



# O papel dos minerais no processo de transição energética

**Brasil está entre os maiores detentores mundiais de recursos minerais com importância estratégica para viabilizar a transição energética**

Dezembro de 2022

[kpmg.com.br](https://www.kpmg.com.br)



# Apresentação

A busca pelo *net zero*<sup>1</sup> tende a impulsionar a demanda por minerais essenciais à viabilização de tecnologias limpas, tais como o lítio, o grafeno e os Elementos Terras Raras (ETR). Isso pode ser traduzido em oportunidades valiosas de negócios para o Brasil, que possui algumas das maiores reservas mundiais desses minérios; inclusive, é o segundo maior detentor mundial de reservas de ETR, superado apenas pela China e empatado com o Vietnã.

Contudo, para que possa, de fato, ocupar espaço tanto no palco geopolítico, em relação à pauta energética, quanto na posição de participante fundamental para esse mercado, o País precisa enfrentar suas limitações tecnológicas e regulatórias, além de aumentar a sinergia entre governos, iniciativa privada e instituições acadêmicas e de pesquisa, com o objetivo de viabilizar o aperfeiçoamento da exploração e da comercialização dessas *commodities*.



<sup>1</sup> O termo *net zero* se refere à meta de zerar as emissões líquidas de gases de efeito estufa (GEEs).



# Sumário

Introdução 03

---

**01 Cenário global exige que as matrizes energéticas sejam repensadas 05**

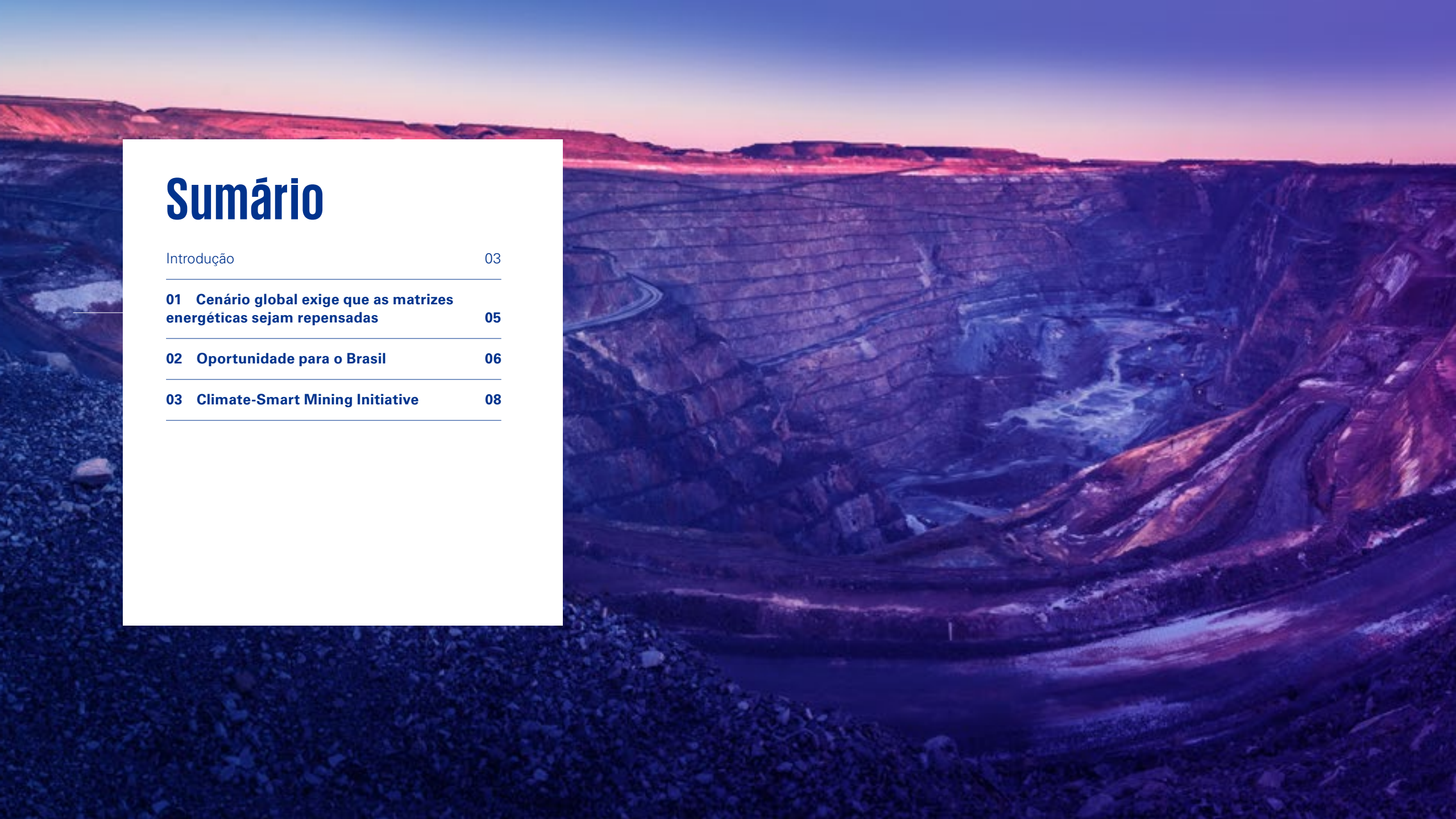
---

**02 Oportunidade para o Brasil 06**

---

**03 Climate-Smart Mining Initiative 08**

---



# Introdução

O Banco Mundial estima que a extração de minerais como o grafite, o lítio e o cobalto pode aumentar em quase 500% até 2050 para atender à crescente demanda por tecnologias de energia limpa. De acordo com o estudo *Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition*, produzido pela instituição, mais de três bilhões de toneladas de minerais e metais serão necessárias para viabilizar a implementação e o armazenamento de energia eólica, solar e geotérmica.

A Agência Internacional de Energia (IEA), por sua vez, divulgou o relatório *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*, que aborda profundamente este tema de fundamental importância para o sucesso da transição energética: o papel dos minerais. De acordo com o levantamento, lítio, níquel, cobalto, manganês e grafite são cruciais para o desempenho, a longevidade e a densidade das baterias.

Minerais comuns e de produção em grande volume, caso do ferro e do cobre, também têm e continuarão desempenhando um papel importante no processo. Outros, como o telúrio e o neomônio, são empregados respectivamente na fabricação de painéis solares e de ímãs permanentes, usados em energia eólica e nos carros elétricos.

Já os metais de terras raras, que recebem esse nome por serem de difícil extração, são maleáveis, flexíveis, dotados de magnetismo intenso e capacidade de absorção e emissão de luz. Suas características os tornam essenciais para a produção de ímãs permanentes, que são vitais para as turbinas eólicas e os motores de veículos elétricos. Eles também são utilizados em supercondutores, magnetos, catalisadores, lâmpadas de LED, *lasers* e na separação de componentes do petróleo.

Conhecidos na tabela periódica por Elementos Terras Raras (ETRs), esses minérios são o escândio, o ítrio, o lantânio, o cério, o praseodímio, o neodímio, o promécio, o samário, o európio, o gadolínio, o térbio, o disprósio, o hólmio, o érbio, o túlio, o itérbio e o lutécio.

Hoje, a China é a maior exportadora do mundo desses elementos. No entanto, o país asiático começou a adotar normas mais rígidas para a mineração e a exportação desses minérios, abrindo espaço para outras regiões produtoras. Neste relatório, foi analisado como o Brasil poderá se beneficiar com essas oportunidades.



# Cenário global exige que as matrizes energéticas sejam repensadas

Durante a 27ª edição da Conferência do Clima da Organização das Nações Unidas (COP27), realizada em novembro de 2022 em Sharm El Sheikh (Egito), foi reiterada a necessidade de efetuar grandes investimentos para prevenir e mitigar impactos drásticos das mudanças climáticas. Isso impacta diretamente a readequação das matrizes energéticas em todos os países.

Vale lembrar que, desde sua primeira edição, ocorrida em 1995, em Berlim (Alemanha), a COP analisa a situação das mudanças climáticas no planeta e propõe políticas e mecanismos que garantam a efetividade da United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), que tem como foco a limitação do aquecimento global a, no máximo, 1,5 graus Celsius.

A emergência das mudanças climáticas está, portanto, na mira de governos, do terceiro setor e da iniciativa privada no mundo todo. Vive-se um momento em que as questões ambientais, sociais de governança corporativa (*Environmental, Social and Governance* - ESG) ganham protagonismo no delineamento de estratégias de empresas e governos.

Todos os países assumiram metas ambiciosas para reduzir suas emissões líquidas de carbono para alcançar o *net zero*, ou *net zero carbon* (emissões líquidas de carbono zero, em tradução livre). Ou seja: a meta é chegar a um patamar em que a emissão de gases de efeito estufa (GEEs) esteja proporcionalmente equilibrada com sua remoção da atmosfera.

Aqui se estabelece o *link* entre esse cenário e a demanda crescente por minerais, inclusive pelas chamadas terras raras: a busca pelo net zero tende a impulsionar a demanda por minerais essenciais à viabilização de tecnologias limpas.

Para acelerar o ritmo de transição e chegar ao *net zero* em 2050, conforme os compromissos assumidos globalmente, será necessário multiplicar por seis a produção de insumos minerais até 2040. O relatório da IEA mencionado anteriormente indica que a trajetória em direção à energia limpa implica no abandono do uso sistemático de combustíveis fósseis, o que só será possível com a adoção das novas tecnologias que, por sua vez, requerem o uso intensivo de minerais.

# Oportunidade para o Brasil

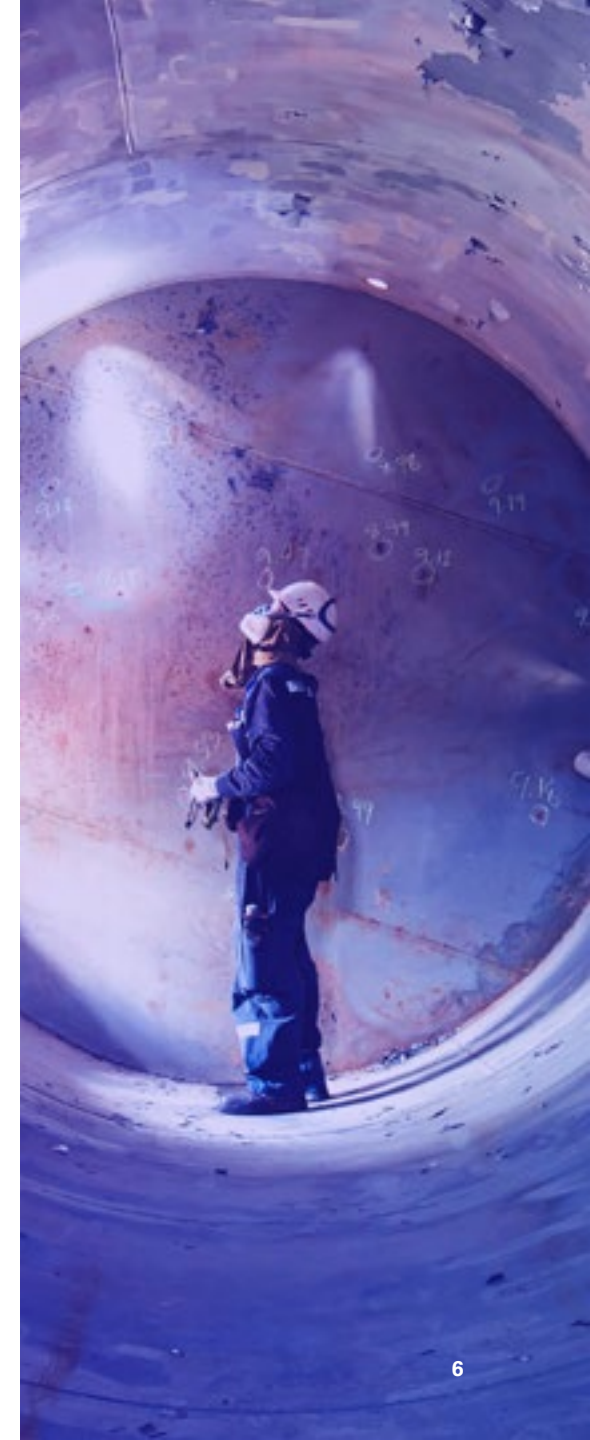
Durante um dos maiores eventos sobre mineração da América Latina, a EXPOSIBRAM, que teve sua última edição realizada em 2022, o aumento da demanda por minerais para atender às emergências relacionadas às mudanças climáticas esteve entre os temas discutidos. Especialistas falaram em um aumento de 140% na demanda por níquel, cobre e zinco para suprir mudanças de fontes fósseis para a energia eólica, e de 480% no uso dos mesmos metais para a transição de fontes fósseis para a energia solar.

No artigo *Brasil é potência em minerais críticos para transição energética*, do jornalista Nelson Valencio e publicado pelo site Brasil Energia, o diretor de Geologia e Recursos Minerais do Serviço Geológico do Brasil (SGB), Márcio José Remédio, relata que a instituição acompanha a demanda por minerais críticos, entre eles o grafite, “que teve um projeto de avaliação de reservas finalizado em 2020, confirmando centenas de potenciais projetos, parte deles em andamento no Centro-Oeste, Ceará, Bahia e Minas Gerais, entre outros” (VALENCIO, 2022).

O mesmo artigo ainda destaca:

Devido à sua excelente condutibilidade elétrica, o grafite tem aplicação em baterias de íon lítio. A avaliação é confirmada por Paulo Fernando Almeida Braga, diretor do Centro de Tecnologia Mineral (Cetem), que lista outros usos, incluindo as células a combustível. O Brasil tem a terceira maior reserva mundial do mineral e responde por 7% da produção, com a grafita de alta pureza apontada como elemento de alto desempenho em dispositivos de energia (VALENCIO, 2022).

O Brasil é detentor da segunda maior reserva mundial de elementos de terras raras: há no País cerca de 22 milhões em reservas desses minerais, encontradas principalmente nas areias monazíticas do litoral e em jazidas próximas a vulcões extintos, como nas cidades de Araxá e Poços de Caldas, em Minas Gerais; Catalão, em Goiás; e em Pitinga, no Amazonas.







As reservas correspondem à metade da disponibilidade da líder China. Os dados são do United States Geological Service (USGS). Entretanto, dada a incipiência da exploração nacional – por serem de difícil extração e separação, esses minérios ainda não são plenamente aproveitados pelo País –, pode ser que as reservas sejam maiores do que se sabe atualmente.

Hoje, o Brasil tem pelo menos uma mineradora dedicada à produção de um concentrado de elementos de terras raras, o que significa um avanço na cadeia de valor. Conta, também, com duas mineradoras dedicadas a exportar concentrado do espodumênio, um dos minérios de lítio, e uma outra companhia da área de mineração que domina desde a oferta de concentrado de espodumênio até a entrega de compostos químicos, como o carbonato e o hidróxido de lítio.

Esse minério tem grande importância estratégica na medida em que as baterias de íon lítio serão, cada vez mais, tratadas como uma questão geopolítica pela sua importância na viabilização de componentes tecnológicos relacionados a energias limpas.

Além das evidentes oportunidades de negócios, as reservas minerais brasileiras (cumpra lembrar que o País está também entre os dez principais detentores de reservas de urânio do mundo) podem pavimentar o caminho para um maior protagonismo geopolítico, por meio da conquista de um espaço cada vez mais relevante na pauta energética.

Graças às fontes hidrelétricas de energia, o Brasil já detém uma matriz predominantemente limpa. Além disso, alguns projetos, como o de Santa Quitéria (CE) (atualmente em fase de licenciamento), têm potencial para ganhar relevância estratégica na produção de fosfato para a agroindústria e de urânio como subproduto.

# Climate-Smart Mining Initiative

O Banco Mundial reconhece importância estratégica dos minerais no enfrentamento das mudanças climáticas, tanto que encampou a Climate-Smart Mining Initiative, voltada a ajudar países em desenvolvimento que detenham fontes importantes de minérios, como o Brasil, a obter recursos que lhes permitam beneficiar-se da crescente demanda por minerais e metais. Ao mesmo tempo, a iniciativa garante que o setor de mineração seja administrado para minimizar impactos climáticos e ambientais da atividade extrativa.

Assim, a iniciativa prevê o fomento à extração e ao processamento sustentável de minerais e metais necessários ao fornecimento de tecnologias de energia limpa, com medidas que minimizem a pegada social, ambiental e climática em toda a cadeia de valor desses materiais.

Vale ressaltar que, de acordo com o IEA, o mundo não consegue, em sua realidade atual, suprir a demanda por minerais: um carro elétrico precisa de seis vezes mais insumos minerais do que um carro convencional, por exemplo. Para que uma usina eólica *onshore* funcione, ela precisa de nove vezes mais recursos minerais do que uma usina movida a gás.

Ou seja: criar condições tecnológicas e infraestrutura adequada a essa extração é de suma importância para que as estratégias de enfrentamento às mudanças climáticas que vêm sendo elaboradas ao longo dos anos possam se tornar viáveis e efetivas.

Para que o Brasil aproveite plenamente as oportunidades que se apresentam, serão necessárias medidas que desburocratizem processos de licenciamento ambiental – sem, evidentemente, descuidar da evidente necessidade de cuidar dos aspectos ESG nesse processo – e uma cooperação mais estreita entre governos, iniciativa privada e instituições de pesquisa, para que as soluções adequadas sejam encontradas.

Um exemplo bastante positivo é uma iniciativa do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQ/USP), onde um grupo de pesquisas voltado à nanotecnologia desenvolveu a hidrometalurgia magnética, que permite separar terras raras e, assim, simplificar e baratear o processo de extração.

O método se baseia no uso de nanopartículas magnéticas modificadas com um agente químico que captura as terras raras que estão misturadas ao minério. Ele é então colocado em um pequeno reator e as nanopartículas são resgatadas com um ímã de neodímio. O processo tradicional exige o uso de reatores gigantescos e de milhares de litros de solvente, que só podem ser usados uma única vez e poluem o meio ambiente. Já as nanopartículas são reaproveitáveis, o que torna o processo não poluente.

No artigo *Valiosas e versáteis: pesquisas com terras raras mostram caminho para criar cadeia produtiva no Brasil*, publicado pelo Jornal da USP, o professor Henrique Elsi Toma, responsável pela pesquisa, ressalta que uma pesquisa dessa natureza precisa de apoio para chegar ao mercado: “A pesquisa quase parou por falta de recursos”, ele informa. “O Brasil tem terras raras e tecnologia, poderia avançar bastante, porém as empresas não têm tradição de desenvolvimento tecnológico, quase tudo é importado” (BERNARDES, 2021), diz.



## Dificuldade na produção de terras raras está na extração e separação

Terras raras são um conjunto de elementos químicos abundantes na natureza, mas encontrados dispersos em minérios, e com propriedades químicas muito semelhantes, dos fatores que dificultam sua extração, separação e também a criação de uma cadeia produtiva, como acontece no Brasil.

As terras raras são consideradas estratégicas por suas propriedades, como magnetismo e absorção e emissão de luz, que possuem diversas aplicações tecnológicas, por exemplo:



**Cério**  
Lâmpadas de LED



**Cério, Disprósio, Ítrio e Lantânio**  
Veículos automotores



**Cério, Európio e Ítrio**  
Diodo Emissor de Luz (LED)



**Európio e Cério**  
Telas e monitores



**Európio, Cério, Disprósio, Ítrio e Lantânio**  
Aeronaves



**Itérbio e Lantânio**  
Ligas de aço



**Lantânio**  
Painéis solares e lentes



**Lutécio, Cério, Escândio, Lantânio e Neodímio**  
Separação de Componentes de Petróleo



**Neodímio**  
Ímãs de Discos Rígidos de Computadores e Carros Elétricos, Dispositivos Laser



**Neodímio, Cério e Lantânio**  
Catalisadores Automotivos



**Neodímio e Disprósio**  
Turbina eólicas



**Túlio**  
Dispositivos de Raio-x

Fonte: BERNARDES, 2021.

# Referências

BERNARDES, Júlio. *Valiosas e versáteis: pesquisas com terras raras mostram caminho para criar cadeia produtiva no Brasil*. Jornal da USP. Disponível em: <<https://jornal.usp.br/ciencias/valiosas-e-versateis-pesquisas-com-terras-raras-mostram-caminho-para-criar-cadeia-produtiva-no-brasil/>>. Acesso em: 8 dez. 2022.

ECYCLE. *O que são terras raras?* Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/terras-raras/>>. Acesso em: 8 dez. 2022.

HUND, Kirsten et al. *Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition*. Disponível em: <<https://pubdocs.worldbank.org/en/961711588875536384/Minerals-for-Climate-Action-The-Mineral-Intensity-of-the-Clean-Energy-Transition.pdf>>. Acesso em: 7 dez. 2022.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *The Role of Critical World Energy Outlook Special Report Minerals in Clean Energy Transitions*. Disponível em: <<https://iea.blob.core.windows.net/assets/24d5dfbb-a77a-4647-abcc-667867207f74/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf>>. Acesso em: 7 dez. 2022.

OECD LIBRARY. *Governança regulatória no setor de mineração no Brasil*. Disponível em: <[https://www.oecd-ilibrary.org/governance/governanca-regulatoria-no-setor-de-mineracao-no-brasil\\_df9252dc-pt](https://www.oecd-ilibrary.org/governance/governanca-regulatoria-no-setor-de-mineracao-no-brasil_df9252dc-pt)>. Acesso em: 7 dez. 2022.

SCIENCE DIRECT. *Lanthanide ion processing from monazite based on magnetic nanohydrometallurgy*. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304386X19304372?via%3Dihub>>. Acesso em: 8 dez. 2022.

VALENCIO, Nelson. *Brasil é potência em minerais críticos para transição energética*. Disponível em: <<https://editorabrasilenergia.com.br/brasil-e-potencia-em-minerais-criticos-para-transicao-energetica/>>. Acesso em: 6 dez. 2022.



# Fale com nosso time



## **Manuel Fernandes**

Sócio-líder de Energia e Recursos Naturais da KPMG na América do Sul  
mfernandes@kpmg.com.br



## **Ricardo Marques**

Sócio-líder do segmento de Metais e Mineração da KPMG no Brasil  
rmmarques@kpmg.com.br



## **Anderson Dutra**

Sócio-líder de Energia e Recursos Naturais da KPMG no Brasil  
adutra@kpmg.com.br

[kpmg.com.br](https://kpmg.com.br)



© 2022 KPMG Consultoria Ltda., uma sociedade simples brasileira, de responsabilidade limitada e firma-membro da organização global KPMG de firmas-membro independentes licenciadas da KPMG International Limited, uma empresa inglesa privada de responsabilidade limitada. Todos os direitos reservados.

O nome KPMG e o seu logotipo são marcas utilizadas sob licença pelas firmas-membro independentes da organização global KPMG.

Todas as informações apresentadas neste documento são de natureza genérica e não têm por finalidade abordar as circunstâncias de um indivíduo ou entidade específicos. Embora tenhamos nos empenhado em prestar informações precisas e atualizadas, não há nenhuma garantia sobre a exatidão das informações na data em que forem recebidas ou em tempo futuro. Essas informações não devem servir de base para se empreender ação alguma sem orientação profissional qualificada e adequada, precedida de um exame minucioso da situação concreta.