

## TERRAS-RARAS: UMA SÍNTESE, DESTACANDO A IMPORTÂNCIA DO BRASIL E DO AMAZONAS

**INTRODUÇÃO.** O setor mineral, apesar de sua importância gigantesca, é o setor mais desconhecido e ignorado no Brasil. Possivelmente um reflexo do enorme atraso para o verdadeiro início da industrialização do país, um século após o princípio da Revolução Industrial, que começou no Reino Unido em 1850. Somente um século após, durante o último governo Vargas (1950-1954), é que duas indústrias fundamentais foram instaladas, a indústria do petróleo e derivados e a indústria siderúrgica. Esse atraso também foi influenciado culturalmente por Portugal, que segue sendo um país pouco industrializado, onde a siderurgia somente principiou em 1961.

Outros fatores para explicar a “reduzida importância mineral” que predomina no país são: a) os cursos primário e médio praticamente não ensinam nada sobre a origem da Terra, geologia, minerais e mineração e, b) Geólogos (e outros profissionais correlatos) só passaram a ser formados no país a partir de 1960, ou seja nada menos que um a dois séculos após a maioria dos países como: Rússia (1765; Mikhail Lomonosov), Escócia (1760; James Hutton), EUA (1809; William MacLure), UK (1815; William Smith), Alemanha (1775; Abraham Werner), Canadá (1840; William Logan), França (1746; Jean-Étienne Guettard), Espanha (1792; Fausto Elhuyar).

A geologia e a mineração no mundo se dedicaram durante séculos à produção de metais bem conhecidos, como ouro, ferro, cobre, alumínio, níquel, cromo e outros, além de não metálicos, como carvão, fosfato e potássio. Desde o final do século vinte e princípio deste século, outros elementos passaram a ter maior importância global, como lítio, nióbio e Terras-Raras. Apesar dessa importância, seguem pouco conhecidos, principalmente por que a Europa é pobre nessas substâncias. O Brasil, pelo contrário, possui reservas de classe mundial e tem potencial para ampliar as reservas já conhecidas de nióbio, lítio e Terras-Raras. Infelizmente, segue sem conhecer e valorizar devidamente esses elementos, que ainda não fazem parte de uma programação sólida de governo.

**O QUE SÃO AS TERRAS-RARAS?** Este artigo procurar trazer informações que podem esclarecer muitos pontos associados às chamadas Terras-Raras. Inicialmente, as Terras-Raras (ETR) representam um grupo de 15 elementos metálicos que possuem propriedades químicas semelhantes, correspondendo na Tabela Periódica aos elementos de número 57 (Lantânio) até 71 (Lutécio) e que geralmente ocorrem associados em grupos. São divididas em cinco Terra-Raras leves – ETRL (Lantânio, Cério, Praseodímio, Neodímio e Promécio) e dez Terras-Raras pesadas - ETRP (Samário, Európio, Gadolínio, Térbio, Dysprósio, Hólmio, Érbio, Thúlio, Yttérbio e Lutécio). Alguns setores, com conotação mais comercial que científica, incluem os elementos Escândio (Sc) e Ítrio (Y) no grupo das Terras-Raras, o que não é correto. As Terras-Raras, não são “terras”, pois são METAIS, tampouco são raras, embora algumas delas sejam escassas, outras são comuns (Lantânio, Cério e Neodímio).

**PREÇOS.** Os ETR (Elementos de Terras-Raras) mais escassos são Lutécio, Térbio, Hólmio e Európio. Quanto mais escasso, maior o seu valor, mas isso também depende da demanda. O Európio teve seu auge no final do século passado, entrando em declínio no século 21. Esse

elemento, sendo fosfogênico, é que gerava a cor vermelha nos tubos de raios catódicos das TVs antigas. Sua aplicação caiu bastante, mas ainda é requisitado para visores modernos de LED. Atualmente, está havendo forte demanda para Tércio, Thúlio e Ytércio, o que faz seus preços se situarem em U\$ 2.000 por quilo. Por outro lado, o Lantânio e o Cério, que são as ETR mais comuns, são valorizados a pouco mais de U\$ 5 por quilo.

A tabela 1 abaixo mostra os preços atuais (2025) das 15 Terras-Raras, compilados de diversas fontes, como indicado na coluna à direita.

Tabla 1. As 15 Terras-Raras e seus preços em 2025

1	2	Nome	U\$ / kg	Fonte
57	<b>La</b>	Lantânio	5,40	<i>Institute of Rare Earths and Strategic Metals</i>
58	<b>Ce</b>	Cério	5,50	<i>Institute of Rare Earths and Strategic Metals</i>
59	<b>Pr</b>	Praseodímio	115,00	<i>Strategic Metals Invest</i>
60	<b>Nd</b>	Neodímio	117,00	<i>Strategic Metals Invest</i>
61	<b>Pm</b>	Promécio	2.000,00	<i>Brainly.com</i>
62	<b>Sm</b>	Samário	8,98	<i>Shangai Metals Market</i>
63	<b>Eu</b>	Európio	300,00	<i>Institute of Rare Earths and Strategic Metals</i>
64	<b>Gd</b>	Gadolínio	24,00	<i>Lovemoney.com</i>
65	<b>Tb</b>	Tércio	1.954,00	<i>Strategic Metals Invest</i>
66	<b>Dy</b>	Dysprósio	454,00	<i>Strategic Metals Invest</i>
67	<b>Ho</b>	Hólmio	285,00	<i>Metallos.de</i>
68	<b>Er</b>	Érbio	262,00	<i>Metallos.de</i>
69	<b>Tm</b>	Thúlio	1.976,00	<i>MSE Supplies LLC</i>
70	<b>Yb</b>	Ytércio	1.983,00	<i>Strategic Metals Invest</i>
71	<b>Lu</b>	Lutécio	664,00	<i>Shangai Metals Market</i>

1 = número atômico; 2 = Símbolo

## PRINCIPAIS USOS

**Lantânio:** Catalisadores: óxido de lantânio e fluoreto de lantânio são catalisadores no craqueamento de petróleo; óxido de lantânio é usado em lentes de baixa dispersão e alta refração; É componente de vidro com flúor usado em fibras óticas; Empregado no polimento de vidros e lentes; componente-chave de baterias de hidreto de níquel usadas em veículos híbridos; empregado como pedra-de-isqueiro em acendedores e aparatos de ignição; em acendedores de mischmetal (liga de La-Ce-Pr-Nd); em lâmpadas de arco carbônico na iluminação de estúdios e em projetores; carbonato de lantânio é usado em pacientes com mau funcionamento dos rins; em cintiladores para detectar nêutrons ou raios gama; adicionado em ligas de ferro e ligas não ferrosas para separar impurezas.

**Cério:** Catalisadores: a) na indústria automobilística, reduzindo emissões de monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio; b) Indústria petroquímica para melhorar o processo de craqueamento catalítico, quebrando as maiores cadeias de hidrocarbonetos; c) oxidação de monóxido e carbono. Óxido de cério é ideal para o polimento de superfícies de vidros, incluindo janelas, espelhos. Compostos de cério são usados para descolorir, colorir e remover impurezas de vidros. Usado como estabilizador em cerâmica, melhorando a resitência ao calor e a durabilidade. É adicionado ao ferro, aço e ligas de alumínio para melhorara a estabilidade em altas temperaturas, resistência à oxidação e propriedades mecânicas.

**Praseodímio:** Ligas de alta resistência com magnésio, relativamente leves e adequadas para componentes de motores de aviões; associado com neodímio produz ímãs permanentes usados em motores elétricos turbinas eólicas e outros eletrônicos; Faz parte do mischmetal, uma liga de La-Ce-Nd-Pr, usada em pedras de isqueiro; adiciona cor amarela característica em vidros, cerâmicas e esmaltes; óxido de praseodímio, juntamente com neodímio são os componentes dos óculos didímio de proteção, usados por soldadores e sopradores de vidro. Esses óculos filtram a luz amarela e a radiação infravermelha; usado em eletrodos de arco de carbono, particularmente para iluminação de estúdio e projeções; usado em certos tipos de baterias e de lasers

**Neodímio:** Poderosos ímãs permanentes utilizados em motores elétricos, geradores de turbinas eólicas, scanners de ressonância magnética nuclear, tecnologias militares, dispositivos eletrônicos, como fones-de-ouvido e alto-falantes.

**Promécio:**  $^{147}\text{Pm}$  é isótopo luminescente, empregado em pinturas luminosas e objetos como mostradores de relógios e sinais de segurança; Baterias atômicas, conhecidas como células betavoltaicas, usadas em marca-passos, mísseis guiados, sensores remotos em situações onde energia de longa duração baixo consumo é requerida; é usado como fonte de radiação beta em vários instrumentos, como medidores de espessura de materiais durante sua fabricação; detectores de radiação, notadamente em imageamento médico e em aplicações de segurança.

**Samário:** Ímãs samário-cobalto têm performance superior em uma variedade de aparelhos e indústrias. É componente de hastes de controle como moderadoras efetivas de reações nucleares. Materiais cobertos por pintura com samário são usados em lasers e fibras óticas para melhorar a qualidade do sinal de transmissão e a qualidade do feixe do laser. Também usado em vidros especiais que absorvem radiação infra-vermelha, com aplicações em instrumentos e aparelhos óticos. Compostos de samário podem atuar como catalisadores em várias reações químicas incluindo processos de desidrogenização e desidratação. Samário radioativo pode ser usado para mitigar dores ósseas.

**Európio:** Produz vermelho fosforescente que é crítico para o equilíbrio de cores em visores e telas LED. Apenas 0,2g de európio fornece vermelho fosforescente necessário para um visor Led padrão. Esse elemento tem uma capacidade única de converter eficientemente luz ultravioleta em luz visível vermelha.

**Térbio:** Ímãs permanentes de alta performance, aumentando a temperatura de operação até 200°C; Esses ímãs têm crescente demanda aplicada a veículos elétricos, turbinas eólicas, dispositivos eletrônicos, tecnologia militar. Também usado para melhorar a condutividade de semicondutores, como estabilizador de células de combustíveis, fontes de luz e lasers.

**Dysprósio:** Transição energética, tecnologia de energia eólica, veículos elétricos, energia nuclear; ímãs permanentes (aumenta a resistência à demagnetização e a faixa de temperatura), essenciais para motores de veículos elétricos; Usado em ímãs de turbinas eólicas; Em hastes de controle de reatores nucleares por que é capaz de absorver nêutrons sem expansão ou contração, o que ajuda a controlar o processo de fissão nuclear e mantém a operação mais segura;

**Hólmio:** Ímãs de alta resistência com forte campo magnético; componente essencial em imageamento por ressonância magnética; usado em hastes de controle de reatores nucleares para absorver nêutrons, regulando a cadeia da reação nuclear; lasers cobertos por película de hólmio têm corte preciso e capacidade selante. Por isso, são usados em vários procedimentos médicos, incluindo cirurgias no globo ocular, tratamento de pedras e tumores nos rins; Na medicina nuclear o isótopo  $^{166}\text{Ho}$  é usado para a calibração do espectrômetro de raios gama; Hólmio é usado para conferir cor amarela ou vermelha em vidros e em zircônia;

**Érbio:** amplificação de sinal em cabos banhados com Érbio, possibilitando internet de alta velocidade e transmissão de dados em longas distâncias; lasers banhados com Érbio são usados em vários procedimentos médicos, como rejuvenescimento da pele, redução de rugas e acne, remoção de tatuagens; a capacidade do Érbio em absorver nêutrons o faz útil hastes de controle de reatores nucleares, regulando a cadeia de reações e assegurando segurança; ligas metálicas com vanádio, melhorando a trabalhabilidade de metais; o óxido de érbio adiciona cor rosa em vidros, cerâmicas e esmaltes;

**Thúlio:** O isótopo  $^{170}\text{Tm}$ , que é radioativo, é usado em espectrômetros portáteis de Raios-X para imageamento médico; Lasers banhados com thúlio são usados em vários procedimentos cirúrgicos, incluindo urologia para tratamento de pedras nos rins; isótopo  $^{170}\text{Tm}$  também é usado no tratamento de câncer, como fonte de radiação; é um dos materiais supercondutores cruciais para Imageamento por Ressonância Magnética (MRI); Usado em cerâmicas de materiais magnéticos (ferrite) em fornos de micro-ondas.

**Ytérbio:** É adicionado ao aço inoxidável para melhorar sua durabilidade, resistência mecânica e resistência à corrosão; usado em ligas dentárias para preenchimentos e coroas devido à sua resistência à corrosão;  $^{169}\text{Yb}$  é um isótopo que serve como fonte de radiação em aparelhos portáteis de Raios-X, notadamente em regiões sem eletricidade; câmeras de raios-gama para detectar fontes radioativas em containers fechados;  $^{169}\text{Yb}$  é uma alternativa ao iodeto radioativo para a braquiterapia no tratamento de câncer prostático; medidores de estresse usados para monitorar deformações na crosta terrestre causadas por terremotos e por explosões nucleares; materiais cobertos por película de Ytérbio são usados em lasers, particularmente em telecomunicações; o isótopo  $^{174}\text{Yb}$  é usado em relógio atômico de altíssima precisão; compostos de Ytérbio são capazes de absorver luz infravermelha e convertê-la em energia, o que é usado em sistemas de energia solar.

**Lutécio:**  $^{177}\text{Lu}$  Lutécio é usado na terapia de câncer, tumores neuroendócrinos e câncer de próstata; ortossilicato de lutécio é empregado em detectores de tomografias de emissão de pósitrons, possibilitando imageamento não invasivo da atividade celular; óxido de lutécio é usado como catalisador na indústria petroquímica e em processos como polimerização, hidrogenação e alquilação; densidade e ponto de fusão elevados do lutécio, permitem sua aplicação na cerâmica de alta temperatura e em avançados supercondutores usados em eletrônica, indústria aeroespacial e na defesa;  $^{176}\text{Lu}$  é usado para datar meteoritos e o óxido de lutécio é usado na fabricação de lentes especializadas.

## **PRODUÇÃO DE TERRAS-RARAS.**

O maior produtor de ETR é a China, que representa em torno de 70% da produção mundial. Em segundo lugar está os EUA com 11% da produção mundial, seguido por Myanmar, Austrália, Nigéria e Tailândia. Ver tabela abaixo:

Tabela 2. Reservas e produções anuais

rank	país	reservas (Mt)	produção (Mt)	prod. rank
1	China	44.000.000	270.000	1
2	Brasil	21.000.000	0	0
3	Índia	6.900.000	2.900	7
4	Austrália	5.700.000	13.000	4
5	Rússia	3.800.000	2.500	8
6	Vietnam	3.500.000	300	10
7	EUA	1.900.000	45.000	2
8	Groenlândia**	1.500.000	0	0
	Madagascar*		2.000	9
	Myanmar*		31.000	3
	Nigéria*		13.000	5
	Tailândia**	4.500	13.000	6

\*Informações sobre reservas são inexistentes; \*\*Fonte = USGS

## TERRAS-RARAS NO BRASIL

O Brasil ainda não produz Terras-Raras, mas possui a segunda maior reserva desses elementos (21 milhões de toneladas), só suplantada pela China (44 milhões e toneladas). É único país que poderá no futuro ultrapassar a China em reservas e produção de ETR. Vários projetos de pesquisa de ETR estão em andamento, alguns dos quais entrarão em produção em 2026. Os quatro tipos principais de depósitos de ETR ocorrem no Brasil: a) em carbonatitos; b) granitos evoluídos; c) areias monazíticas e d) argilas iônicas.

Tabela 3. Principais depósitos de ETR no Brasil

Nome	Localização	Tipo	Empresa	Observações
Monte Alto	Ubaíra, BA	Areia monazítica	Brazilian Rare Earths (AUS)	Reservas: 4,1 Mt
Ema	Apuí, AM	Argila iônica	Brazilian Critical Minerals	Produção em 2027-2028
Campo Grande	Jequié, BA	Argila iônica	Equinox (AUS)	Investimento de US\$ 25 milhões
Serra Verde	Minaçu, GO	Argila iônica	Denham Capital (USA)	200 Mt, irá produzir 5.000t em 2026
Araxá	Araxá, MG	Carbonatito	Saint George (AUS)	Produção em 2027, 15.000t por ano. Reservas 41Mt
Caldeira	Poços de Caldas, MG	Argila iônica	Meteoric	Produção em 2027
Colossus	Poços de Caldas, MG	Argila iônica	Viridis	Produção em 2027-2028, investimento de US\$ 250M

## O QUE SÃO ARGILAS IÔNICAS?

Uma nova fonte de Terras-Raras são as argilas iônicas, ou argilas de adsorção, que podem gerar depósitos de ETR em solos superficiais. As Terras-Raras são adsorvidas na superfície de minerais

de argila, principalmente kolinita e halloisita. Rochas-mãe contendo ETR são intemperizadas quimicamente levando as argilas ficarem enriquecidas em ETR. Os países com maior número de depósitos de ETR associados à argilas iônicas são a China e o Brasil. Todavia, o potencial brasileiro é superior ao da China, pois o Brasil tem maior quantidade de rochas-fonte, como carbonatitos e tem um clima mais úmido (que favorece o intemperismo químico). A descoberta de argilas iônicas no sul do Amazonas pela australiana Brazilian Rare Earths abre uma perspectiva enorme para novas ocorrências de ETR “Amazônicas”.

## **TERRAS-RARAS NO AMAZONAS**

Um projeto de dimensionamento de ETRs está em andamento no sul do Amazonas, município de Apuí. É uma empresa australiana, BBX ou Brazilian Critical Minerals, que está calculando as reservas de ETR em argilas iônicas derivadas de riolitos (possivelmente alcalinos). Reservas serão definidas até o final de 2025 e a produção é esperada para princípio de 2027.

O Carbonatito Seis Lagos, no noroeste do Amazonas, a 85 km de São Gabriel da Cachoeira, encerra as maiores reservas de nióbio do planeta, 82.000.000 t de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, com valor de U\$ 4,072 trilhões. Esse recurso foi dimensionado com sondagens e amostras de superfície pela CPRM no final da década de 1970. Devido ao prazo curto para a entrega do relatório final para o DNPM e às limitações analíticas da época, a CPRM não fez análises de ETRP, apenas de Cério e Lantânio. O carbonatito Seis Lagos encerra enormes quantidades desses dois elementos, levando a considerar que pode ser um dos principais mananciais de ETR do mundo.

João Orestes Schneider Santos