem ao magmatismo, intemperismo, sedimentação, metamorfismo e hidrotermalismo. Para a ocorrência de recursos minerais no nosso planeta, esses processos atuam no sentido de enriquecer/concentrar minerais que têm uma composição química favorável para as várias utilidades que a sociedade requer.

Então, a procura por um determinado recurso mineral visa encontrar um depósito mineral, ou seja, um volume de rocha, solo ou sedimento com minerais de interesse para serem explorados economicamente. O maior problema é que a maior parte dos elementos químicos de interesse (incluindo vários metais, além dos elementos terras raras), requeridos para as nossas atividades produtivas na indústria, ocorre em pequena quantidade (da ordem de partes por milhão) em minerais na crosta continental.

Para melhor entendimento, pode-se recorrer ao conceito de clarke, que se refere ao conteúdo médio de metais na crosta continental. Usando este conceito, pode-se comparar a concentração de um determinado metal em uma rocha ou depósito específico com o seu clarke, tornando-se, assim, possível identificar enriquecimentos ou empobrecimentos relativos, o que contribui para a distinção entre ocorrências geológicas comuns e potenciais depósitos economicamente exploráveis.

Assim, para haver um depósito mineral, um ou mais processos naturais geológicos precisam ter promovido o enriquecimento de elementos químicos de interesse em minerais que se apresentam de maneira abundante (em grande quantidade) nesse depósito mineral. Esse enriquecimento ocorreu no passado da história da Terra, ao longo de milhares ou milhões de anos. Ressalta-se que para cada elemento químico da tabela periódica há um fator de enriquecimento na crosta terrestre.

Desta forma, para que um depósito mineral seja economicamente viável, é necessário que ele contenha um teor mínimo do elemento químico de interesse no minério. A atividade da mineração, que é a atividade legalizada para a extração mineral e longa onde ela está instalada, busca áreas favoráveis para a obtenção de minerais que ocorrem em grande quantidade e que são enriquecidos em elementos químicos de interesse. Por isso, não é em qualquer porção dos territórios continentais que existe um depósito mineral e que

haverá a extração mineral. A tarefa consiste em identificar a localização dos depósitos minerais, que representam registros da história geológica da crosta em cada continente, formados em contextos onde os processos naturais atuaram de maneira favorável à concentração de minerais e de elementos químicos de interesse.

De maneira geral, pode-se dizer que os recursos minerais e minérios não estão distribuídos homogeneamente na crosta terrestre e, por isso, a mineração é uma atividade bastante localizada. Na atualidade, o Brasil se destaca por possuir uma das maiores reservas potenciais de recursos minerais da Terra, que ainda precisam ser mais bem estudadas. O país também ocupa uma posição de destaque na extração de minérios metálicos em depósitos minerais já devidamente avaliados.

Mais recentemente, o desenvolvimento tecnológico em indústrias de alta tecnologia tem requerido muitos elementos químicos para várias áreas, incluindo a produção de energia limpa e segurança. Por isso, nos Estados Unidos, em 2008, foi lançado o relatório “National Research Council”, o qual chamou a atenção para o fato de alguns minerais apresentarem alta vulnerabilidade a interrupções em suas cadeias de suprimento, implicando em dificuldade para serem obtidos pelo país. Esses minerais foram chamados de minerais críticos.

Por outro lado, para aqueles países que contêm depósitos com grandes quantidades desses minerais, não há a mesma preocupação e, nesse caso, os mesmos minerais foram nomeados como estratégicos. Portanto, depende de cada país se um dado mineral é entendido como crítico por causa da baixa quantidade em que ocorre no seu território, ou estratégico no caso de haver em grande quantidade. Esse cenário decorre do fato de cada país ter um potencial diferente para recursos minerais em função da história geológica do seu território. Isso faz com que nenhum país tenha todos os minerais e todos os elementos químicos em quantidades apreciáveis no seu território.

Logo, alguns países serão produtores e exportadores de minerais e de elementos químicos neles contidos, enquanto outros serão necessariamente importadores.

No Brasil, a Resolução nº 2, de 18 de junho de 2021, do Ministério de Minas e Energia, estabelece a lista de minerais estratégicos para o país, que se destaca pelo elevado potencial em recursos minerais, contando com diversos depósitos já identificados e em exploração há várias décadas. É verdade que, no caso brasileiro, há alguns minerais que se enquadram como críticos, mas há um número bastante importante de minerais estratégicos. Nessa resolução, os minerais estratégicos são divididos em 3 categorias conforme o Quadro 1 a seguir.

Na primeira categoria estão os bens minerais dos quais o país depende de importação em alto percentual para o suprimento de setores vitais da economia, podendo-se destacar o minério de fosfato e, de fato, o Brasil tem feito esforços para encontrar novos depósitos minerais, mas o país ainda é importador. A segunda categoria abrange os bens minerais que detêm vantagens comparativas e que são essenciais para a economia pela geração de superávit da balança comercial do país, e compreende oito (8) minérios. A terceira categoria é a dos bens minerais que têm importância pela sua aplicação em produtos e processos de alta tecnologia e contém dezesseis (16) minérios, sendo que a maior parte deles é de minérios metálicos. Quando se compara a situação brasileira com a dos Estados Unidos e da União Europeia, nota-se que os minerais estratégicos brasileiros são minerais críticos para outras nações. Esse cenário ressalta o potencial do Brasil como um produtor e exportador destes minérios.

Bens minerais dos quais o País depende de importação em alto percentual para o suprimento de setores vitais da economia	1. Enxofre 2. Minério de Fosfato 3. Minério de Potássio 4. Minério de Molibdênio
Bens minerais que têm importância pela sua aplicação em produtos e processos de alta tecnologia	1. Minério de Cobalto 2. Minério de Cobre 3. Minério de Estanho 4. Minério de Grafita 5. Minérios do grupo da Platina 6. Minério de Lítio 7. Minério de Nióbio 8. Minério de Níquel 9. Minério de Silício 10. Minério de Tálho 11. Minério de Tântalo 12. Minério de Terras Raras 13. Minério de Titânio 14. Minério de Tungstênio 15. Minério de Urânio 16. Minério de Vanádio
Bens minerais que detêm vantagens comparativas e que são essenciais para a economia pela geração de superávit da balança comercial do País	1. Minério de Alumínio 2. Minério de Cobre 3. Minério de Ferro 4. Minério de Grafita 5. Minério de Ouro 6. Minério de Manganês 7. Minério de Nióbio 8. Minério de Urânio

Quadro 1 – Relação de minerais estratégicos para o país, divididos em três categorias de acordo com a Resolução nº 2, de 18 de junho de 2021.

Fonte: elaboração própria, 2025.

Com relação ao conhecimento dos recursos minerais e para a organização do setor mineral, no Brasil, existem duas instituições bastantes importantes para o conhecimento dos recursos minerais e para a organização do setor mineral. A primeira delas, o Serviço Geológico do Brasil (SGB), que anteriormente constituiu a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), atua como um alavancador de conhecimento no país, sendo um órgão da

hierarquia federal que tem por finalidade levantar, organizar, motivar e alavancar o conhecimento em várias áreas, incluindo recursos minerais. A segunda, é a Agência Nacional de Mineração (ANM), que anteriormente era o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) e foi elevado à categoria de agência reguladora, tem como uma de suas funções regular a atividade minerária no país. Essas duas instituições têm plataformas online que disponibilizam muitos dados sobre o setor mineral no Brasil.

Outro aspecto importante é que o país que extrai o mineral em atividade de mineração não necessariamente é o país que processa o mineral para a obtenção do metal. Assim, a cadeia de suprimento inicia-se com a atividade de mineração, responsável pela extração do recurso mineral e, em muitos casos, pelo seu beneficiamento. O beneficiamento consiste em um conjunto de técnicas destinadas a separar o mineral de interesse dos demais minerais presentes na rocha, no solo ou no sedimento, além de adequar o minério às exigências da etapa industrial subsequente. É na atividade extrativa e no beneficiamento que o Brasil tem grande destaque. O minério beneficiado é enviado para a próxima etapa, o processamento mineral, que é realizado fora da atividade de mineração. No caso de minérios de alumínio, por exemplo, esse processamento é feito numa indústria metalúrgica que realiza um tratamento específico para cada mineral e seus metais até que se obtenha o metal (alumínio) extraído do mineral. A seguir, esse metal é enviado para um próximo setor industrial, que manufaturará os produtos (peças, instrumentos, equipamentos) que a sociedade requer. Então, trata-se de uma cadeia bastante ampla, que abrange desde atividades de mineração até indústrias de desenvolvimento tecnológico, antes que o produto final chegue ao consumidor. Assim, essa cadeia de suprimento é montada por vários setores, com minerações e indústrias, e se distribui por vários países. É difícil que um país abarque toda a cadeia produtiva para a obtenção de um único metal. No caso brasileiro, faltam indústrias de processamento que agregam valor significativo ao produto final.

Um grande alvo no início do século XXI é o uso de minerais nas indústrias que produzem bens para a geração de energia a partir de fontes renováveis, como a solar e a eólica, bem como na produção de veículos elétricos, com o objetivo de diminuir ou eliminar a participação de combustíveis fósseis na matriz energética mundial.

Ou seja, as fontes de energia são renováveis, uma vez que a radiação solar e o movimento de massas de ar renovam diariamente o fornecimento de energia solar e eólica, respectivamente. No entanto, a fabricação do aparato instrumental utilizado para capturar e transformar essa energia em eletricidade requer matéria-prima mineral não renovável. Por isso, instituições internacionais vinculadas à área da energia, como a Agência Internacional de Energia (IEA), e brasileiras, como a Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE), estão destacando a elevada demanda por minerais para tecnologias dedicadas à geração de energias menos emissoras de CO₂ (eólica, solar, eletrificação de veículos).

Num comparativo, por exemplo, no setor de transporte, um veículo convencional movido à combustão utiliza cerca de 30 kg de metais na sua própria fabricação. No caso de um veículo elétrico, há necessidade de, no mínimo, 200 kg de metais por veículo. No caso de geração elétrica, por exemplo, para que haja uso de energia eólica, são necessários cerca de 10000 kg (10 toneladas) de metais por *megawatt*, se a instalação eólica ocorrer na área emersa, e quase 16000 kg de metal por *megawatt* para eólica *offshore*. Esses dados são da IEA e foram trazidos para o Brasil pela EPE, com preocupação quanto ao fato de a transição energética requerer muitos metais, que são encontrados apenas em minerais na Terra (EPE, 2025). Sendo assim, não apenas a quantidade de metais preocupa, já que os metais necessários são variados e, portanto, há necessidade de distintas atividades minerárias e industriais. No caso da energia fotovoltaica, o silício é usado em larga escala para a construção de painéis solares, sendo fornecido pelo mineral quartzo. No caso da energia eólica, são

necessários cobre, zinco e elementos terras raras. E, no caso de veículo elétrico, são necessários metais como alumínio, cobre, cobalto, níquel, lítio e elementos terras raras. Nota-se que, atualmente, há uma projeção de aumento da demanda por minerais e seus metais nas duas próximas décadas, ressaltando-se que quanto mais sustentável for o modelo empregado para viabilizar a transição energética, maior é a quantidade de minerais, em quilos ou toneladas, necessários de modo a se ter tecnologias de produção de energia limpa.

Nota-se, ainda, nos dados divulgados internacionalmente (e.g., IEA, 2022), que não faria grande diferença haver alterações tecnológicas feitas pela indústria na produção desse aparato tecnológico (painel solar, turbina eólica, bateria) disponível atualmente, uma vez que a fabricação industrial continua a requerer algum metal. Na verdade, o que acontece é a substituição de um metal por outro. Por exemplo, a tecnologia atual disponível para a fabricação de painel solar demanda principalmente silício, mas caso fosse outra tecnologia, cádmio, gadolínio ou arsênio poderiam ser requeridos. Então, no final das contas, um metal ou outro acaba sendo necessário tanto no caso da fotovoltaica destinada à grande escala ou geração distribuída.

Na geração de energia eólica, os elementos terras raras têm se tornado bastante conhecidos, com destaque para o neodímio, que é utilizado para a fabricação de super ímãs, ou ímãs permanentes, que possuem grande eficácia como material magnético para o funcionamento da própria turbina, bem como para a instalação de peças, equipamentos e instrumentos dentro da torre da eólica.

A China é um país que lidera o processamento mineral para extração de vários elementos químicos, incluindo cobre, níquel, cobalto, lítio e terras raras. Esse domínio não se limita à produção mineral, mas estende-se ao controle das cadeias industriais e tecnológicas, configurando uma vantagem geopolítica significativa na transição energética e na economia digital. Essa centralização evidencia a dependência global de poucos polos de processamento mineral e revela

o desafio dos demais países, como o Brasil, em desenvolver autonomia tecnológica e industrial para o processamento interno de seus recursos minerais estratégicos.

Nesse contexto, compreender a natureza jurídica das terras raras no ordenamento brasileiro torna-se essencial para a formulação de políticas públicas capazes de transformar potencial geológico em soberania produtiva e tecnológica.

NATUREZA JURÍDICA DAS TERRAS RARAS NO ORDENAMENTO BRASILEIRO

No Brasil, a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981) e o Código de Mineração (Decreto-Lei nº 227/1967) — ambos ainda em vigor — estabelecem diretrizes legais para o uso racional dos recursos naturais e a atividade minerária. Contudo, na prática observa-se uma distância entre o arcabouço legal e sua implementação, evidenciada por fragilidades institucionais e dificuldades de integração entre órgãos de controle, como a Agência Nacional de Mineração (ANM) e os órgãos ambientais estaduais, o que pode comprometer a efetividade da fiscalização e a proteção socioambiental.

Segundo a reportagem de Kellen Barreto, em 02/12/2025 (G1, 2025), as falhas decorrem tanto de sistemas obsoletos de informação quanto da falta de integração entre bases de dados públicas e privadas. Essa lacuna digital repercute diretamente na capacidade de monitoramento de riscos, especialmente em áreas de barragens e jazidas ativas, onde a rastreabilidade é fundamental para prevenir desastres como os de Mariana (2015) e Brumadinho (2019).

A governança ambiental, conforme o conceito de Young (2017), implica na coordenação entre atores públicos e privados para a gestão responsável dos bens comuns. Nesse sentido, políticas públicas voltadas à mineração sustentável devem priorizar a interoperabilidade de sistemas, a digitalização de processos e o fortalecimento das capacidades técnicas dos entes federativos.

A sustentabilidade, por sua vez, transcende o discurso de mitigação e requer práticas efetivas de compensação e regeneração ambiental. Programas de recuperação de áreas degradadas, mecanismos de *compliance* ambiental e incentivos fiscais à inovação verde são instrumentos que podem alinhar o setor mineral aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial o ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis) e o ODS 15 (Vida Terrestre).

TERRAS RARAS COMO RECURSO ESTRATÉGICO E SEGURANÇA NACIONAL

As terras raras assumem posição central na transição energética global, constituindo insumo essencial para tecnologias limpas, equipamentos médicos, defesa e comunicação. O Brasil, ao deter grandes reservas desses elementos, deve tratar sua exploração priorizando a segurança nacional e a soberania tecnológica.

Embora o Decreto nº 10.965/2022 tenha atualizado a Política Mineral Brasileira e a Resolução nº 2, de 18/06/2021, trate as terras raras como elementos estratégicos para o Brasil, ainda falta um marco específico para minerais estratégicos, de modo a priorizar projetos e evitar dependência externa. Experiências internacionais demonstram que países como Estados Unidos, China e Austrália adotam políticas combinando incentivo industrial, controle estatal e inovação tecnológica.

A ausência de um planejamento nacional integrado gera dispersão normativa e fragiliza a capacidade do Estado em regular e agregar valor à cadeia produtiva. Uma política nacional de terras raras deve, portanto, incluir metas de beneficiamento interno, formação de reservas estratégicas e estímulo a parcerias público-privadas orientadas à pesquisa aplicada.

Como exemplos internacionais de políticas para minerais críticos, podem ser citados:

- 1) Acordo EUA–Austrália para diversificação da cadeia de minerais críticos. Em outubro de 2025, Estados Unidos e Austrália assinaram um “framework” conjunto para garantir o abastecimento de minerais críticos e terras raras por meio da mineração, separação e processamento domésticos. O acordo prevê: investimentos públicos e privados coordenados; facilitação de financiamento (capital, empréstimos, garantias); aceleração e simplificação de licenças para mineração e refino; e medidas para proteger os mercados domésticos de práticas injustas de comércio internacional.
- 2) Incentivos fiscais e estímulo à industrialização na Austrália. A Austrália introduziu incentivos para processamento interno de minerais críticos, inclusive para reduzir dependência externa. Isso ajuda a atrair investimentos para projetos de mineração e beneficiamento no país, ou seja, não basta minerar: é preciso processar e incorporar valor agregado localmente.
- 3) Política norte-americana de “*onshoring*” (reindustrialização doméstica) e parcerias internacionais. Os EUA vêm combinando: mapeamento geológico intensificado; incentivo estatal à mineração doméstica de minerais críticos; formação de parcerias público-privadas; apoio a toda a cadeia, desde extração até elaboração de produtos finais, para diminuir vulnerabilidade externa e garantir segurança estratégica.
- 4) Regulação de exportações e uso dos minerais pela China. A China detém ampla fatia da mineração, do processamento e da fabricação de produtos finais feitos a partir de minerais críticos e terras raras. Esse domínio permite à China usar exportações e regulação como instrumento geopolítico e econômico, controlando oferta, preços, e impondo restrições conforme interesses estratégicos.

Essas experiências evidenciam que:

- Políticas efetivas exigem mais do que leis de mineração ou ambientais tradicionais: dependem de diretrizes específicas para minerais estratégicos, com incentivos, metas de processamento interno e integração vertical (mineração → refino → produção industrial);
- A coordenação entre Estado e setor privado, via investimentos públicos e incentivos fiscais, pode viabilizar industrialização local, agregando valor e reduzindo vulnerabilidade externa;
- A diversificação da cadeia global (parcerias internacionais, acordos bilaterais ou multilaterais) ajuda a diluir o domínio de um único país e aumentar a resiliência;
- A regulação estatal sobre exportações, licenciamento e políticas industriais pode ser usada como instrumento estratégico e geopolítico, mas exige equilíbrio institucional, transparência e salvaguardas ambientais.

Diante desse panorama, torna-se evidente que a consolidação de uma política nacional de terras raras no Brasil deve articular competitividade econômica e sustentabilidade socioambiental — pois os avanços tecnológicos e industriais estarão sempre condicionados à superação dos desafios ambientais, regulatórios, econômicos e tecnológicos inerentes à exploração desses minerais estratégicos.

DESAFIOS AMBIENTAIS E REGULATÓRIOS, BARREIRAS ECONÔMICAS E TECNOLÓGICAS

A extração de terras raras apresenta alto potencial de impacto ambiental, principalmente pela geração de rejeitos radioativos (tório e urânio) e pelo uso intensivo de reagentes químicos. Apesar do Brasil dispor de arcabouço ambiental robusto, falta normatização técnica específica para esse tipo de mineração, o que dificulta a fiscalização integrada.

Os órgãos competentes, ANM, IBAMA, CNEN e Ministério da Defesa, atuam de forma fragmentada. Essa sobreposição reduz a eficiência e amplia os riscos de lacunas de controle. Pensando na experiência internacional, os modelos adotados pela Agência Ambiental Canadense e pela União Europeia, criam protocolos unificados de licenciamento ambiental para minerais críticos, com parâmetros radiológicos e de gestão de resíduos mais rigorosos, além de auditorias independentes.

Outro desafio é a necessidade de integrar o princípio da precaução (art. 225 da CF) à política minerária. A sustentabilidade exige monitoramento contínuo, reabilitação de áreas degradadas e transparência pública sobre riscos e planos de emergência.

O Brasil ocupa posição relevante em reservas, mas periférica na cadeia global de valor. A falta de tecnologia de separação e purificação dos elementos terras raras mantém o país dependente de exportar concentrados brutos, o que reduz competitividade e soberania industrial. Superar essa barreira requer investimento em tecnologias de beneficiamento e refino, integração universidade-indústria e políticas de fomento que articulem o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) com o setor produtivo. Programas como o Plano Nacional de Mineração 2050 poderiam incorporar metas específicas para a verticalização da produção e para a criação de polos tecnológicos regionais em Minas Gerais, Goiás e Bahia.

SUGESTÕES DE APRIMORAMENTO JURÍDICO-INSTITUCIONAL

MARCO REGULATÓRIO ESPECÍFICO

A criação de uma Lei Nacional de Terras Raras poderia:

- (i) Utilizar critérios para enquadramento de projetos como estratégicos, a exemplo do Critical Minerals Strategy da Austrália, que

define prioridades nacionais com base em segurança energética e valor agregado; (ii) Trazer requisitos de conteúdo local e sustentabilidade, como faz a European Critical Raw Materials Act (2023), que exige metas de processamento e reciclagem dentro do bloco europeu; (iii) Adotar regras diferenciadas de licenciamento ambiental, inspiradas no modelo canadense da Impact Assessment Act, que integra licenciamento radiológico, ambiental e social num único processo; (iv) Oferecer incentivos fiscais e linhas de crédito verdes para pesquisa e inovação, a exemplo do Inflation Reduction Act dos Estados Unidos, que destina subsídios e créditos fiscais à produção limpa de minerais estratégicos.

FORTALECIMENTO INSTITUCIONAL

Os órgãos competentes, ANM, IBAMA, CNEN e Ministério da Defesa, atuam de forma fragmentada, o que reduz a eficiência institucional e amplia os riscos de lacunas de controle. Modelos adotados por entidades internacionais têm demonstrado melhores resultados precisamente por integrarem protocolos unificados de licenciamento ambiental para minerais críticos, com parâmetros radiológicos e de gestão de resíduos mais rigorosos, além de auditorias independentes e mecanismos de transparência pública. Um exemplo relevante é o modelo canadense de governança mineral, coordenado pela Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC) e pela Impact Assessment Agency of Canada (IAAC), que estabelece um processo integrado de licenciamento ambiental e radiológico para substâncias nucleares e minerais críticos. Esse modelo exige avaliações cumulativas de impacto, planos de gestão de longo prazo dos rejeitos e consultas públicas obrigatórias com comunidades indígenas e locais, assegurando rastreabilidade e responsabilidade socioambiental em todas as etapas do ciclo de mineração (Government of Canada, 2023; OECD, 2022). De modo semelhante, a União Europeia, por meio da Critical Raw Materials Act (2023), vem adotando padrões comuns de

avaliação de risco e transparência interinstitucional, buscando superar a fragmentação regulatória entre os Estados-Membros e garantir segurança no suprimento e sustentabilidade ambiental na extração de minerais estratégicos.

POLÍTICA INDUSTRIAL E TECNOLÓGICA

Incentivos à implantação de plantas de refino e à produção de superímãs, ligas e semicondutores devem ser priorizados, criando um ecossistema de inovação. Essa verticalização aproxima-se das estratégias industriais sustentáveis da União Europeia. Como exemplos, temos:

- 1) A demanda global por ímãs permanentes de terras raras (essenciais para veículos elétricos, turbinas eólicas, eletrônicos etc.) atingiu cerca de 280 mil toneladas por ano em 2024, das quais ~ 250 mil t/a são ímãs do tipo NdFeB, os de maior desempenho. A expectativa é de crescimento contínuo, em ritmo de cerca de 9% ao ano até 2030; o que pode elevar a demanda para cifras da ordem de 1,3 milhão t/a até 2050;
- 2) Em 2024, a demanda por terras raras ligadas a motores de veículos elétricos chegou a 37 kt, um aumento de 32% em relação ao ano anterior, reflexo da forte expansão das vendas globais de EVs;
- 3) O mercado mundial de ímãs permanentes já soma um valor estimado em US\$ 18,2 bilhões em 2024, com projeção para cerca de US\$ 32,4 bilhões até 2034, acompanhando a expansão de setores de energia limpa, mobilidade elétrica e eletrônica;
- 4) Com a reorientação global da cadeia produtiva, motivada por tensões geopolíticas e risco de dependência externa, há uma realocação estratégica da produção de ímãs fora da China, com países na Europa e nas Américas buscando

estabelecer refinarias e fábricas de magnetos e ligas, o que demonstra que a “verticalização” da cadeia (mineração → refino → magnetos / semicondutores) é hoje uma via de autonomia industrial e segurança tecnológica.

Se o Brasil desenvolver essa cadeia completa, da extração à produção de magnetos, ligas e semicondutores, poderia aproveitar o forte crescimento mundial da demanda por tecnologias verdes (EVs, energias renováveis, eletrônicos) para se inserir como fornecedor estratégico global, agregando valor internamente.

A verticalização industrial reduziria a vulnerabilidade a choques externos (exportações concentradas, controle de oferta por poucos países), fortalecendo a soberania tecnológica e energética do país.

Além disso, um mercado global em expansão e previsível (crescimento robusto de longo prazo) oferece uma janela favorável para investimentos domésticos em refinarias, P&D e cadeias industriais modernas, algo que justifica amplamente a adoção de uma política nacional própria para minerais estratégicos contendo terras raras.

Incentivos à implantação de plantas de refino e à produção de superímãs, ligas e semicondutores devem ser priorizados, criando um ecossistema de inovação. Essa verticalização aproxima-se das estratégias industriais sustentáveis da União Europeia e acompanha a tendência global de fortalecimento das cadeias produtivas de minerais estratégicos, cuja demanda por ímãs permanentes e metais de alta tecnologia cresce acima de 9% ao ano até 2030 (ThunderSaid Energy, 2024; Emergen Research, 2024).

Relatórios internacionais indicam que o mercado mundial de ímãs permanentes, estimado em US\$ 18,2 bilhões em 2024, poderá ultrapassar US\$ 32 bilhões até 2034 (Emergen Research, 2024), impulsionado pelo avanço da mobilidade elétrica, da energia eólica e da indústria de semicondutores. Nesse cenário, países que investem em processamento interno, como Austrália, Estados Unidos e membros

da União Europeia, já começam a reduzir sua dependência da China, que hoje domina mais de 80% da capacidade global de refino e manufatura de terras raras (OECD, 2022; European Union, 2023).

Ao desenvolver capacidade nacional de beneficiamento e manufatura, o Brasil poderá reforçar sua autonomia energética e tecnológica, consolidando-se como ator estratégico na transição verde e na economia de baixo carbono (Cabral & Lima, 2021). Esse movimento torna-se ainda mais relevante diante das recentes iniciativas legislativas que visam estruturar uma política integrada para os minerais críticos e terras raras (MME, 2023; CPRM, 2022).

Em 9 de dezembro de 2025, a Comissão de Assuntos Econômicos (CAE) do Senado Federal aprovou o projeto de lei que cria a Política Nacional de Minerais Estratégicos e Terras Raras, proposta voltada à soberania mineral e tecnológica do país. O texto segue agora para apreciação na Comissão de Meio Ambiente (CMA) antes de ir ao plenário.

A política busca estimular a exploração sustentável de minerais contendo lítio, nióbio e terras raras, insumos essenciais à transição energética e à indústria tecnológica, e estabelece diretrizes para:

- mapeamento geológico e digitalização de dados sobre reservas estratégicas;
- beneficiamento interno e industrialização local dos minerais, reduzindo a dependência da China e de outros polos de refino (OECD, 2022; IEA, 2022);
- parcerias público-privadas e estímulo à pesquisa científica (Australian Government, 2023; White House, 2022);
- integração de órgãos reguladores (ANM, MME, CNEN, IBAMA e Defesa) sob uma governança única (Costa, 2020; Young, 2017);
- criação de um fundo nacional de inovação mineral com incentivos fiscais verdes (DOE, 2020; European Union, 2023).

O Ministério de Minas e Energia (MME) destacou que a medida é estratégica para alinhar o Brasil às políticas globais de segurança energética e cadeias limpas de suprimento (IEA, 2022; OECD, 2023). Especialistas ressaltaram, entretanto, a necessidade de incorporar parâmetros ambientais e radiológicos específicos, a fim de garantir a sustentabilidade e evitar lacunas de controle como as verificadas em empreendimentos passados (Government of Canada, 2023; European Union, 2023).

Assim, o projeto representa um marco regulatório com potencial para estruturar a cadeia nacional de terras raras e minerais estratégicos, promovendo uma integração entre política industrial, inovação científica e governança ambiental (MME, 2023; CPRM, 2022).

Nota-se que a iniciativa reflete a urgência de consolidar um modelo de soberania sustentável, capaz de transformar o potencial geológico brasileiro em desenvolvimento tecnológico de alto valor agregado, assegurando ao país papel de destaque na economia verde e na geopolítica da transição energética (Cabral & Lima, 2021; Humphries, 2021; Kiggins, 2015; UOL, 2025).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As terras raras representam uma fronteira estratégica do desenvolvimento nacional. Sua exploração responsável exige um novo pacto entre Estado, academia, setor privado e sociedade civil, capaz de alinhar soberania, sustentabilidade e inovação.

O fortalecimento da governança mineral e ambiental, aliado a um marco regulatório moderno, permitirá ao Brasil transformar o potencial geológico em capital tecnológico e ambientalmente responsável, contribuindo para a transição energética global e para a segurança nacional.

O avanço da mineração sustentável depende de uma governança ambiental robusta e transparente, apoiada em bases de dados

confiáveis e políticas públicas integradas. O diagnóstico recente sobre as falhas nos registros oficiais deve servir como alerta para a necessidade de modernização tecnológica e normativa do setor.

Mais do que reparar falhas administrativas, o desafio reside em repensar o papel do Estado como promotor de sustentabilidade, incorporando instrumentos digitais de rastreabilidade, auditoria e fiscalização participativa. Assim, o Brasil poderá consolidar um modelo de exploração mineral compatível com os princípios do desenvolvimento sustentável e com as expectativas de uma sociedade cada vez mais consciente de seu patrimônio ambiental.

REFERÊNCIAS

ANM – Agência Nacional de Mineração. Relatório de Gestão e Fiscalização da Mineração. Brasília, 2022.

ANM – Agência Nacional de Mineração. Relatório de Gestão e Fiscalização da Mineração. Brasília, 2022.

Australian Government. Critical Minerals Strategy 2023–2030. Canberra: Department of Industry, Science and Resources, 2023.

Barreto, K. Quantidade de falhas em registros são gargalo no setor de mineração, avaliam especialistas. *GI, Economia*, 02/12/2025, Brasília.

BGS – British Geological Survey. Rare Earth Elements: Mineral Profile. Nottingham: BGS, 2022.

Brasil. Constituição da República Federativa do Brasil. 1988.

Brasil. Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração).

Brasil. Decreto nº 9.406, de 12 de junho de 2018.

Brasil. Decreto nº 10.965, de 11 de fevereiro de 2022 (Política Mineral Brasileira).

Brasil. Lei nº 13.575, de 26 de dezembro de 2017 (Criação da ANM).

Cabral, M.; Lima, H. Terras Raras e Geopolítica Energética. *Revista de Geopolítica*, 2021.

Canadá. Impact Assessment Act (IAA). Government of Canada, 2023. Disponível em: <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/acts/I-2.75>. Acesso em: 14 dez. 2025.

Clarke, F. W.; Washington, H. S. The Composition of the Earth's Crust. U.S. Geological Survey Professional Paper 127. U.S. Government Printing Office, 1924.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Terras Raras no Brasil: Potencialidades e Desafios. Brasília: CPRM, 2022.

Costa, L. M. Direito Minerário e Regulação de Recursos Estratégicos. São Paulo: Atlas, 2020.

DOE – United States Department of Energy. Energy Act of 2020: Securing Critical Mineral Supply Chains. Washington, D.C., 2020.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Minerais críticos e estratégicos para a transição energética, 2025.

European Union. Regulation (EU) 2023/1605 of the European Parliament and of the Council establishing a framework for ensuring a secure and sustainable supply of critical raw materials. Official Journal of the European Union, 2023.

Fonseca, A.; Bebbington, A. Transparency, accountability and mining governance: lessons from environmental disasters. *Resources Policy*, v. 65, 2020.

Guo, M.; Li, C.; Liu, J. Global rare earth elements resources, reserves and production: A critical review. *Journal of Rare Earths*, v. 38, n. 12, p. 1230–1246, 2020.

Humphries, M. Rare Earth Elements: The Global Supply Chain. Congressional Research Service, Washington, DC, 2019.

Humphries, M. Rare Earth Elements: The Global Supply Chain. Congressional Research Service, Washington, D.C., 2021.

IEA – International Energy Agency. The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. Paris, 2022.

IEA – International Energy Agency. The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. Paris, 2023.

Kamber, B. S.; Ossa Ossa, F. Evolution of continental crust and sedimentary rock chemistry through time. In: Anbar, A. (Ed.). *Treatise on Geochemistry*, 3rd ed., Vol. 2, pp. 729–773. Elsevier, 2025.

MME – Ministério de Minas e Energia. Política Mineral Brasileira para Minerais Críticos e Estratégicos. Brasília, 2023.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Minerals, critical minerals, and the U.S. economy. Washington, DC: The National Academies Press, 2008.

OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development. OECD Due Diligence Guidance for Responsible Supply Chains of Minerals. Paris, 2017.

OECD. Critical Minerals and Global Supply Chains. Paris: OECD Publishing, 2022.

Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Estudos sobre depósitos de terras raras no Brasil. 2020.

Senado Federal. CAE aprova projeto que cria Política Nacional de Minerais Críticos e Estratégicos (PL 4443/2025). Brasília: Senado Federal, 09 dez. 2025. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2025/12/09/cae-aprova-politica-nacional-para-processamento-de-minerais-criticos>. Acesso em: 14 dez. 2025.

Silva, T. F.; Moraes, R. F. Governança e desafios tecnológicos na cadeia produtiva das terras raras no Brasil. *Revista Brasileira de Política Internacional*, v. 64, n. 2, p. 1–20, 2021.

TCU – Tribunal de Contas da União. Acórdão nº 1.079/2019 – Avaliação da Governança da Mineração no Brasil. Brasília, 2019.

UOL Economia. “Senado avança com projeto de política nacional de minerais críticos e terras raras”, publicado em 09 dez. 2025. Disponível em: <https://economia.uol.com.br>. Acesso em: 14 dez. 2025.

United States Geological Survey (USGS). Mineral Commodity Summaries: Rare Earths. Reston, Virginia: USGS, 2023.

USGS – United States Geological Survey. Mineral Commodity Summaries: Rare Earths. Washington, DC, 2024.

White House. National Strategy for Critical and Emerging Technologies. Washington, D.C.: The White House, 2022.

Youngs, R. Europe’s Eastern Crisis: The Geopolitics of Asymmetry. Cambridge University Press, 2017.

Recebido em 15.12.2025
Aprovado em 11.04.2026