Exploração e prospecção de terras raras no Brasil: História e desafios

https://doi.org/10.56238/levv15n40-002

Luciano da Costa Santos
Discente do programa de pós-graduação em Física da UFAM
E-mail: lucmanaus@gmail.com

RESUMO
A prospecção de Elementos Terras Raras (ETR) no Brasil é de grande importância estratégica devido à crescente demanda global por esses recursos, essenciais em setores tecnológicos avançados, como eletrônicos, energias renováveis (turbinas eólicas), e mobilidade elétrica (baterias e motores de alta eficiência). A exploração de compostos contendo ETR no Brasil teve início em 1885, com a extração de areia monazítica na região de Prado, Bahia. Desde então, tanto empresas privadas quanto instituições governamentais, como o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), têm desempenhado papéis fundamentais nesse setor. As pesquisas geológicas e os estudos de viabilidade econômica são etapas fundamentais para identificar depósitos viáveis e desenvolver métodos eficientes de extração e processamento. A metodologia utilizada baseia-se em uma análise de fontes históricas e científicas, destacando os principais desafios, como a contaminação ambiental gerada pelos resíduos da mineração. Conclui-se que, para que o Brasil recupere e fortaleça sua posição no mercado global de terras raras, é fundamental intensificar a adoção de práticas de mineração sustentáveis e avançar na inovação tecnológica, como demonstrado pelos recentes esforços em projetos como o LabFabITR.

Palavras-chave: Terras Raras, Prospecção, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Os elementos terras raras (ETR) compõem um grupo de substâncias químicas geralmente encontradas na natureza, associadas a minérios, cuja extração se revela desafiadora — o que justifica a sua denominação. Esses elementos possuem características singulares, como elevado magnetismo e a capacidade de absorver e emitir luz, o que os torna amplamente aplicados em diversas inovações tecnológicas, a exemplo das lâmpadas de LED, lasers, superímãs utilizados em discos rígidos de computadores, motores de veículos elétricos, além de desempenharem papel crucial na separação de componentes do petróleo.

Os ETR pertencem à série dos lantanídeos, abrangendo números atômicos entre 57 e 71 (grupo IIIB da Tabela Periódica). Esse conjunto tem início com o lantânio (La) e se encerra com o lutécio (Lu), incluindo ainda o escândio (Sc) e o ítrio (Y), que compartilham propriedades químicas similares. Estes elementos estão presentes, sobretudo, em minerais como bastnaesita, monazita, argilas iônicas portadoras de terras raras e xenotímio.

A trajetória da prospecção e exploração de elementos estratégicos no Brasil é relativamente recente quando comparada à de outros minerais. A identificação de depósitos significativos dessas substâncias em território brasileiro remonta ao início do século XX, acompanhando o aumento da demanda mundial por minerais estratégicos, impulsionado pelo progresso industrial e tecnológico. Todavia, foi somente entre as décadas de 1950 e 1960 que o interesse sistemático e a exploração dos Elementos Terras Raras (ETR) no Brasil se intensificaram de forma mais organizada. Nesse período, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e outras instituições de pesquisa realizaram levantamentos geológicos que evidenciaram a presença de ETR em diversas regiões do país, especialmente nos estados de Minas Gerais, Goiás, Bahia e Amazonas. Essa descoberta posicionou rapidamente o Brasil entre os países com maior potencial para a exploração de terras raras, devido à vasta quantidade e à diversidade dos depósitos identificados (Morato, 2019; ABC, 2018).

A exploração inicial das terras raras no Brasil enfrentou uma série de desafios tecnológicos. A extração e separação dos ETR dos minérios em que se encontram, como bastnaesita ((Ce, La)CO3F), monazita ((Ce, La)PO4), xenotímio (YPO4) e argilas iônicas portadoras de minerais críticos, são processos altamente complexos que exigem tecnologias avançadas. Nos primeiros anos, a ausência de infraestrutura adequada e o conhecimento técnico limitado dificultaram significativamente a exploração econômica desses elementos. A falta de desenvolvimento industrial para lidar com tais processos resultou em baixa eficiência nas operações de extração e separação, limitando o potencial do Brasil no setor de terras raras durante esse período (Morato, 2019; Moura, 2015; Vieira, 2012; Porto, 2019

Para enfrentar essas dificuldades, o Brasil começou a investir em estudos científicos e tecnológicos, muitas vezes em parceria com organizações estrangeiras. A criação de laboratórios

especializados e a evolução de novos métodos de extração e tratamento foram fundamentais para melhorar a habilidade do país em explorar de forma mais efetiva seus recursos de ETR.

Por outro lado, a extração de minerais de terras raras é uma atividade que pode ter graves consequências ambientais, incluindo o surgimento de resíduos prejudiciais e a poluição do solo e da água. Esses desafios ambientais representam grandes obstáculos para o desenvolvimento da exploração das ETR no Brasil. A legislação ambiental brasileira, reconhecida como uma das mais rigorosas em escala mundial, impõe diversas exigências destinadas a mitigar esses impactos, o que também resulta na elevação dos custos e na complexidade das operações mineradoras.

Além disso, a adesão aos padrões internacionais de sustentabilidade e cuidado ambiental impôs exigências mais rigorosas às operações mineradoras no país. As empresas e organizações ligadas à busca e exploração de minerais raros tiveram que criar e adotar métodos de mineração que fossem mais amigáveis ao meio ambiente e sustentáveis. A relevância econômica das terras raras é imensa, considerando a sua vasta aplicação em diferentes setores da alta tecnologia. Esses elementos são componentes indispensáveis de produtos como lâmpadas de LED, ímãs permanentes usados em motores de veículos elétricos, turbinas eólicas, dispositivos eletrônicos e catalisadores para a indústria petroquímica.

Ciente da importância estratégica desses recursos, o Brasil tem buscado fortalecer sua posição no mercado global de terras raras. Nos últimos anos, foram implementados esforços significativos para atrair investimentos, tanto nacionais quanto internacionais, destinados à exploração e ao desenvolvimento de projetos de mineração de ETR. A formação de parcerias com empresas multinacionais e a celebração de acordos de cooperação com países que detêm tecnologia avançada para a extração e processamento de recursos essenciais têm sido estratégias fundamentais para fomentar o crescimento do setor no Brasil.

As perspectivas para a prospecção e exploração de ETR no Brasil são favoráveis, embora ainda cercadas de desafios. A necessidade de inovação tecnológica contínua, o aprimoramento das práticas sustentáveis e a construção de uma infraestrutura sólida são elementos cruciais para assegurar o êxito a longo prazo. O governo brasileiro, em conjunto com o setor privado e a academia, tem trabalhado para criar um ambiente propício ao desenvolvimento do setor de terras raras. Políticas públicas voltadas para a mineração sustentável, incentivos fiscais para projetos de pesquisa e desenvolvimento, além da capacitação de profissionais qualificados, figuram entre as iniciativas em andamento para consolidar o Brasil como uma nação de destaque na produção de terras raras.

Por conseguinte, a trajetória da prospecção de terras raras no Brasil reflete um reconhecimento crescente de seu potencial econômico e estratégico, bem como a determinação em superar os desafios técnicos, econômicos e ambientais. Com o compromisso constante com a inovação e a

sustentabilidade, o Brasil se encontra em uma posição privilegiada para desempenhar um papel relevante no fornecimento global desses elementos essenciais ao avanço tecnológico.

Este estudo adota uma metodologia bibliográfica, fundamentada na exploração de fontes históricas e acadêmicas sobre a prospecção e exploração de Elementos Terras Raras (ETR) no Brasil. Segundo Gil (2022), a pesquisa bibliográfica envolve um levantamento sistemático de materiais publicados, com o objetivo de fornecer uma análise crítica e fundamentada do tema. A pesquisa incluiu livros, artigos, relatórios técnicos e documentos institucionais, selecionados com base na relevância e atualidade.

Complementando essa abordagem, adotou-se também a metodologia descrita por Lakatos e Marconi (2004), que enfatiza a importância da análise criteriosa de materiais previamente publicados para consolidar o conhecimento sobre determinado tema. A análise qualitativa, conforme Severino (2020), foi essencial para identificar tanto os avanços tecnológicos quanto os desafios relativos à infraestrutura e regulamentação ambiental. A coleta de dados utilizou fontes secundárias confiáveis, obtidas por meio de bases acadêmicas como CAPES, Scielo e Google Scholar, garantindo a robustez dos resultados.

2 HISTÓRICO DA EXPLORAÇÃO DOS TERRA RARAS NO BRASIL

Conforme Loureiro (2013), em 1787, na vila de Ytterby, situada a aproximadamente 30 quilômetros de Estocolmo, o tenente do exército sueco Karl Axel Arrhenius, que também atuava como mineralogista amador, identificou um mineral, chamado iterbita, que continha elementos terras raras. Cerca de um século após essa descoberta na Suécia, o Brasil iniciou a produção de monazita em Cumuruxatiba, um distrito localizado no município de Prado, no litoral baiano. Esse recurso mineral foi utilizado principalmente para atender à demanda por mantas incandescentes, empregadas em lampiões a gás. Como vestígio dessa fase histórica, ainda hoje é possível observar, por meio de imagens de satélite, um antigo píer de madeira com centenas de metros de extensão, que permanece como um marco desse período (Takehara, 2015).

Segundo Filho e Serra (2014), a exploração de terras raras no Brasil começou por volta de 1885, com a extração de monazita nas praias de Prado, Bahia. Inicialmente, essa extração ocorria sem cobrança, com a areia sendo utilizada como lastro para navios que retornavam para a Europa e Estados Unidos. Entre os anos de 1885 e 1890, estima-se que o engenheiro John Gordon, à frente da empresa norte-americana E. Johnston & Co., tenha exportado cerca de 15.000 toneladas de monazita para a Europa, após obter concessões para explorar as praias através de contratos com o governo brasileiro.

No início do século XX, a prospecção de terras raras no Brasil era marcada pelo uso de métodos relativamente simples e rudimentares. A extração da monazita, principal fonte de elementos terras raras no país à época, ocorria principalmente nas areias de praias e rios, com destaque para as regiões do

litoral brasileiro. A Figura 1 ilustra o processo de extração de monazita nas praias de Guarapari, no Espírito Santo, uma das áreas mais conhecidas por essa atividade (Takehara, 2015).

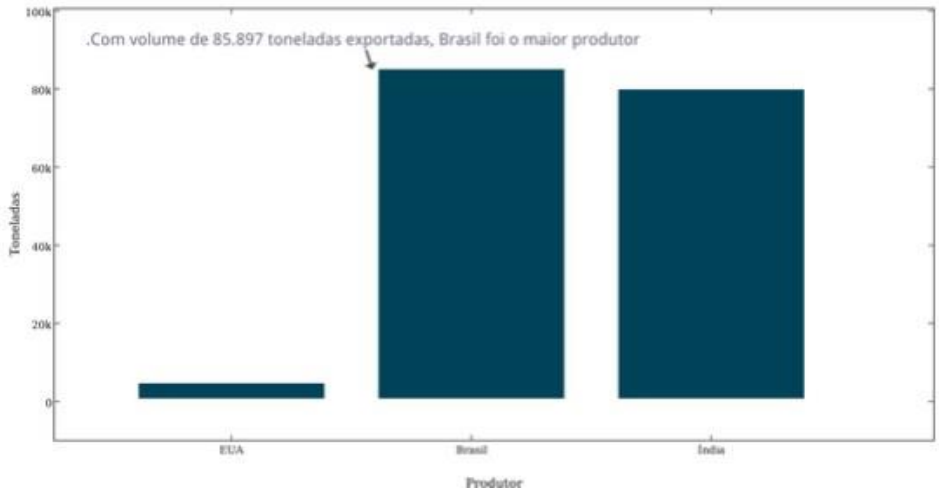
Figura 1 - Retirada e transporte de areia monazítica de Guarapari no início do século XX.



Fonte: A Gazeta (2015)

O mineral rico em elementos terras raras, como a monazita, era extraído manualmente ou com a utilização de equipamentos de mineração simples. A extração foi em grande parte realizada por empresas estrangeiras, que viam no Brasil uma fonte abundante e de fácil acesso a esses recursos. Após a extração, a areia monazítica era frequentemente exportada para nações industrializadas, onde os processos de separação e refino dos elementos terras raras eram mais avançados. Conforme indicado no Gráfico 1, os volumes de extração de areia monazítica nos Estados Unidos, Brasil e Índia, entre os anos de 1887 e 1949, revelam o papel significativo do Brasil na produção mundial de terras raras nesse período" (A Gazeta, 2015; Takehara, 2015)

Gráfico 1 - Extração de areia monazítica - 1887 a 1949.



Fonte: A Gazeta (2015)

A inexistência de regulamentações rígidas e a falta de conhecimento acerca dos potenciais impactos ambientais e radioativos da monazita conduziram à adoção de práticas de extração que, sob a ótica contemporânea, seriam consideradas insustentáveis e inseguras. Entretanto, essa fase inicial de prospecção estabeleceu as bases para a posterior exploração industrial das terras raras no Brasil, que se consolidaria ao longo das décadas subsequentes, impulsionada pelos avanços tecnológicos e pela compreensão mais aprofundada dos recursos disponíveis (A Gazeta, 2015).

A partir da década de 1940, foram firmados acordos formais entre Brasil e Estados Unidos, institucionalizando práticas que já vinham sendo conduzidas por empresas privadas, sem a devida supervisão ou fiscalização. O então presidente Getúlio Vargas comprometeu-se a fornecer areia monazítica brasileira aos Estados Unidos a preços reduzidos, em conformidade com a chamada "Política da Boa Vizinhança" entre os dois países. No entanto, parte da elite intelectual brasileira defendia que a matéria-prima permanecesse no país, com o intuito de fomentar uma política nacional para o desenvolvimento da tecnologia nuclear, uma proposta que não prosperou (A Gazeta, 2015).

Ademais, apesar das várias tentativas de negociação, os Estados Unidos se recusaram a compartilhar tecnologia e conhecimento atômico com o Brasil, o que culminou em um mal-estar político que resultou na criação de uma Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI) em 1956, com o objetivo de investigar os interesses brasileiros nos acordos com os norte-americanos (A Gazeta, 2015).

De acordo com Nishioka (2023), até o ano de 1949, o Brasil já se destacava como um dos principais fornecedores globais de terras raras, graças à Usina Santo Amaro, localizada em São Paulo e operada pela empresa Indústrias Químicas Reunidas (Orquina). Em 1962, o governo federal nacionalizou parte dessa empresa, em virtude do fato de que a monazita — o principal minério extraído — continha elementos radioativos, cuja exploração passou a ser monopólio da União. Com isso, a produção de terras raras ficou sob a responsabilidade da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

Ainda conforme Filho e Serra (2014), na década de 1970, a empresa foi rebatizada como NUCLEMON (Nuclebrás Monazita), passando a se dedicar à extração de monazita e à produção de concentrado de terras raras e óxido de cério (CeO_2) de baixa pureza. No entanto, a empresa gradualmente se tornou obsoleta. Em 1988, a Nuclebrás foi renomeada como Indústrias Nucleares Brasileiras (INB), e, em 2002, a produção de terras raras foi praticamente desativada. Esse processo resultou na perda de grande parte dos investimentos em tecnologia e na capacitação de recursos humanos. Quando as terras raras começaram a adquirir maior valor agregado nas décadas de 1970 e 1980, sobretudo em razão de seu uso em luminóforos e magnetos, o Brasil já havia perdido sua competitividade nesse setor.

Conforme Souza, Nascimento e Gisele (2019), no ano de 2012, o Brasil passou a ser detentor da segunda maior reserva mundial de elementos terras raras, destacando-se as reservas de monazita

localizadas em Araxá, Minas Gerais, e Catalão, Goiás, conforme demonstrado na Tabela 1. Atualmente, a China responde por cerca de 90% da produção global de matérias-primas contendo elementos terras raras (TRs) e por 85% da produção de óxidos de terras raras (OTRs), o que correspondeu a 122.220 toneladas de OTRs em 2016. O restante da produção mundial está distribuído entre Austrália (10%), Malásia, Brasil, Índia, Rússia e Vietnã (CETEM, 2020).

Tabela 1 - Reservas naturais brasileiras de Terras Raras.

Local	Minério	% de Óxidos de Terras Raras	Reservas de Terras Raras (MT)
Araxá-MG	Monazita	3,25	26,69
Araxá-MG	Monazita	3,99	0,9
Araxá-MG	Monazita	N.D.	8,0
Catalão-GO	Monazita	5,5	6,6
Minaçu-GO	Argilas	0,12	1,1
Mata Azul-TO	Granitóides	N.D.	N.D.
Serra do Ramalho-BA	Similar à Baotou (Mongólia)	0,05-2,61	N.D.
Morro Seis Lagos-AM	Monazita/ Bonatitas	1,4	43,5

Fonte: (Campos et al., 2014)

3 PROSPECÇÃO DOS TERRA RARAS NO BRASIL

Atualmente, o mundo enfrenta uma crescente crise na oferta de terras raras, elementos essenciais para diversas indústrias de alta tecnologia, fundamentais para a manutenção de atividades críticas nas sociedades contemporâneas. O Brasil, que outrora desempenhou um papel de destaque como fornecedor desses materiais, busca agora reposicionar-se no mercado global de terras raras, reafirmando sua importância estratégica. Tanto o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) quanto o Ministério de Minas e Energia (MME) estão empenhados nessa tarefa, visando reverter a dependência internacional e promover o desenvolvimento sustentável dessas cadeias produtivas no país (Silva, 2021; CETEM, 2019). A recuperação desse protagonismo é vista como crucial para que o Brasil possa explorar plenamente o seu potencial e atender à demanda global por esses recursos estratégicos (Cidade Verde, 2021; Click Petróleo e Gás, 2021).

Conforme Brasil (2024), com base no Sumário Mineral Brasileiro de 2020, publicado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), em 2019 foram implementadas diversas iniciativas com o intuito de fortalecer as instituições de pesquisa no Brasil, especialmente no que diz respeito ao desenvolvimento da cadeia produtiva industrial de terras raras. Entre essas iniciativas, destaca-se a atuação do Governo de Minas Gerais, em parceria com a Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (Codemge), na continuidade das obras — iniciadas em dezembro de 2015 — para a instalação do laboratório-fábrica de ligas e ímãs de terras raras do Brasil, o LabFabITR, localizado em Lagoa Santa, na Região Metropolitana de Belo Horizonte (Figura 2). Esse empreendimento visa

atender parte da demanda nacional por ímãs sinterizados de neodímio-ferro-boro (NdFeB), componentes cruciais para a indústria tecnológica moderna. O início das operações da planta estava previsto para o primeiro semestre de 2020, com a expectativa de alcançar uma capacidade produtiva inicial de 23 toneladas por ano (LabFabITR, 2021).

Figura 2 - Laboratório-Fábrica de Ligas e Imãs de Terras-Raras



Fonte: LabFabITR (2021)

Como dito anteriormente, o empreendimento fabricará ímãs de neodímio-ferro-boro (NdFeB), utilizados em equipamentos como motores de alta eficiência, aerogeradores, aparelhos de ressonância magnética, dispositivos elevadores, separadores magnéticos, rolamentos magnéticos, sensores, entre outros. Além disso, será capaz de desenvolver soluções personalizadas para o mercado, atendendo a pedidos únicos, protótipos e novos produtos. Com a integração da unidade de produção e dos laboratórios de pesquisa, será possível fabricar ímãs em uma variedade de classificações, tamanhos, formatos e revestimentos. O projeto combina uma planta industrial voltada para aplicações de mercado com um ambiente de pesquisa e desenvolvimento, que conta com uma estrutura laboratorial avançada e uma equipe especializada (LabFabITR, 2021). A Figura 3, mostra um diagrama da operação da empresa destacando pesquisa desenvolvimento e produção.

Figura 3 - Diagrama de operação da LabFabITR



Fonte: LabFabITR (2021)

Conforme destacado no segundo Sumário Mineral Brasileiro de 2020, é relevante mencionar a continuidade das pesquisas sobre terras raras no âmbito do projeto Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Processamento e Aplicação de Ímãs de Terras Raras para a Indústria de Alta Tecnologia (INCT PATRIA), instituído em 2014. Esse projeto engloba uma rede de laboratórios e grupos de pesquisa associados (USP, IPT, UFCAT, IPEN, CETEM, UFAM, UFSC, CDTN) e parceiros estratégicos (CBMM, WEG, CODEMGE). O INCT PATRIA integra o programa dos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT), uma iniciativa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), executada por meio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Ainda no âmbito das iniciativas do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), em 2019 foi implementada a criação do Laboratório de Materiais Avançados e Minerais Estratégicos, denominado GraNioTer, localizado no campus da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), em Belo Horizonte. O GraNioTer é considerado um projeto prioritário do MCTI, financiado pela FINEP e sediado no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), instituição pública voltada para pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) no campo de materiais estratégicos. Inicialmente, o laboratório concentrará seus esforços nas cadeias produtivas relacionadas a materiais avançados, como grafeno, nióbio e terras raras, com o objetivo de promover o desenvolvimento tecnológico nacional. O CDTN, que abriga o GraNioTer, é uma unidade da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), vinculada ao MCTI (FAPESP, 2018; ABC, 2021).

Nesse contexto, as ações do GraNioTer – projeto vinculado ao MCTI – buscam fomentar o desenvolvimento de projetos estratégicos em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) que já atingiram estágios iniciais de maturidade tecnológica. O objetivo é acelerar o avanço das cadeias produtivas baseadas em materiais avançados e minerais estratégicos, como o grafeno, o nióbio e as terras raras, cuja demanda global continua a crescer de maneira consistente, impulsionada pelas indústrias de alta tecnologia (GraNioTer, 2023; CDTN, 2023; Escalab, 2023).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A trajetória da exploração de terras raras no Brasil é marcada por um processo contínuo de adaptação e evolução, atravessando diversas fases de produção, superação de desafios e transformação das práticas exploratórias. A partir da descoberta inicial desses elementos na Suécia e com a posterior produção de monazita no Brasil em 1885, o país assumiu um papel relevante como fornecedor de minerais estratégicos, ainda que utilizando métodos rudimentares de extração e operando em um ambiente de escassa regulamentação. Com o passar do século XX, o setor de terras raras no Brasil experimentou profundas mudanças, incluindo a nacionalização de empresas e o subsequente declínio de sua competitividade no cenário internacional, sobretudo nas décadas de 1970 e 1980.

Nas últimas décadas, o Brasil empreendeu esforços significativos no sentido de recuperar seu protagonismo no mercado global de terras raras. Esses esforços têm se manifestado em iniciativas governamentais estratégicas e em investimentos substanciais direcionados à pesquisa e desenvolvimento (P&D), com vistas a fortalecer as capacidades tecnológicas do país. Destaca-se, nesse contexto, a criação de projetos como o Laboratório de Materiais Avançados e Minerais Estratégicos (LabFabITR), que simboliza o compromisso nacional com a inovação tecnológica e a sustentabilidade das cadeias produtivas.

Entretanto, para que o Brasil recupere integralmente sua relevância e fortaleça sua posição como um dos principais players globais no setor de terras raras, é imperativo que sejam intensificadas as práticas de mineração sustentáveis, alinhadas com os padrões internacionais de responsabilidade ambiental. Além disso, o avanço contínuo nas tecnologias de exploração e processamento será crucial para garantir a competitividade do país no mercado de minerais estratégicos, cuja demanda global cresce exponencialmente em virtude do desenvolvimento de tecnologias de ponta.

É necessário ressaltar que, embora os esforços recentes representem um avanço significativo, a plena integração do Brasil no mercado global de terras raras depende de uma combinação de fatores tecnológicos, econômicos e regulatórios. O sucesso futuro dependerá da capacidade do país em atrair investimentos, desenvolver tecnologias inovadoras e implementar políticas públicas que favoreçam a exploração responsável e eficiente desses recursos. Nesse sentido, os desafios permanecem, mas as

oportunidades são igualmente promissoras, sobretudo se houver um alinhamento estratégico entre o governo, a academia e a indústria.

REFERÊNCIAS

ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS (ABC). Elementos terras raras: um estudo sobre sua importância estratégica para o Brasil. 2018. Disponível em: https://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-7006.pdf. Acesso em: 4 set. 2024.

BOURGUIGNON, Natalia. A guerra nuclear de Guarapari: praias, bombas e exploração no litoral brasileiro. A Gazeta. São Paulo, 29 de ago. de 2015. Disponível em: <https://www.agazeta.com.br/es/cotidiano/a-guerra-nuclear-guarapari-praias-bombas-eexploracao-litoral-brasileiro-09218> Acesso em: 08 de ago 2024.

BRASIL. Avaliação do Potencial de Terras Raras no Brasil. Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), 2019. Disponível em: https://cetem.gov.br/antigo/images/periodicos/2019/CAN0010.pdf. Acesso em: 4 set. 2024.

CDTN. Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - GraNioTer. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/cdtn/pt-br/projetos-especiais/granioter. Acesso em: 4 set. 2024.

CETEM. Oportunidades e desafios na produção de terras raras no Brasil. Centro de Tecnologia Mineral, 2020. Disponível em: https://cetem.gov.br/antigo/images/periodicos/2019/CAN0010.pdf. Acesso em: 4 set. 2024.

CIDADE VERDE. Nordeste receberá cerca de R$ 50 bilhões em linhas de transmissão para distribuição de energia. 2021. Disponível em: https://cidadeverde.com/energiaativa/118345/novas-linhas-de-transmissao-do-nordeste-receberao-r-50-bilhoes-em-investimentos. Acesso em: 4 set. 2024.

CLICK PETRÓLEO E GÁS. Nordeste receberá cerca de R$ 50 bilhões em linhas de transmissão para distribuição de energia. 2021. Disponível em: https://clickpetroleoegas.com.br/nordeste-recebera-cerca-de-r-50-bilhoes-em-linhas-de-transmissao-para-distribuicao-de-energia/. Acesso em: 4 set. 2024.

DE SOUZA, Ana Carolina Sales Pereira; NASCIMENTO, Marisa; GIESE, Ellen Cristine. Desafios para a extração sustentável de minérios portadores de terras raras. Holos, v. 1, p. 123, 2019.

DNPM, Sumário Mineral Brasileiro: 2020. Brasil, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/economia-mineral/publicacoes/sumariomineral/sumario-mineral-brasileiro-20209 de agosto de 2024> Acesso em: 09 ago 2024.

ESCALAB. Desafio GraNioTer: impulsionando PD&I em materiais avançados. 2023. Disponível em: https://escalab.com.br/desafiogranioter/. Acesso em: 4 set. 2024.

FAPESP. INCT 2014: PATRIA – Processamento e Aplicação de Ímãs de Terras Raras para Indústria de Alta Tecnologia. 2018. Disponível em: https://bv.fapesp.br/pt/auxilios/97269/inct-2014-patria-processamento-e-aplicacao-de-imas-de-terras-raras-para-industria-de-alta-tecnologia. Acesso em: 4 set. 2024.

GRANIOTER. Sobre o projeto GraNioTer. 2023. Disponível em: https://br.linkedin.com/company/granioter. Acesso em: 4 set. 2024.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2022.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Metodologia científica. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2004.
LOUREIRO, J. Prospecção de terras raras no Brasil. São Paulo: Editora Mineração, 2013.

MCTI. Comissão Nacional de Energia Nuclear e sua atuação no Brasil. Brasília: MCTI, 2021. Disponível em: https://revistas.planejamento.rs.gov.br/index.php/ensaios/article/viewFile/3066/3733. Acesso em: 4 set. 2024.

MORATO, Victor de Oliveira. Prospecção e exploração de minerais estratégicos no Brasil: uma abordagem sobre os desafios e oportunidades. 2019. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/710/o/VICTOR_DE_OLIVEIRA_MORATO.pdf. Acesso em: 4 set. 2024.

NYSHIOKA, Leonardo. Estudo sobre o Histórico, Mineração, aplicações, Geopolítica e desafios das Terras Raras. Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Curso de engenharia de materias, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos/SP, 2023.

PATRIA, Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Processamento e Aplicação de Ímãs de Terras Raras. INCT PATRIA: Processamento e Aplicação de Ímãs de Terras Raras para a Indústria de Alta Tecnologia. 2018. Disponível em: https://bv.fapesp.br/pt/auxilios/97269/inct-2014-patria-processamento-e-aplicacao-de-imas-de-terras-raras-para-industria-de-alta-tecnologia. Acesso em: 4 set. 2024.

SEVERINO, Antonio Joaquim. Metodologia do trabalho científico. 27. ed. São Paulo: Cortez, 2020.

SILVA, F. L. A importância das terras raras para o desenvolvimento energético. Revista HOLOS, 2021. Disponível em: https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/download/8274/pdf/22573. Acesso em: 4 set. 2024.

SILVA, Maria de Lourdes. O impacto dos projetos de inovação tecnológica no Brasil: o papel do GraNioTer. São Carlos: UFSCar, 2022. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/18853/tese-versao-final.pdf?sequence=1. Acesso em: 4 set. 2024.

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

TAKEHARA, Lucy. Avaliação do potencial de terras raras no Brasil. Brasília: CPRM, 2015. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/16923/3/IRM-Terras_raras.pdf. Acesso em: 4 set. 2024.