



Texto para Discussão 002 | 2026

Discussion Paper 002 | 2026

O “Tripé Estratégico” de utilização das terras raras pela China: transição e segurança energética, soberania tecnológica e defesa nacional

Ryan de Albuquerque da Silva

Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Economia da Indústria e da Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGE-IE/UFRJ).

E-mail: ryan.silva@ppge.ie.ufrj.br

Kaio Vital da Costa

Doutor em Economia da Indústria e da Tecnologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGE-IE/UFRJ).

Professor no Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IE/UFRJ). Pesquisador no Grupo de Indústria e Competitividade (GIC-IE/UFRJ) e no Grupo de Economia do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (GEMA/UFRJ).

E-mail: kaio.costa@ie.ufrj.br.

Marília Bassetti Marcato

Doutora em Economia pela Universidade Estadual de Campinas (IE/Unicamp). Professora no Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IE/UFRJ).

Pesquisadora Colaboradora no Grupo de Indústria e Competitividade (GIC-IE/UFRJ), na RedeSist (UFRJ) e no Núcleo de Economia Industrial e da Tecnologia (NEIT-IE/Unicamp).

E-mail: marilia.marcato@ie.ufrj.br.

O “Tripé Estratégico” de utilização das terras raras pela China: transição e segurança energética, soberania tecnológica e defesa nacional

Janeiro, 2026

Ryan de Albuquerque da Silva

Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Economia da Indústria e da Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGE-IE/UFRJ).

E-mail: ryan.silva@ppge.ie.ufrj.br

Kaio Vital da Costa

Doutor em Economia da Indústria e da Tecnologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGE-IE/UFRJ).

Professor no Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IE/UFRJ). Pesquisador no Grupo de Indústria e Competitividade (GIC-IE/UFRJ) e no Grupo de Economia do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (GEMA/UFRJ).

E-mail: kaio.costa@ie.ufrj.br.

Marília Bassetti Marcato

Doutora em Economia pela Universidade Estadual de Campinas (IE/Unicamp). Professora no Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IE/UFRJ).

Pesquisadora Colaboradora no Grupo de Indústria e Competitividade (GIC-IE/UFRJ), na RedeSist (UFRJ) e no Núcleo de Economia Industrial e da Tecnologia (NEIT-IE/Unicamp).

E-mail: marilia.marcato@ie.ufrj.br.

This paper can be downloaded without charge from
<https://www.ie.ufrj.br/publicacoes-j/textos-para-discussao.html>

Resumo

O presente trabalho analisa o papel estratégico das Terras Raras (TR) na consolidação do poder econômico e geopolítico da China desde as reformas conduzidas por Deng Xiaoping. Ainda na década de 1980, o líder chinês reconheceu o potencial desses elementos como base para o desenvolvimento tecnológico e para a autonomia produtiva do país, comparando sua importância à do petróleo no Oriente Médio. A trajetória chinesa no setor de TR (sejam os elementos leves ou pesados), entretanto, não decorre apenas da abundância natural de recursos, mas de políticas industriais e comerciais que articularam, de forma planejada, o controle das etapas de extração, separação e processamento desses minerais. A partir da década de 1990, a crescente demanda mundial por TR impulsionou a posição dominante da China, que chegou a responder por mais de 90% da produção global. As TRs atraem atenção geopolítica desproporcional não por causa do tamanho do mercado, mas porque representam pontos estratégicos de estrangulamento em tecnologias críticas. As propriedades únicas desses elementos e sua aplicação em tecnologias de ponta, como eletrônicos, energias renováveis e equipamentos militares, conferiram-lhes um papel central nas disputas geopolíticas recentes, especialmente entre a China e os Estados Unidos. A restrição das exportações chinesas de TR para o Japão, em 2010, intensificou preocupações sobre segurança de suprimento, estimulando iniciativas de diversificação produtiva, investimentos em reciclagem e formação de alianças internacionais para reduzir a dependência em relação à China. O argumento central do estudo é que a verticalização da cadeia produtiva de TR está fundada em um “tripé estratégico”, que depende de três dimensões interligadas: segurança e transição energética, soberania tecnológica e defesa nacional. A consolidação dessa estrutura permitiu à China transformar um recurso natural em instrumento de política industrial e geopolítica, ampliando sua autonomia produtiva e sua capacidade de influência nas cadeias globais de valor.

Palavras-chave: Terras Raras (TR). China. Tripé Estratégico. Verticalização Internacional da Produção. Autonomia Produtiva.

CHINA'S “STRATEGIC TRIPOD” OF RARE EARTHS USE: ENERGY TRANSITION AND SECURITY, TECHNOLOGICAL SOVEREIGNTY, AND NATIONAL DEFENSE

Abstract

This paper explores the strategic role of rare earth elements (REEs) in shaping China's economic and geopolitical power since the reforms of Deng Xiaoping. In the 1980s, Deng recognised their potential to underpin technological development and productive autonomy, comparing their significance to Middle Eastern oil. China's dominance in both light and heavy REEs, however, stems not only from resource abundance but also from coordinated policies governing extraction, processing, and commercialization. Rising global demand since the 1990s has cemented China's preeminent position, now supplying over 90% of the world's REEs. Their strategic importance derives less from market size than from their role as critical inputs in advanced technologies—ranging from electronics to renewable energy and military applications—making them central to contemporary geopolitical tensions, particularly with the United States. The 2010 export restrictions to Japan highlighted global supply vulnerabilities, prompting efforts to diversify production, invest in recycling, and form international alliances to reduce dependence on China. This study argues that China's vertical integration of the REE sector rests on a “strategic tripod”: energy security and transition, technological sovereignty, and national defence. By consolidating this framework, China has transformed a natural resource into an instrument of industrial and geopolitical strategy, enhancing both its productive autonomy and its global influence.

Keywords: Rare Earths (RE). China. Strategic Tripod. International Verticalization of Production. Productive Autonomy.

1 Introdução

“*O Oriente Médio tem petróleo, a China tem terras raras*” (DeFerreira, 2021). Assim declarou em 1992[1987] Deng Xiaoping, líder do Partido Comunista Chinês (PCCh) e arquiteto da transformação econômica chinesa, salientando, de forma visionária, a importância dos Elementos de Terras Raras - ETR (doravante, “Terras Raras” - “TR”) para a mudança estrutural da China, no longo prazo. O “arquiteto-chefe” da reforma e abertura chinesas viu nas enormes jazidas de minerais portadores de terras raras um potencial geopolítico similar àquele representado pelas reservas de petróleo do Oriente Médio. O líder do PCCh era um grande entusiasta das terras raras e viu seu caráter estratégico desde o início. O discurso de 1992 ecoava o diagnóstico que Deng Xiaoping já havia feito em 1987, em visita à província da Mongólia Interior, onde se encontrava o maior depósito de TR do mundo: “[...] Isso é extremamente significativo; nós devemos lidar com a questão das terras raras adequadamente e fazer o máximo de uso da vantagem de nosso país em recursos de terras raras” (Deng Xiaoping, *apud* DeFerreira, 2021).

Contudo, DeFerreira (2021) salienta que esse potencial advém mais de um conjunto de circunstâncias político-econômicas do que de uma fortuidade natural. Por essa razão, reações à preeminência chinesa no domínio das TR já surgem há tempos no horizonte. O autor enfatiza que desde a década de 1990, a demanda por esses elementos já vem aumentado vertiginosamente, elevando o papel desempenhado pela China na extração e produção desses recursos à importância estratégica visada por aquele que idealizou a chamada “economia de mercado socialista”.

As propriedades exclusivas dos elementos de TR e a falta de alternativas para sua aplicação em tecnologias modernas, especialmente em eletrônicos e em tecnologias verdes de rápido crescimento, como geração e armazenamento de energia renovável, lâmpadas com eficiência energética, carros elétricos e catalisadores automotivos, além de aplicações militares e aeroespaciais específicas, colocam esses elementos no centro das recentes tensões geopolíticas entre EUA e China. O domínio da China na produção de TR, agravado por uma redução significativa nas cotas de exportação desde 2010, levantou sérias preocupações quanto à garantia do fornecimento de TR nos EUA, no Japão, na União Europeia e em outros países. Em 2010 e 2012, isso resultou na disparada dos preços e na redução da oferta da maioria dos elementos de TR, o que levou a várias novas

empresas de TR em todo o mundo, com alocação de grandes investimentos em explorações geológicas adicionais e desenvolvimento de tecnologia. Ao mesmo tempo, as dificuldades de fornecimento forçaram os usuários finais de TR a investir no desenvolvimento de tecnologias de reciclagem e opções de reutilização desses elementos.

Com o aumento das tensões entre a China e os EUA, e após a invasão russa na Ucrânia, os temores de fragmentação da cadeia de suprimentos e preocupações com a segurança do fornecimento de recursos aumentaram. Embora tenha havido discussões e análises sobre o domínio dos TR pela China no passado, destacado por uma proibição de exportação pela China em 2010, as ações políticas se aceleraram de forma mais significativa nos últimos anos. Os esforços para reduzir o domínio chinês de TR nos EUA, União Europeia e outros países incluíram a designação de TR como um material crítico, simplificando os processos de aprovação para a extração de TR, oferecendo empréstimos e outros subsídios para o processamento de TR, reduzindo o conteúdo de TR de vários dispositivos, formando coalizões ou *clusters* de países cujo objetivo é aumentar a produção ou o processamento fora da China.

A China começou a dominar o fornecimento de elementos de TR no início da década de 1990, quando sua produção total de produtos de produtos *upstream* e *midstream* foi responsável por mais da metade da produção global de TR (Shen, 2020). De acordo com Shen (2020), a participação da China no fornecimento aumentou de 21% em 1985 para a alta registrada de 97% entre 2005 e 2011. Em 2018, a participação diminuiu para 71%, mas seria maior se considerássemos a produção não documentada e ilegal. As reservas de TR da China são de cerca de 44 milhões toneladas, que representam 37% das reservas mundiais (USGS, 2017). Além disso, com o crescimento econômico sem precedentes da China, a industrialização e os incentivos políticos da China, seu consumo de óxidos, metais, compostos e ligas de TR na fabricação também aumentou de 4.888t de minerais de TR em 1987 para 19.270 t no início dos anos 2000, e ainda mais para cerca de 125.000t em 2018 (Shen, 2020; USGS, 2020)¹.

¹ Além de sua própria produção, a China está expandindo seus investimentos na mineração de TR, bem como em outros minerais críticos fora de suas fronteiras. Por meio da Nova Rota da Seda, a política externa

O objetivo do presente é analisar a criação de um “tripé estratégico” chinês baseado em três componentes interdependentes: segurança/transição energética, soberania tecnológica e defesa nacional. O estudo argumenta que a criação desse “tripé estratégico” foi viabilizada a partir de um conjunto de políticas comerciais e industriais de longo prazo, que permitiram a verticalização da indústria de TR ao longo dos anos 2000. Esse processo de verticalização resultou em um controle absoluto e relativo da extração, separação e processamento dos elementos das TR ao longo das fases *upstream*, *midstream* e *downstream*². Ao mesmo tempo, a preocupação com a possível interrupção da oferta de TR levou a inovações tecnológicas e muitos países começaram a construir cadeias de oferta de TR fora da China³. A crescente competição por elementos de TR em nível internacional, então, aparece como um desdobramento das políticas industriais e comerciais chinesas, que possivelmente resultarão em reconfigurações de diversas cadeias produtivas.

O argumento central deste trabalho é de que o processo de verticalização da cadeia produtiva de terras raras (que hoje configura a “Indústria de Terras Raras da China”) foi/é utilizado na construção deste “tripé estratégico”, tendo este o objetivo de verticalizar internacionalmente a produção industrial chinesa para lhe conferir Autonomia Produtiva, no longo prazo.

e estratégia de desenvolvimento de infraestrutura global da China que visa expandir a influência do país sobre o comércio, a conectividade e os investimentos na Ásia e no resto do mundo em desenvolvimento e desenvolvido, a China tem investido em instalações de mineração e processamento na Ásia Central e Sudeste Asiático, África e América Latina. Essa iniciativa complementa duas outras políticas voltadas a garantir acesso a recursos, a novos mercados e ampliar as alianças com outros países em desenvolvimento: o China’s going out (2000) e o Made in China 2025 (2013).

² A China detém uma posição dominante em todos os segmentos da cadeia de suprimentos de minerais de REE. O país abriga 35% das reservas minerais globais de elementos de TR. Ela também é responsável por 70% da extração global e 87% do processamento global de elementos de TR. Embora esses minerais estejam dispersos em escala global, muitos países não querem ou não podem se envolver em processos de separação e refino, tendo em vista os elevados custos para extração, refino e processamento, além dos danos ambientais (IEA, 2024).

³ Essas novas cadeias de suprimentos seguem principalmente as seguintes rotas: intra-UE, da África para a Europa, da América do Norte para a Europa e para o Sudeste Asiático e da Austrália para a América do Norte e Sudeste Asiático (Liu, 2023).

Neste sentido, ela estrutura-se da seguinte maneira: a seção seguinte (seção 2) conceitua TR, suas principais aplicações, evolução histórica e configuração industrial. A seção 3 descreve as políticas públicas da China para TR, especialmente no século XXI. A seção 4 analisa, de fato, a utilização de TR pela China em três frentes de atuação: i) transição e segurança energética; ii) soberania tecnológica por meio de verticalização da Indústria de TR; e iii) segurança nacional (via modernização/sofisticação da indústria de defesa). Por fim, a seção 5 corrobora as considerações finais sobre o tema. Em síntese, o que se constata é que a utilização de TR pela China nestas três “frentes de atuação” caracteriza um “Tripé Estratégico” de verticalização internacional da produção industrial chinesa a fim de lhe conferir autonomia produtiva, no longo prazo.

2 Terras raras: conceito, configuração industrial e evolução histórica

2.1 Conceitos: o que são os elementos de terras raras e quais os principais usos?

Nas definições de Lapido-Loureiro (1994, p. 189) e da IUPAC (2017), as TR correspondem ao intervalo da tabela periódica constituído de 15 elementos químicos, denominados lantanídeos, de número atômico Z , compreendido entre os números 57 (lantânio) a 71 (lutécio). Incorporam-se a esta classificação os elementos escândio ($Z = 21$) e ítrio ($Z = 39$), por possuírem propriedades semelhantes e, portanto, uma associação ao referido intervalo do ponto de vista mineralógico. Embora sejam amplamente encontrados na crosta terrestre, os elementos de terras raras são chamados de “raros” porque existem em baixas concentrações em relação a outros elementos, o que torna sua extração e separação desafiadoras e com elevados custos.

Todavia, o que vem chamando a atenção para este recurso natural seria a sua viabilidade econômica: “atualmente, pode-se afirmar que o desenvolvimento de uma nação é medido pelo consumo de TR para aplicações em tecnologia de ponta” (Filho e Serra, 2014, p. 753). Assim, por seu valor econômico, alguns chamam as TR de “o ouro” ou “o petróleo” do Século XXI. De acordo com Hart (2025), a China é o maior detentor individual de

reservas econômicas comprovadas, respondendo por 36,7% das reservas globais. Vietnã (18,3%), Brasil (17,5%), Rússia (17,5%), e Índia (5,8%) também controlam reservas significativas e, juntos, respondem por cerca de 59% das reservas globais. Em conjunto, os cinco principais países - China, Vietnã, Brasil, Rússia e Índia - controlam mais de 88% das reservas globais. Esse controle concentrado pode representar riscos de fornecimento de elementos de terras raras para várias cadeias produtivas, representando uma ameaça ao desenvolvimento tecnológico dos Estados Unidos, da União Europeia, do Japão e de todos os outros países da Organização para a Cooperação Econômica (OCDE).

Este grupo de 17 elementos químicos são extraídos de mais de 250 minerais, sendo os principais: a bastnasita ((La,Ce,Nd)CO₃F), a monazita (La,Ce,Th)PO₄ (este que, junto a minérios radioativos como o tório, dão a coloração escura às areias de algumas praias do Brasil), argilas iônicas e xenotima ((Y,Dy,Yb)PO₄), “por serem os mais importantes e de maior demanda industrial” (Da Cunha, 2018, p. 9). Klinger (2018) argumenta que a nomenclatura “raras” vem do fato de que sua produção é muito difícil devido à concentração, extração e beneficiamento, o que não se refere à escassez de distribuição geográfica⁴ (Figura 1).

Os usos finais dos elementos de TR incluem catalisadores, ímãs, metalurgia, baterias, aditivos para vidro e cerâmica, fósforos e compostos de polimento. Essas aplicações abrangem cuidados com a saúde, aparelhos de consumo, eletrônicos, iluminação, comunicações, tecnologias de defesa, refino de petróleo, transporte de consumo e geração de energia elétrica.

⁴ Com base em seus números atômicos e características correspondentes, os elementos de terras raras podem ser divididos em dois grupos principais: sete elementos de terras raras leves e oito elementos pesados de terras raras. Os elementos pesados de terras raras têm números atômicos mais altos, que vão do gadolínio (64) ao lutécio (71). Embora todos os elementos de terras raras sejam considerados relativamente escassos em comparação com os elementos mais comuns, os pesados são encontrados em concentrações ainda menores na crosta terrestre em comparação com seus equivalentes mais leves, tornando sua extração e separação mais desafiadoras do ponto de vista físico e econômico (Hart, 2025).

Figura 1 - Apresentação e classificação dos 17 Elementos de TR na Tabela Periódica

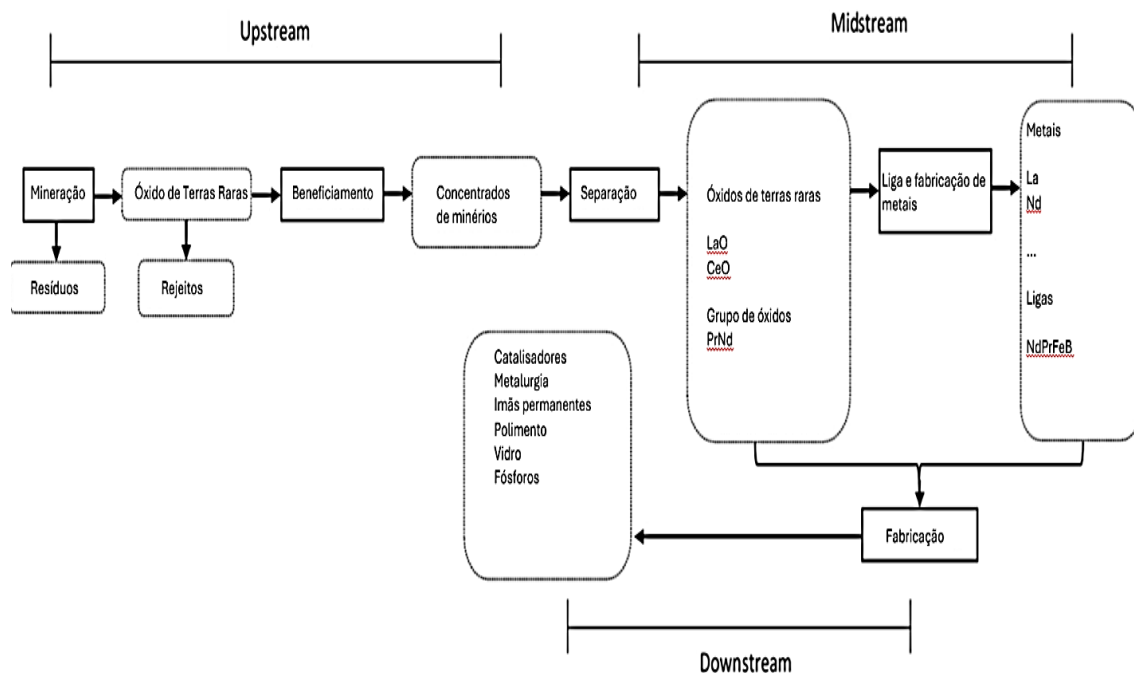


Fonte: National Energy Technology Laboratory (2022).

Devido às suas propriedades químicas e físicas, as TR são utilizadas em uma ampla variedade de aplicações tecnológicas, desde: fabricação de cerâmicas e vidros; refino de combustíveis; fundição de ligas metálicas; e, sobretudo, na produção de carros elétricos, televisores, superímãs, supercondutores, smartphones, aviões, lasers, mísseis, equipamentos médicos e outras tecnologias avançadas. Ou seja, “as TR são essenciais para a chamada Quarta Revolução Industrial” (DeFerreira, 2021). Além disso (e não menos importante), vale destacar que as TR são estratégicas para a indústria bélica (como será exposto na “Seção 4”).

Todavia, vale destacar que as TR passam por uma complexa cadeia de produção até chegarem a produtos de aplicação no mercado, sintetizada na figura 2 abaixo. A cadeia produtiva dos ETRs inicia-se no *upstream*, com a mineração, o beneficiamento e a separação dos minérios até a obtenção de óxidos, metais e ligas específicas, como o NdPrFeB; esses produtos são então direcionados a diversas aplicações intermediárias, como a fabricação de ímãs permanentes, catalisadores, vidros especiais e fósforos; por fim, na etapa *downstream*, esses componentes são integrados em produtos finais de alta tecnologia, como motores de veículos elétricos, turbinas eólicas e dispositivos eletrônicos, fechando o ciclo desde a extração até o uso final.

Figura 2 - Fluxograma da cadeia produtiva de terras raras



Fonte: adaptado de Shen (2020).

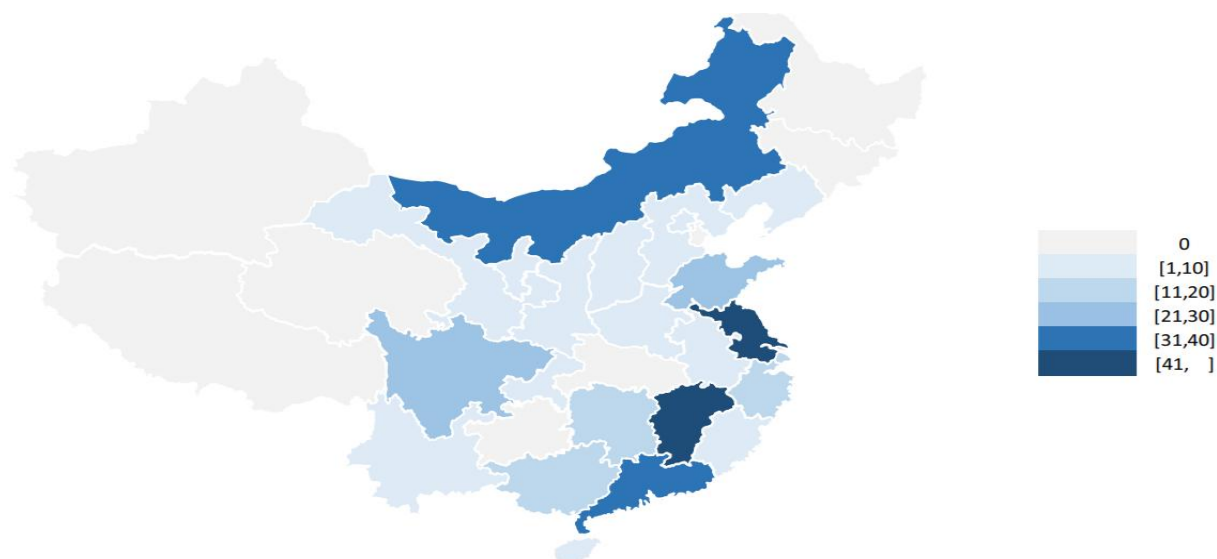
Além das reservas, a China detém uma posição dominante em toda a cadeia de suprimentos - mineração, separação, refino e produção de produtos acabados. Em cada etapa da cadeia produtiva, a China controla uma parcela ainda maior do comércio global⁵. Por exemplo, no caso dos ímãs permanentes de NdFeB (compostos de neodímio, ferro e boro), que são usados em motores de veículos elétricos e híbridos, turbinas eólicas etc., a China controla uma parcela ainda maior do comércio global, com 58% da produção de

⁵ De acordo com Hart (2025), o governo chinês reestruturou o setor em duas ondas de consolidação. A primeira onda, concluída durante a década de 2010, resultou em seis grandes empresas estatais de propriedade central e provincial. No final de 2021, a China consolidou ainda mais o setor ao combinar a China Minmetals Rare Earth Co. Earth Co., Ltd., Chinalco Rare Earth and Metals Co., Ltd. and China Southern Rare Earth Group Co. Ltd., juntamente com duas empresas menores, a Ganzhou Zhonglan Rare Earth New Material Technology e Jiangxi Ganzhou Rare Metal Exchange, resultando na criação da China Rare Earth Group. Essa política teve por objetivo consolidar a participação de mercado em várias grandes empresas estatais nacionais que integram verticalmente as operações de extração, separação e processamento. Keith Zhai, “China Set to Create New State-Owned Rare-Earths Giant,” *Wall Street Journal*, December 3, 2021, <https://www.wsj.com/articles/china-set-to-create-new-state-owned-rare-earths-giant-11638545586>.

minas, 89% da capacidade de separação, 90% da capacidade de refino e 92% da produção de ímãs (Hart, 2025).⁶

A Figura 3 ilustra a distribuição espacial das empresas de terras raras na China em 2016, evidenciando uma concentração geográfica distinta entre os estágios de produção: as atividades de *upstream*, como mineração e beneficiamento, estão predominantemente localizadas em regiões com recursos naturais, enquanto as operações *downstream*, de transformação e fabricação de produtos de alto valor agregado, encontram-se mais dispersas pelo território, frequentemente próximas a centros industriais e de inovação tecnológica.

Figura 3 - A distribuição espacial das empresas de TR varia ao longo dos estágios de produção *upstream* e *downstream* na China, 2016



Fonte: Shen (2020), com base em 379 empresas legais.

⁶ Os recursos de terras raras da China estão concentrados no interior da Mongólia (Baotou), que responde por 58% da produção nacional, seguida por Sichuan (Liangshan), que produz 23% da produção chinesa, e Jiangxi (Ganzhou), que produz 7% das terras raras da China, com Fujian e Shandong respondendo, cada uma, por 3% da produção nacional. As terras raras leves são encontradas principalmente no norte da China, e as terras raras médias e pesadas nas províncias do sul da China. Cada região é dominada por um grupo diferente, essencialmente organizado como oligopólios regionais (Hart, 2025).

As províncias **do leste e sudeste (Guangdong, Jiangxi, Fujian, Zhejiang)** apresentam **maior densidade de empresas *downstream***, associadas às etapas de **fabricação e aplicação** de produtos de TR. Já as províncias **do norte e centro-norte (Inner Mongolia, Shanxi, Hebei)** concentram atividades ***upstream***, ligadas à **extração e beneficiamento**. As regiões **ocidentais e do interior** (como Tibet, Xinjiang, Qinghai) exibem **baixa presença** de empresas, refletindo menor desenvolvimento industrial e logístico.

A concentração das atividades de ***upstream*** (mineração e processamento primário) em regiões específicas com recursos naturais, como a Mongólia Interior, permite um controle estrito sobre a produção, a imposição de cotas de mineração e a aplicação de padrões ambientais — mecanismos essenciais para regular a oferta global e influenciar os preços. Paralelamente, a dispersão das operações ***downstream*** (fabricação de ímãs, motores e componentes tecnológicos) em polos industriais costeiros e tecnologicamente avançados, como Guangdong e Zhejiang, visa capturar o máximo valor adicionado, fomentando a inovação em setores estratégicos nacionais, como veículos elétricos e energias renováveis. Esta divisão assegura que a China não seja apenas um fornecedor de matérias-primas, mas um *player* dominante em toda a cadeia de valor, utilizando o controle da produção ***downstream*** como uma alavanca para consolidar a sua liderança industrial e tecnológica ***upstream***, uma pedra angular da sua política industrial e de segurança nacional.

2.2 A importância dos elementos de terras raras e minerais críticos para a China (e para o mundo): uma análise descritiva das estatísticas

Em linhas gerais, destaca-se que o aumento da demanda, os gargalos na cadeia de oferta e as interrupções na produção relacionadas à Pandemia de Covid-19 aumentaram os preços dos principais minerais críticos a partir dos anos 2000, como as TR, lítio, níquel e cobalto - sublinando a importância destes materiais nas cadeias de suprimentos globais. Atualmente, além das TR, cinco minerais críticos têm importância estratégica: Gálio, Germânio, Índio, Nióbio e Vanádio.

Tabela 1 - Minerais Críticos e Suas Aplicações

Mineral	Aplicações Principais
Gálio	Semicondutores GaN (5G, EVs), LEDs, células solares, eletrônica de alta frequência. China >80% refino
Germânio	Fibra óptica (telecomunicações), células solares, lentes infravermelhas. China >60% refino
Índio	Telas touch (ITO), displays LCD, soldas especiais, painéis solares
Nióbio	Ligas de aço de alta resistência, superligas aeroespaciais, supercondutores. Brasil 90% reservas
Vanádio	Ligas de aço, baterias de fluxo redox, catalisadores químicos

Fonte: elaboração própria, a partir de USGS (2023), CEPS (2023), Financial Times Research (2023) e GEUS (2023).

Os recentes controles chineses de exportações de minerais críticos têm gerado um alerta geopolítico global: em julho de 2023, a China implementou controles de exportação sobre gálio e germânio, alegando ser por questões de “segurança nacional” (Zhang, 2023).

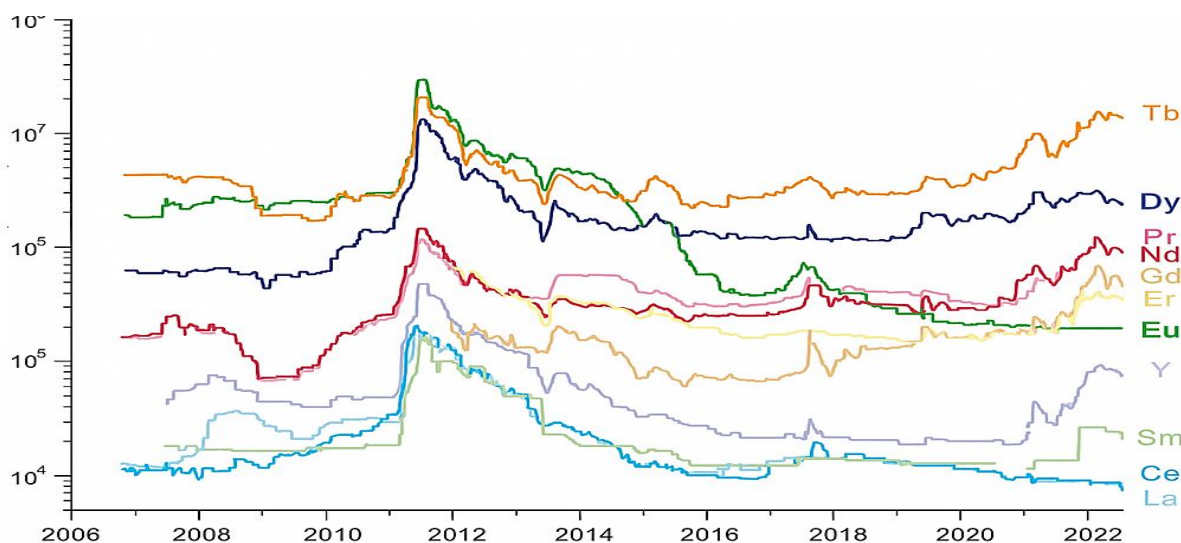
Impactos imediatos:

- Cadeias de semicondutores globalmente afetadas;
- Preços de chips GaN elevados;
- Produção de painéis solares impactada;
- Países forçados a buscar alternativas.

Este evento demonstra como os minerais críticos podem ser usados como arma geopolítica.

O gráfico a seguir apresenta, específica e panoramicamente, a trajetória dos preços de alguns dos elementos de TR entre 2006 e 2022:

Gráfico 1 - Preços de elementos de TR no Shanghai Metals Market



Fonte: adaptado de Liu (2023).

Obs.: valores em Yuan por tonelada e período temporal de outubro de 2006 a julho de 2022.

Os pontos de “pico” e de aumento nos preços de alguns dos elementos de TR no gráfico acima representam, respectivamente: i) a restrição das exportações chinesas de TR para o Japão em 2010, que intensificou as preocupações sobre segurança de suprimento, estimulando iniciativas de diversificação produtiva, investimentos em reciclagem e formação de alianças internacionais para reduzir a dependência em relação à China; e ii) a “Era Trump”, iniciada em 2017, que sublimou ainda mais a escalada de preços no segmento, decorrentes da (atual) disputa EUA-China.

Em linhas gerais, a cadeia de valor de terras raras pode ser dividida em três estágios principais: “mineração”, “processamento” e “refino”. Nas últimas décadas, a concentração chinesa vem aumentando nestas três etapas - como evidenciado a seguir:

Tabela 2 - Participação da China por etapa na Cadeia de Valor de Terras Raras (2023)

Etapa	Participação China	Nível de Risco
Mineração	70%	Médio
Processamento (Separação)	87%	Alto
Refino (Metalurgia)	91%	Crítico
Ímãs Permanentes	94%	Crítico

Fonte: elaboração própria, a partir de USGS (2023), CEPS (2023), Financial Times Research (2023) e GEUS (2023).

Na primeira etapa (“mineração”), a China detém cerca de 70% da participação global da extração de todos os concentrados de TR. As principais etapas incluem:

- 1. Mineração de minério de ETR** – Extração de depósitos minerais;
- 2. Trituração e moagem** – Redução física do minério;
- 3. Processamento mineral** – Produção de concentrado;
- 4. Extração de ETR** – Obtenção de óxidos mistos de terras raras.

A extração normalmente ocorre **próximo às instalações de mineração**, devido aos custos logísticos e desafios ambientais do transporte de minério bruto.

Nas etapas de “processamento” e “refino” (segunda e terceira etapas), a China detém percentuais globais de participação de 87% e 91% - respectivamente. O processamento químico para separar elementos individuais de TR é extremamente complexo e ambientalmente desafiador. Esta etapa representa o **maior gargalo estratégico** da cadeia, com:

- **Separação de ETR individuais** – Usando processos hidrometalúrgicos;
- **Refinaria de METAIS específicos** – Purificação de metais individuais;
- **Liga de metais ETR** – Produção de ligas especializadas (Pr, Nd, Tb, Dy).

Estas duas últimas etapas são dominadas por empresas chinesas especializadas que desenvolveram *expertise* técnica ao longo de décadas.

No estágio de “uso final” - considerado o topo da cadeia de valor -, a China produz cerca de 94% de todos os ímãs permanentes de TR – principalmente o ímã de neodímio-ferro-boro, NdFeB. Ademais, tem-se como possíveis usos finais/campos de aplicação de TR:

Tabela 3 - Aplicações finais de Terras Raras

Aplicação	Descrição e Importância
Ímãs Permanentes (FeNdB)	Turbinas eólicas, motores de EVs, sistemas de armazenamento. Crítico para transição energética.
Metalurgia e Baterias	Ligas especiais, baterias NiMH para veículos híbridos
Catalisadores e Vidro	Catalisadores automotivos (La, Ce), polimento de vidro de precisão
Polimento e Fosforescência	Displays, iluminação LED, lâmpadas fluorescentes

Fonte: elaboração própria, a partir de USGS (2023), CEPS (2023), Financial Times Research (2023) e GEUS (2023).

Os usos globais de terras raras em 2020 totalizaram aproximadamente 163.200 toneladas, distribuídas da seguinte forma - por campos de aplicação:

Tabela 4 - Elementos de Terras Raras por volume (2020)

Elemento	Volume (mil ton)	% do Total	Aplicação Principal
La & Ce	87,6	54%	Vidro, cerâmica, catalisadores
Nd, Pr & Dy	58,7	36%	Ímãs permanentes
Y (Ítrio)	10,1	6%	Fósforos, displays
Sm, Eu & Gd	4,8	3%	Ímãs, fósforos
Outros	2,0	1%	Diversos
Total	163,2	100%	

Fonte: elaboração própria, a partir de USGS (2023), CEPS (2023), Financial Times Research (2023) e GEUS (2023).

Já em relação às aplicações de terras raras em setores finais de uso, os dados da tabela 5 mostram que o **setor de Energia Eólica & EVs** tem a maior taxa de crescimento projetada (mais de 15% a.a.), aumentando drasticamente a dependência de ímãs de terras raras:

Tabela 5 - Demanda por Setor Final (2020)

Setor	Volume (mil ton)	% do Total
Manufatura	39,7	24%
Eletrônicos	34,7	21%
Equipamento Elétrico	29,1	18%
Auto & Transporte	21,4	13%
Refinarias de Petróleo	21,2	13%
Energia Eólica & EVs	17,0	10%

Fonte: elaboração própria, a partir de USGS (2023), CEPS (2023), Financial Times Research (2023) e GEUS (2023).

3 Políticas públicas da China para terras raras

Como relatam Araújo *et al.* (2020, p. 155), as TR “foram descobertas em território chinês no final da década de 1920, no distrito de Bayan Obo, cidade mineira localizada no oeste da Mongólia Interior. Até esta descoberta, sua produção era majoritariamente estadunidense”. Cardoso *et al.* (2014) argumentam que o interesse chinês em influir sobre as TR não existia até meados da década de 1960. Esse cenário foi alterado no governo de Deng Xiaoping, particularmente a partir de 1986. Desde então, a China desenvolveu uma estratégia de longo prazo, envolvendo desde o domínio da extração até a produção e rotas de distribuição. O domínio da China no setor global de terras raras é o resultado de décadas de planejamento, investimento e política coordenados pelo Partido Comunista Chinês, o governo nacional, o Exército de Libertação do Povo e empresas estatais em nível nacional e em nível nacional e provincial (Hart, 2025).

A tabela 6 mostra os principais *stakeholders* na indústria de TR da China. Os planos da China para o controle dos elementos de terras raras (TR) refletem um modelo integrado de gestão estatal-estratégica, no qual diferentes atores atuam de forma coordenada para assegurar o domínio sobre toda a cadeia de valor, isto é, da extração ao consumo industrial. A liderança política, encabeçada pelo Secretário-Geral do PCCh e pela Comissão Militar Central, define as diretrizes estratégicas que alinham o setor de TR aos interesses de segurança nacional e desenvolvimento tecnológico. No âmbito executivo, o Governo Central e ministérios especializados, como o MIIT e o NDRC, regulam a produção por meio de quotas, licenças e políticas ambientais, enquanto órgãos como o Escritório de Terras Raras e a Administração de Reservas Estratégicas controlam

ativamente o estoque, os preços e a exportação de commodities, evitando a volatilidade do mercado e garantindo suprimento estável para setores prioritários.

A articulação entre institutos de P&D e associações industriais permite que a China não só lidere a produção global de TR, mas também avance na inovação de processos e aplicações *downstream*, reduzindo a dependência externa em tecnologias críticas. As empresas estatais, como a China Rare Earth Group, funcionam como braços operacionais do Estado, consolidando a produção *upstream* e implementando políticas de concentração setorial.

No entanto, a existência de mercados paralelos representa um desafio à governança, exigindo maior fiscalização para coibir o comércio ilegal e evitar a erosão do controle estatal. Por fim, as indústrias *downstream*, desde energias renováveis até defesa, atuam como destinos estratégicos desses recursos, fechando o ciclo de um modelo que combina proteção de recursos naturais, promoção tecnológica e projeção de poder geoeconômico.

Tabela 6 - Os principais atores envolvidos na indústria de terras raras da China

Categoria	Atores Principais	Funções/Responsabilidades
Liderança Política	Secretário-Geral do PCCh, Presidente da China, Comissão Militar Central	Definição da estratégia nacional, integração com segurança e defesa.
Governo Central	Premier, Conselho de Estado	Coordenação geral da política e supervisão.
Ministérios	MIIT, NDRC, Min. Recursos Naturais, Finanças, Comércio, Ecologia e Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia, Defesa Nacional	Regulação da produção, licenciamento, quotas, subsídios, inovação, padrões ambientais, segurança nacional.
Órgãos Especializados	Escritório de Terras Raras, Administração de Reservas Estratégicas, Departamento de Preços, Reserva Estratégica de Terras Raras	Licenciamento, gestão de quotas e reservas, precificação de commodities, controle de exportações.
Institutos de P&D	Academia Chinesa de Ciências, BRIRE, GRINM, ENFI, Instituto Nacional de Padronização	Pesquisa tecnológica, desenvolvimento de padrões industriais e ambientais, suporte à inovação.
Associações Industriais	China Rare Earth Industry Association, China Non-Ferrous Metals Industry Association	Intermediação entre governo e empresas, representação do setor.
Empresas Estatais e Privadas	China Rare Earth Group, China Northern Rare Earth, Xiamen	Produção, processamento e comercialização de terras raras.

Categoria	Atores Principais	Funções/Responsabilidades
	Tungsten, pequenas mineradoras licenciadas	
Mercados Paralelos	Mercados cinza e negro	Extração e comércio ilegal de terras raras, fora do controle estatal.
Indústrias Downstream	Energia (ímãs, turbinas eólicas, EVs), Nuclear, Eletrônicos (fósforos, lasers), Petroquímica (catalisadores), Vidros e chips, Defesa	Consumo estratégico das terras raras em setores civis e militares.

Fonte: elaboração própria a partir de Kalantzakos (2018), Shen (2020) e Hart (2025).

Como o maior produtor e exportador de terras raras, as políticas de terras raras da China, especialmente as restrições à exportação, têm sido de grande interesse nos últimos anos. As motivações da política de TR da China foram as preocupações domésticas, como a proteção ambiental e a conservação de recursos, o desenvolvimento de setores *downstream* e a realocação de indústrias com uso intensivo de TR. A China desenvolveu suas próprias tecnologias para processamento, medição e outros aspectos que foram apoiadas por investimentos estatais em inovação tecnológica e um sistema de patentes que protege a inovação de firmas nacionais. A separação e o refino de cada um dos elementos de terras raras requerem processos exclusivos, uma área na qual a China desenvolveu as principais tecnologias.

A tabela 7 mostra a evolução das políticas chinesas desde o início da produção de terras raras (1975) até o período pós-disputa na OMC (2018). Essa tabela evidencia uma **progressiva complexificação e centralização estatal** sobre o setor, refletindo o papel estratégico das terras raras na política industrial, comercial e ambiental da China. O caráter estratégico desses elementos de terras raras revela uma **trajetória de crescente regulação e capacitação estatal** no setor de terras raras na China⁷.

⁷ Kattel, Drechsler e Karo (2025) argumentam que, ao contrário da visão tradicional que associa o setor público à rigidez e lentidão, **um Estado empreendedor depende de uma burocracia inteligente e capaz**, não de sua ausência. Isso significa repensar **como o Estado organiza suas capacidades internas e como se relaciona com o setor privado e a sociedade**.

Tabela 7 - Catálogo de políticas chinesas sobre terras raras⁸

Tipo de Política	Subgrupo	1975–1990: Produção inicial para exportação	1991–1998: Restrições iniciais à produção e ao investimento estrangeiro	1999–2009: Quotas e impostos de exportação, promoção downstream	2010–2015: Restrições adicionais e mais amplas, disputa na OMC	2016–2018: Pós- disputa na OMC
Escritório de Terras Raras						
Política Industrial	Investimento Estrangeiro					
	Quota de Produção					
	Regulamentações da Quota de Produção					
	Consolidação Industrial					
	Sistema de Rastreamento de Produtos					
	Permissão de Exploração e Mineração					
	Repressão à Produção Ilegal					
	Padrão Industrial					
Política de Exportação	Plano de Desenvolvimento					
	Quota de Exportação					
	Rebate de Imposto de Exportação					
	Imposto de Exportação					
Política Ambiental	Permissão de Exportação					
	Padrão de Emissão					
	Recuperação de Terras					
	Leis e Regulamentações					
Imposto sobre Recursos	Empresas de Terras Raras Qualificadas					

Fonte: adaptado de Shen (2020).

De acordo com Kattel, Drechsler e Karo (2025), o ponto de partida é a noção de **capacidades dinâmicas do Estado**, isto é, a habilidade de aprender, adaptar e coordenar políticas complexas em contextos incertos. A tabela 8 abaixo mostra um conjunto (não exaustivo) de políticas chinesas com o objetivo de desenvolver capacidades estatais na indústria de terras raras. As medidas listadas na tabela 8 configuram um **regime de governança estratégica dos recursos críticos de terras raras** na China — um arranjo

⁸ No final de 2023, após a imposição de restrições à exportação de tecnologias avançadas de fabricação de semicondutores pelos Estados Unidos, Japão e Holanda, a China restringiu a exportação de tecnologias de extração e separação de terras raras, defendendo seu domínio sobre a produção de terras. Em agosto de 2024, a China impôs controle de exportações sobre o antimônio; em dezembro do mesmo ano, o ministério do comércio impôs *export bans* sobre o gálio, germânio e antimônio para qualquer uso com fim militar nos EUA. Em abril de 2025, a China impôs restrições comerciais requerendo licenças especiais de exportação para sete categorias de elementos pesados e médios de terras raras (samário, gadolínio, térbio, disprósio, lutécio, escândio e ítrio) e seus ímãs, além de outros produtos finais para destinos fora da China. Em agosto de 2025, a China, por meio do MIIT, divulgou novas medidas de controle sobre a mineração e o processamento de terras raras e tem por objetivo tanto os elementos de TR extraídos na China quanto para aquelas enviadas ao país para refino. Disponível em: <https://www.scmp.com/economy/china-economy/article/3322918/china-tightens-rare-earth-rules-extending-controls-imported-minerals>.

Contudo, foge ao escopo do presente estudo realizar uma análise detalhada de cada uma dessas políticas.

institucional que busca simultaneamente **controlar a oferta, coordenar a cadeia produtiva e reforçar a autonomia tecnológica**. Podemos classificá-las em três dimensões interconectadas: **controle sobre a oferta e estabilidade de preços, direcionamento tecnológico e industrial e instrumentos macroeconômicos e geopolíticos**.

Com relação à primeira dimensão, temos um conjunto de políticas que refletem Essa política reflete a lógica do “Estado coordenador de mercado”, em que a intervenção busca eficiência intertemporal e segurança estratégica, não apenas lucro de curto prazo:

- **Cotas de produção e reservas estratégicas** garantem que a exploração de terras raras permaneça sob controle estatal, evitando ciclos de superprodução e colapso de preços.
- Ao limitar o volume extraído, o governo protege a rentabilidade das empresas domésticas e conserva recursos não renováveis.
- As reservas funcionam como um **instrumento anticíclico**: o Estado libera estoques quando há escassez ou especulação, estabilizando o mercado.

Em relação à segunda dimensão o país internaliza os ganhos tecnológicos e exporta apenas produtos com maior valor agregado, reforçando sua posição no comércio global:

- **Cotas e restrições à exportação de tecnologia** visam **reter o valor agregado dentro do país**, impedindo que empresas estrangeiras tenham acesso às etapas mais lucrativas (separação, processamento e manufatura de ímãs permanentes).
- **Incentivos fiscais seletivos** reforçam essa estratégia: reembolsos de IVA e isenções tarifárias favorecem **a integração vertical** das cadeias domésticas e **a substituição de importações**.
- O objetivo é consolidar a China como **líder global não apenas em extração, mas em manufatura de alta tecnologia** (carros elétricos, turbinas, eletrônicos).

A última dimensão mostra um conjunto de medidas macroeconômicas e de caráter geopolítico:

- **Restrições e proibições de exportação** (gálio, germânio, grafite, antimônio) são hoje parte da **diplomacia econômica chinesa** - instrumentos de **poder estratégico** em resposta a sanções ou tensões com os EUA e aliados.
- **Controles cambiais**, embora aplicáveis a toda a economia, podem atuar como medida complementar para proteger competitividade em setores estratégicos.
- Assim, a política de terras raras torna-se um **mecanismo de segurança nacional**, não apenas de política industrial.

Tabela 8 - Políticas chinesas voltadas às reservas de elementos de terras raras

Medida	Descrição
Cotas de produção	Cotas de produção estabelecidas pelo Ministério da Indústria e Tecnologia da Informação para empresas de mineração de terras raras, e cotas de produção estabelecidas pelo Ministério dos Recursos Naturais para as províncias, limitam a quantidade de terras raras que pode ser extraída a cada ano, ajudando a evitar a superexploração dos recursos e a manter o controle sobre a oferta.
Cotas de exportação	Até que a Organização Mundial do Comércio (OMC) determinasse, em 2014, que a imposição de cotas de exportação pela China sobre terras raras e minerais críticos violava os termos de sua adesão, a China impunha cotas de exportação para limitar a quantidade de terras raras que poderia ser vendida a outros países. Isso permitia regular a oferta global, influenciar preços e manter sua posição dominante. ⁹
Restrições à exportação de tecnologia	A China impôs restrições à exportação de terras raras com recursos limitados, bem como de tecnologias de processamento e fabricação. Em 2023, restringiu a exportação de gálio, germânio e grafite, seguida de uma proibição total das tecnologias de extração e separação de terras raras, e mais tarde restrições a equipamentos de fabricação de ímãs permanentes. Em meio ao aumento das tensões comerciais em 2024, a China proibiu totalmente a exportação de gálio, germânio e antimônio para os EUA e, em 2025, apertou ainda mais os controles sobre minerais críticos vitais para defesa, eletrônicos e energia.
Reservas estratégicas	A China mantém reservas estratégicas de terras raras, estocadas em instalações designadas. Essas reservas funcionam como um colchão contra interrupções no fornecimento e são usadas para estabilizar preços em períodos de alta demanda ou tensões geopolíticas ¹⁰ .
Incentivos fiscais	A China utiliza impostos de exportação, impostos sobre recursos e reembolsos para consumo doméstico a fim de estimular a produção a montante e a jusante, conforme as prioridades do governo. Para promover a produção doméstica de

⁹ <https://www.ft.com/content/5b031db7-23dd-43d3-afe1-cef14817296f>.

¹⁰ <https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2019/3/21/viewpoint-china-solidifies-dominance-in-rare-earth-processing>.

Medida	Descrição
	bens de maior valor agregado, impõe atualmente um IVA reembolsável de 13% para produtos de terras raras (óxidos, metais e ímãs), que não é reembolsado para exportações de matérias-primas. Esse regime beneficia os produtores de ímãs de terras raras chineses e outros fabricantes de produtos acabados, com custos de insumos 13% menores que os de concorrentes estrangeiros. Para importações, a China isenta de tarifas e IVA as vendas de concentrados de terras raras, mas aplica tarifa de importação de 5% e IVA de 13% sobre materiais já processados, favorecendo ainda mais os processadores e fabricantes domésticos ¹¹ .
Controles cambiais	Outros mecanismos, como controles sobre a taxa de câmbio, também podem ser aplicados. Contudo, como afetariam outras categorias de produtos, provavelmente só poderiam ser usados de forma eficaz em toda a economia, se apropriado.

Fonte: elaboração própria, a partir de Kalantzakos (2018, 2023), Hart (2025).

Todavia, vale frisar que a escassez de recursos em um determinado Estado não sinaliza baixo poder econômico (Nye Jr., 2012). Para exemplificar, Nye Jr. (2012) destaca que, de um lado, mesmo indispondo de uma parcela relevante de recursos naturais, o Japão, no século XX, galgou o posto de segunda maior economia do mundo. Por outro lado, países abundantes de petróleo permaneceram estagnados por não conseguirem transformar seu recurso em poder nacional ou riqueza. Assim, o que se observa na política da China direcionada às TR faz jus à concepção de poder como “a capacidade de um ator usar seus recursos materiais convertendo-os e levando outros atores a fazerem o que eles não fariam em outra situação” (Araújo *et al.*, 2020, p. 156), que também tem sido amplamente operacionalizada na política internacional.

Nesta direção, Leng *et al.* (2021) afirmam que, sendo uma indústria importante que apoia o desenvolvimento de indústrias estratégicas emergentes, o cerne da competitividade da indústria das TR depende da inovação tecnológica. Nos últimos anos, as capacidades de inovação da China aumentaram significativamente de ano para ano. Os autores também apontam um contexto de desenvolvimento da “atual inovação tecnológica da China na indústria de TR”. O país entendeu a importância de promover o desenvolvimento de alta

¹¹<https://qz.com/2129104/how-china-uses-tax-policies-to-defend-its-rare-earths-monopoly>;
<https://www.intereconomics.eu/contents/year/2013/number/4/article/chinas-growing-conflict-with-the-wto-the-case-of-export-restrictions-on-rare-earth-resources.html>.

qualidade da indústria de TR, que transformou a China de um “grande país de TR” num “poderoso país de TR”.

Dada a importância deste recurso natural para a economia asiática, Leng *et al.* (2021) também pontuam que, em 2016, o Ministério da Indústria e Tecnologia da Informação da China emitiu o “Plano de Desenvolvimento da Indústria de Terras Raras (2016-2020)”, afirmando que o desenvolvimento da indústria de TR deve ser impulsionado pela inovação, para expandir as aplicações de ponta de TR e promover o desenvolvimento de alta qualidade da Indústria de TR. Para os autores, “a inovação para impulsionar o desenvolvimento da indústria de TR é um requisito inerente à estratégia de desenvolvimento econômico da China na nova era”.

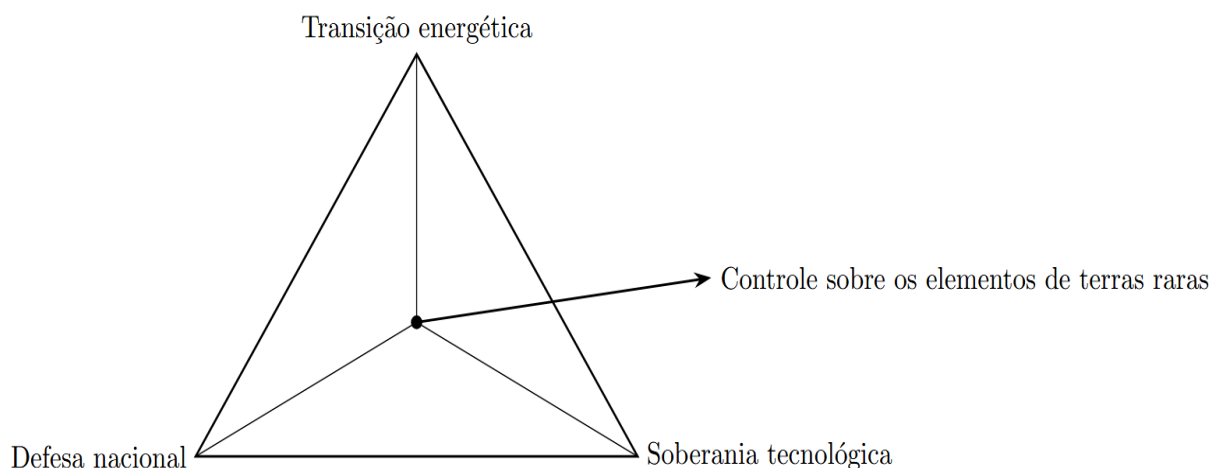
O desenvolvimento dessa indústria constitui uma vitória industrial para a China, que se tornou capaz - em seu próprio solo e com suas próprias empresas, como a *Shenghe* - de extrair, separar, refinar e transformar as TR. Seu objetivo de fabricar produtos mais valorizados, da mina até a produção de componentes sofisticados, foi mais do que atingido: ela garantiu em 2020 cerca de 80% da produção mundial de ímãs à base de neodímio, um dos mais utilizados em telefones celulares, motores elétricos, aparelhos de ressonância magnética, algumas turbinas eólicas, etc. (Le Monde Diplomatique Brasil, 2020).

Partindo dessas evidências, claramente motivadas por objetivos econômicos e geopolíticos, a seção seguinte se propõe a analisar, de fato, a utilização de TR pela China em três “frentes de atuação”: i) para a sustentabilidade - aqui sobreposta pelo (em curso) processo de “transição energética” e para a segurança energética; ii) um olhar para a indústria - direcionada a alguns “setores-chave” para a atual corrida tecnológica (como a indústria de semicondutores) e c) para a segurança nacional (fortalecimento e sofisticação da “indústria de defesa”).

4 Uma análise “tridimensional” sobre a utilização das terras raras pela China: transição e segurança energética, soberania tecnológica e defesa nacional

Esta seção visa analisar a utilização de TR pela China, em termos de sustentabilidade, de indústria e de segurança nacional. Como bem destacaram Medeiros e Trebat (2017), “o papel de iniciativas estatais na transição deste país de exportador de TR para grande consumidor industrial dessas matérias-primas” configura o atual estágio de desenvolvimento da Indústria de Terras Raras da China. Estas “iniciativas” serão discutidas sob estas três dimensões analíticas, que podemos visualizar na Figura 4 abaixo.

Figura 4 - O “tripé estratégico” de utilização das terras raras pela China



Fonte: elaboração própria.

A figura acima ilustra o controle sobre os elementos de TR, que é o fator unificador do “tripé estratégico”. As políticas industriais e comerciais chinesas foram erguidas tendo por objetivo controlar globalmente as TR. O triângulo pode ser seccionado em três subsistemas interdependentes. Os ETR são considerados, portanto, *enablers* para as três dimensões.

O estabelecimento de uma presença maior em operações de extração de minerais críticos (a exemplo das TR) no exterior pode refletir uma tentativa da China de garantir insumos essenciais, reduzir custos e solidificar o domínio em mercados como o de produção de

veículos elétricos e tecnologias de energia limpa. As empresas chinesas usam uma estratégia comercial comum conhecida como “integração para trás”, isto é, comprar cadeias de oferta para trás na tentativa de aumentar os lucros. Intui-se, portanto, que o controle sobre elementos de terras raras (e minerais críticos) é o elemento que conecta as três dimensões.

Por outro lado, a busca chinesa por elementos de TR e minerais críticos por meio de *friendshoring* (e estratégias afins) provoca reacomodações nas relações entre os países, fazendo com que várias empresas das economias ocidentais não entrem nessa disputa seja por questões de regulação ambiental, ausência de crédito, etc. A facilidade e a velocidade de acesso ao crédito também aumentam a vantagem competitiva das empresas estatais e privadas de TR da China.

4.1 Primeira dimensão: a questão da “transição e segurança energética”

As recentes mudanças climáticas, caracterizadas pelo aumento da temperatura global sendo esta, resultante das emissões de gases de efeito estufa na atmosfera, apontam para a adoção de estratégias ecologicamente mais sustentáveis por parte dos países, o que configura um ambiente do que conhecemos atualmente como *low carbon economy* (“economia de baixo carbono”).

Como uma estratégia a ser adotada globalmente, a 21ª Conferência das Partes (COP21) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (em inglês “United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC”) firmou em 2015, na cidade de Paris, um novo acordo, com o objetivo central de fortalecer a resposta global à ameaça da mudança do clima e de reforçar a capacidade dos países para lidar com os impactos decorrentes dessas mudanças.

Neste sentido, Gramkow (2019) apresenta, como uma “rota alternativa” para a redução destes impactos ambientais, a ideia de um *Big Push* Ambiental, que representa uma articulação e coordenação de políticas (públicas e privadas, nacionais e subnacionais, setoriais, tributárias, regulatórias, fiscais, de financiamento, de planejamento, etc.) que

alavancuem investimentos nacionais e estrangeiros para produzir um ciclo virtuoso de crescimento econômico, gerador de emprego e renda, redutor de desigualdades e brechas estruturais e promotor de sustentabilidade.

Essas e outras ideias acentuaram ainda mais nos últimos anos a preocupação em reduzir as emissões de GEE por parte, em especial, dos países-membros da UNFCCC, estimulando a busca por fontes de energia alternativas as de queima de combustíveis fósseis (que são emissores de GEE), e fomentando um urgente processo de *transição energética*. A transição para a energia limpa exigirá grandes mudanças na forma como o mundo consome energia, incluindo uma mudança maciça dos combustíveis fósseis para fontes de energia renováveis, como a eólica e a solar. Isso também exigirá investimentos em larga escala em novas tecnologias, como a energia solar fotovoltaica e as baterias de íons de lítio. Seria neste contexto que a utilização das TR pela China começa a fazer sentido, considerando que “este país também utiliza o referencial cepalino para a definição de suas diretrizes” (Cassiolato e Lastres, 1999; 2008).

A produção desses novos produtos de “tecnologias verdes” depende da disponibilidade de alguns minerais de ocorrência natural com propriedades físicas e químicas exclusivas. Esses incluem cobre, cobalto, lítio, níquel e os 17 minerais de elementos de TR, caracterizados coletivamente como minerais de transição de “foco” pela Agência Internacional de Energia (IEA, 2021). Esses materiais estão concentrados em países em desenvolvimento com políticas e leis ambientais mais fracas que regem a gestão dos recursos naturais.

Sob este pensamento, no que se refere às tecnologias relacionadas a energias limpas e controle de emissões atmosféricas, o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) argumenta que para estes fins, as cadeias produtivas são “fortemente dependentes de TR”, sendo, portanto, essenciais, especialmente na fabricação de quatro produtos e suas respectivas utilidades:

- a) **Ímãs permanentes**, usados em turbinas eólicas e veículos elétricos; b) **Baterias avançadas**, utilizadas em veículos elétricos; c) **Semicondutores filmes-finos**, usados em sistemas de energia fotovoltaica; d) **Fósforos**, utilizados em sistemas de iluminação mais eficientes (CGEE, 2013, p. 29).

Destaca-se, nesta direção, que os investimentos realizados por companhias chinesas em tecnologias “verdes”, como painéis solares e fotovoltaicos, carros elétricos, baterias para veículos elétricos e a produção destas tecnologias por empresas chinesas são acessíveis e amplamente disponíveis do que os produzidos em outros países. A IEA (2023) reconheceu que o investimento da China em fornecimento de energia limpa tem sido fundamental para reduzir os custos mundiais das tecnologias-chave, com vários benefícios para as transições de energia limpa. Isso abre margem para a discussão de soberania tecnológica por meio da verticalização dessas companhias.

A integração produtiva por meio da verticalização reduz o risco de interrupções no fornecimento, o que é importante devido à grande dependência das empresas chinesas das importações de cobalto, cobre e níquel - e até mesmo em certa medida de terras raras - para alimentar suas próprias capacidades de produção. Além disso, para atingir a meta de “neutralidade zero” até 2050, será necessário transferir a oferta de minerais essenciais para a transição energética para a produção downstream por meio de soluções energéticas de alta complexidade tecnológica, o que levará a um aumento na demanda por mineração (IEA, 2023). A própria China se comprometeu com a meta de “neutralidade zero” até 2060, aumentando ainda mais sua necessidade doméstica de insumos minerais para possibilitar a sua própria transição energética.

Todavia, apesar de seus esforços como um importante *player* no atual processo de transição energética, a China apresenta desafios (em termos ambientais) que necessitam ser superados. O processo de transição energética é apenas um dos mecanismos rumo à sustentabilidade. Entendemos, portanto, que a questão da sustentabilidade não se reduz a este processo, contemplando, também, todos os aspectos referentes ao meio ambiente, onde este meio é impactado positiva ou negativamente por interferências humanas.

Os efeitos negativos sobre a sustentabilidade ambiental exprimem esta dimensão. Nesta direção, “o termo “impacto ambiental” refere-se a efeitos negativos sobre o meio ambiente, por exemplo: emissão de carbono, esgotamento dos recursos naturais, consumo de água e energia e também efeitos pós-uso (resíduos, poluição e consumo de energia)” (Costa, 2021, p. 8). Sendo este o ponto de partida, confrontar este entendimento à luz da utilização das TR pela China para atender ao (em curso) processo de transição energética faz-se necessário.

A literatura destaca que, apesar da China dominar o comércio global de TR, adquirindo licenças de mineração exclusivas em todo o mundo, “esta mineração é tradicionalmente conhecida pelos riscos ambientais, que representam desafios ambientais enormes” (Earth.Org, 2020). Estes elementos (as TR) tendem a ser dispersos e misturados com outros elementos, tornando a extração e a separação dispendiosas, difíceis e repletas de riscos ambientais.

A mineração ilegal da China pode ser classificada como produtores do mercado cinza e do mercado negro. Embora ilegais, as operações do mercado cinza ajudam a China a atender à demanda por essas TR que as empresas licenciadas da China não conseguem atender, geralmente as TR magnéticas (neodímio, praseodímio e disprósio) e as TR pesadas de alto valor (Packey e Kingsnorth, 2016; Huang *et al.*, 2016; Liu, 2016; PAN, An *et al.*, 2021). Ambas as operações violam as leis trabalhistas e ambientais e, quando negociam produtos que excedem as cotas fixadas pelo governo, reduzem o preço das terras raras, o que acaba minando as políticas para manter os preços das terras raras em níveis lucrativos para as grandes empresas com vínculos com o Estado Chinês (Packey e Kingsnorth, 2016; Huang *et al.*, 2016; Liu, 2016; PAN, An *et al.*, 2021).

Atualmente, a mineração de TR na China ocorre principalmente no sudeste do país, em províncias como Jiangxi e Fujian. Há também mineração ao norte, como na Mongólia Interior, e ao oeste, como em Sichuan. A China também avançou, no sentido de obter direitos mineiros exclusivos em países africanos em troca da construção de projetos de infraestruturas dispendiosos: “Foram fechados acordos na República Democrática do Congo e no Quênia, onde a China concordou em fornecer US\$ 666 milhões de dólares para um centro de dados e uma autoestrada” (Hearth.Org, 2020). Como resultado: a poluição resultante da mineração de TR na China criou solos incapazes de sustentar culturas e o abastecimento de água foi contaminado. As autoridades chinesas tentaram neutralizar estas ameaças encerrando muitas minas, especialmente as menores e as ilegais, mas ainda existem ameaças graves e de grande escala a resolver.

Em síntese, estes impactos ambientais negativos demonstram que, a utilização de TR pela China para a produção de fontes renováveis de energia precisa ir ao encontro da sustentabilidade ambiental. O processo de transição energética deste país só será válido,

se compreendido como “uma condição necessária, mas não suficiente” para a sustentabilidade nacional/local e do planeta.

4.2 Segunda dimensão: um olhar para a “soberania tecnológica”

Um segundo ponto de análise é a utilização de TR pela China em termos de soberania tecnológica que depende, a princípio, das políticas comerciais e industriais voltadas à verticalização da cadeia produtiva de terras raras. A verticalização sugere uma menor dependência tecnológica, principalmente no *midstream* (processamento e refino) e no *downstream*.

Em relação a outros minerais críticos, a China refina internamente a maior parte do níquel (68%), cobalto (73%) e lítio (59%) do mundo; produz grandes proporções de componentes de células de bateria, como cátodos (70%), ânodos (85%) e eletrólitos (62%); e detém 78% da capacidade global de fabricação de baterias para veículos elétricos (Castillo e Purdy, 2022; IEA, 2023). Em geral, os minerais brutos e componentes são enviados de todo o mundo para a China, onde empresas estatais e privadas processam e fabricam os produtos finais.

Para as principais economias, esses minerais também têm um significado especial porque são os principais insumos das modernas tecnologias de manufatura e defesa. Dessa forma, o acesso confiável a esses minerais é uma preocupação de segurança nacional, com possíveis implicações para a ordem internacional vigente. Em outras palavras, o acesso aos elementos de TR constitui, atualmente, uma condição essencial para transição e segurança energética e para a soberania tecnológica das principais economias.

Nesta direção, a utilização de TR pela China busca, para além do processo de transição energética, consolidar a sua participação nas CGVs, ao utilizá-las na fabricação de superímãs e supercondutores, para a produção de: smartphones, aviões, mísseis, equipamentos médicos e outras tecnologias avançadas, etc. Estas motivações levaram DeFerreira (2021) a pontuar que “as TR são essenciais para a chamada Quarta Revolução Industrial, e a China sabe disso”. A China tem buscado políticas e estratégias industriais

e de desenvolvimento políticas e estratégias que fazem do acesso aos elementos de TR e minerais críticos uma prioridade nacional. Em 2015, o governo chinês anunciou o “Made in China 2025”, um plano para o *upgrading* industrial chinês para dominar as principais tecnologias da chamada quarta revolução industrial. Marcato (2022) coaduna com esta percepção, ao destacar que o “Made in China 2025” conta, também, com o uso estratégico de seus *recursos naturais* para a inserção nas CGVs e utilização de tecnologia de ponta em todas as etapas das suas cadeias industriais produtivas. Este plano representa uma estratégia de modernização tecnológica da China e corrobora para a sua mudança estrutural:

A ascensão da China na escala de capacidades de produtor a criador é tomada como uma dimensão central da transformação estrutural da China e é entendida na esteira dos desafios para alcançar o dinamismo tecnológico autônomo. Argumentamos que a construção de capacidades tecnológicas locais e o fortalecimento das etapas da cadeia de valor, bem como a internacionalização das empresas chinesas, são bases cruciais da recente transformação estrutural chinesa [...]. É importante ressaltar que as políticas industriais orientadas à CGV buscam promover vínculos extraterritoriais para melhorar o papel de um país na CGV ou nas cadeias regionais (Marcato, 2022, pp. 376-377 - tradução livre).

Como último aspecto a ser observado, destaca-se a fabricação dos lasers de TR que, dentre outras aplicações, são usados na produção de semicondutores, indústria estratégica para o alcance da soberania tecnológica por parte (em especial) da China e dos EUA, nas últimas décadas. Isto porque os materiais a serem utilizados como meio laser ativo, para a obtenção de alta potência, devem possuir linhas de emissão (luminescência) estreitas, bandas de absorção intensas e tempos de decaimento do estado metaestável longos para armazenamento de energia (Martins e Isolani, 2005). Nesta direção, os lasers de terras raras são muito utilizados, tendo uma de suas aplicações em espectroscopia (fonte de luz), corte de semicondutores, micro-soldas, perfuração de áreas diminutas para a passagem de fios finíssimos, odontologia e medicina (Martins e Isolani, 2005).

As TR estão sendo cada vez mais associadas aos semicondutores. Uma dessas associações seria a produção de vidro luminescente, que permite temperar a luz branca dos LEDs. Este, composto por íons de terras raras e nanopartículas de ouro e prata, pode ser

conjugado com semicondutores, resultando também em outras aplicações, como a otimização de células fotovoltaicas e a produção de biossensores (Rivera *et al.*, 2016). Uma outra importante possibilidade tecnológica resultante da conjugação de semicondutores e TR seria a geração de corrente elétrica a partir da luz. Tal processo, já realizado pelas fotocélulas ou células fotovoltaicas, seria otimizado com a incorporação de TR (Rivera *et al.*, 2016).

Em suma, associações como estas apontam que, em pouco tempo, as TR terão a mesma importância que os semicondutores têm na atualidade. Como declarou um porta-voz da Companhia Americana MP Materials, em uma entrevista cedida à Agence France-Presse em 2021: “Em cinco anos, os ímãs permanentes ocuparão um lugar semelhante aos semicondutores. Eles estarão no dia a dia de todos”. Tal declaração direciona-nos para o “porquê” das disputas geopolíticas e tecnológicas em torno das TR envolvendo, principalmente, a China e os EUA.

Por fim, a última subseção se propõe em analisar a utilização de TR pela China para o fortalecimento da sua indústria de defesa (“segurança nacional”).

4.3 Terceira dimensão: o fortalecimento da “indústria de defesa” (segurança nacional)

Esta motivação talvez seja a origem da utilização das TR pela China. Xu e Pitt (2002) pontuam que a atual representatividade da China no cenário global deve-se a um dos grandes marcos de sua trajetória: a Reforma de 1978, que, entre outros aspectos, centrou-se na modernização da indústria da defesa (para além de C&T, agricultura e o setor manufatureiro)¹².

¹² “As reformas introduzidas por Deng Xiaoping, no final dos anos 1970, tiveram importantes consequências na capacitação produtiva e tecnológica dos setores ligados ao complexo industrial militar. Particularmente, o exército chinês foi chamado a cumprir um papel especial no programa de reformas, com impactos na melhoria produtiva da economia como um todo. A noção de complexo produtivo militar foi

Temporalmente, Cintra e Pinto (2017) argumentam que a estratégia militar chinesa de aproximar-se dos Estados Unidos e de afastar-se da União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), somada à estratégia econômica consolidada no programa das quatro modernizações - agricultura, indústria, tecnologia e exército - implementada por Deng Xiaoping a partir de 1978, “fortaleceram o Estado unitário e centralizado chinês, que recuperou sua condição milenar - e imperial (Império do Meio) - de guardião da unidade e do “interesse universal” do território e da civilização chinesa” (Cintra e Pinto, 2017, p. 383). Os autores recuperam o pensamento de Deng Xiaoping, de que “o desenvolvimento do país deveria estar sempre a serviço da sua política de defesa”.

Por isso, um dos pontos centrais da estratégia chinesa foi o de se preparar para o futuro, incrementando gastos com Pesquisa e Planejamento (P&D) militar. Nesta direção, para além de uma preocupação com o aumento dos gastos em P&D, um dos eixos da estratégia nacional foi o de capacitação, a longo prazo, em torno de um programa espacial (Cassiolato, 2013). O entendimento seria de que uma capacitação espacial significativa não apenas era importante, como explicitação de uma estratégia de segurança nacional, mas principalmente como um fator indispensável para se organizar capacitações científico-tecnológicas nas diferentes áreas e setores que seriam fundamentais para a competitividade chinesa no longo prazo.

Paralelo a isto, no contexto das reformas introduzidas por Deng Xiaoping no final dos anos 1970, observamos um componente extremamente relevante na análise da política industrial chinesa, normalmente ausente das avaliações tradicionais da política de C&T, pois,

Além de se enfatizar a questão científica e tecnológica, a reforma necessitava de uma mudança estrutural no sistema produtivo chinês, que só foi alcançada a partir da liderança do exército chinês. Necessitava também de um eixo em torno de atividades que fossem capazes de englobar as fronteiras científico-

utilizada para coordenar e implementar o processo de transformação produtiva” (Cassiolato, 2013, pp. 66-67).

tecnológicas; esta foi alcançada através do programa espacial (Cassiolato, 2013, p. 67).

Brzoska (2004) destaca que, como parte desta opção estratégica, o governo chinês vem aumentando significativamente o montante de recursos direcionados à P&D militar. A China, que já gastava US\$ 2,7 bilhões em 1996 (valores de 2004), aumentava em 2004 o seu orçamento de gastos em P&D militar para US\$ 5 bilhões.

Acrescido a isso, Cassiolato (2013) também pontua que a ênfase na busca de inovações autóctones, ou seja, inovações direcionadas às especificidades da economia e da sociedade chinesas, representou o ponto culminante da política de desenvolvimento tecnológico. Para isto, Cassiolato (2013, p. 76) define “um produto de inovação autóctone como aquele cujos direitos de propriedade pertencem a uma empresa chinesa e a marca comercial seja registrada inicialmente na China”. Esta teve início com o condicionamento do acesso de empresas estrangeiras ao mercado chinês, mediante compromissos de desenvolvimento tecnológico na China.

Consoante a isto, a ideia central do plano era promover a inovação e o trabalho autóctone para que a China se transformasse em um país baseado na inovação em 2020. O plano listou onze atividades-chave em que o emprego de tecnologia e desenvolvimento de inovações seria essencial para a China: energia, água e recursos minerais, meio ambiente, agricultura, indústria, transporte, informação e serviços, população e saúde, urbanização, segurança pública e defesa nacional. Dentro desses setores, existem 68 áreas prioritárias que têm missões claramente definidas em relação a expectativas de avanços tecnológicos (Cassiolato, 2013).

Seria este “caráter inovador”, essencialmente “nacional” desenvolvido pela China ao longo do tempo que motivaria, mais tarde, a busca por recursos minerais para a modernização da sua indústria de defesa, fato que ajuda a explicar a extração das TR feita por este país para este fim.

Entre as principais aplicações militares de TR desenvolvidas pela China, estão:

Tabela 9 - Aplicações militares de terras raras desenvolvidas pela China

Tecnologia habilitadora	Funcionalidade	Elementos e compostos de TR requeridos
Radar e sonar	Utilizados para prevenir colisões, para vigilância e auxílio à navegação. O Sistema de Defesa Aérea de Mísseis Patriot emprega circuladores de radiofrequência para controlar magneticamente o fluxo de sinais eletrônicos no radar e nos mísseis.	gadolínio, samário, ítrio.
Comunicações e exibições	Exigidas por soldados, marinheiros e aviadores para ver dados analógicos e digitais. Exemplos são os lasers que auxiliam nos links de comunicação de linha de visão em sistemas terrestres e de satélite; monitores de computador antigos e novos; e terminais aviônicos.	disprósio, érbio, európio, neodímio, praseodímio, térbio e ítrio.
Lasers	Empregados em sistemas montados em veículos, como tanques e veículos blindados. Eles podem identificar alvos inimigos em até 22 milhas. De acordo com a Defense Media Network, “A mira do canhão principal do computador equipado com laser no tanque Abrams M1A/2 combina um telêmetro Raytheon e um sistema de designação de mira integrado usado para obter um primeiro golpe de alta probabilidade”.	európio, neodímio, térbio e ítrio.
Munições guiadas com precisão (PGMs)	Abrangem uma série de classes de mísseis, incluindo cruzeiro, anti-navio (ASM) e superfície-ar (SAM), bem como destruidores de bunkers. O míssil AIM-9 Sidewinder, que busca calor, tem quatro aletas em sua fuselagem que usam ímãs de terras raras para controlar sua trajetória de voo.	disprósio, neodímio, praseodímio, samário e térbio.
Sistemas de orientação e controle	Direcionam mísseis e bombas em direção aos seus alvos.	térbio, disprósio, samário, praseodímio e neodímio.
Guerra eletrônica	Refere-se a uma gama de equipamentos que inclui fontes de energia de alta capacidade, baterias de armazenamento e dispositivos eletrônicos de interferência.	ítrio-ferro-granada.
	Requerem ímãs permanentes, dos quais o Exército dos EUA é um importante comprador. Novos equipamentos que	

Motores elétricos	exigem poderosos ímãs permanentes na próxima geração de motores elétricos incluirão o contratorpedeiro militar guiado Zumwalt DDG 1000 da Marinha dos EUA, unidades de tração elétrica montadas em cubos e geradores de partida integrados.	térbio, disprosio, samário, praseodímio e neodímio.
Motores a jato	O elemento de terras raras érbio é adicionado ao vanádio para torná-lo mais maleável para uso em aço com infusão de vanádio usado em motores a jato. Embora não seja especificamente um elemento de terras raras, o elemento raro rênio é uma liga com molibdênio e tungstênio. O F-22 Raptor e o caça furtivo F-35 Lightning II supostamente usam 6% de rênio em seus motores. Os sistemas elétricos das aeronaves empregam ímãs permanentes de samário-cobalto para gerar energia.	érbio, samário-cobalto.

Fonte: elaboração própria, a partir de Mills (2018).

A aplicação das TR para fins militares pode ser historicamente observada no míssil “Patriot”, utilizado pelos Estados Unidos na Guerra do Golfo e no pós-Guerra Fria: para a sua fabricação, ele utilizou mais de 3 kg de ímãs de samário-cobalto e ímãs de neodímio-ferro-boro em seu sistema de orientação para foco de feixe de elétrons para interceptar com precisão os mísseis que se aproximavam. O laser dos *rangefinders* do tanque M1, F-22 motores de caça, fuselagens leves e fortes etc., todos dependem de TR.

Logo, atuais conflitos geopolíticos em torno das TR são esperados, que se configuram em uma atual corrida armamentista de alta tecnologia em desenvolvimento: a China projeta poder militar em defesa de esferas de influência fora das suas fronteiras. Isto se observa na constante tensão entre os EUA e a China, no Mar do Sul da China e em Taiwan - que a China reivindica como seu - assim como na expansão russa na Ucrânia e no apoio militar à Síria. Todavia, os objetivos americanos de expandir suas forças armadas são limitados quando ele se declara um “adversário” da China, devendo então quebrar a sua dependência de importações das TR deste. Sem as TR é impossível construir armas convencionais ou nucleares.

Neste sentido, o questionamento óbvio que se coloca é: por que a China, envolvida em uma guerra comercial contra os Estados Unidos, continuaria a fornecer ao mesmo tempo os materiais necessários para tornar as suas forças armadas mais fortes?

O fato é que,

[...] a China não só é dominante na mineração de terras raras, como também controla a refinação e a produção de componentes que utilizam REEs. Isto porque na China a indústria é controlada por empresas estatais cuja produção e nível de integração são muito difíceis de igualar por outros países. A sua política “Made in China 2025” é a versão chinesa de “Make America Great Again”. [...] Quer ser independente de estrangeiros (Castilloux, 2018 - adaptado).

O organograma do setor de TR da China é caracterizado da maneira: o Ministério da Indústria e Tecnologia da Informação (MIIT) da China e o Ministério dos Recursos Naturais (MNR) **estabelecem cotas anuais sobre a extração e refino de REEs**, principalmente para equilibrar a conservação de recursos com o desenvolvimento econômico. Essas cotas são baseadas em vários fatores, incluindo a distribuição e o tipo de reservas de REE, metas de desenvolvimento industrial, considerações de proteção ambiental e demanda do mercado (Huld, 2025).

As cotas são divididas em duas categorias - REEs leves e pesados - e são alocadas em duas empresas estatais (SOEs) que dominam o setor de REE da China: o *China Rare Earth Group* (Grupo de Terras Raras da China) e o *China Northern Rare Earth Group* (Grupo de Terras Raras do Norte da China). Essas duas estatais são responsáveis por redistribuir suas cotas atribuídas às suas subsidiárias qualificadas ou empresas afiliadas, todas as quais devem ter licenças de mineração adequadas e atender a rigorosos critérios ambientais, tecnológicos e de segurança. Essa distribuição de cotas centralizada, mas em camadas, ajuda o governo a manter o controle sobre os níveis de produção, permitindo flexibilidade operacional em diferentes locais de produção.

A China é particularmente dominante na exportação de produtos REE a jusante, mais notavelmente em ímãs de terras raras. Esses ímãs são usados em uma gama incrivelmente ampla de indústrias, de veículos elétricos a turbinas eólicas e eletrônicos de consumo, e

são indispensáveis para a produção de motores de alto desempenho, sensores e outros componentes críticos para energia limpa e tecnologias avançadas de defesa (Huld, 2025). Neste sentido, a “corrida armamentista” que atualmente envolve minerais estratégicos (como as TR) ressurgiu como um velho mecanismo de manutenção (ou conquista) de poder entre as nações. O ponto de partida “segurança nacional” sempre atuou como o principal estímulo de competitividade entre os países, que se estende para (e desenvolve) outros setores na história do capitalismo.

Esta competitividade em outros setores é observada por Hiratuka e Sarti (2017), que dialogam com Marcato (2022) e Castilloux (2018), ao pontuarem que as estratégias adotadas e baseadas também na inserção em CGVs revelaram, ao longo do tempo, economias antes “incógnitas” neste ambiente - como é o caso da China -, pois:

A intensificação da concorrência em nível global significou para as empresas líderes uma estrutura mais flexível e mais focada no domínio e controle sobre ativos intangíveis, ao mesmo tempo em que parte considerável das atividades produtivas mais *commoditizadas* foram segmentadas, externalizadas e transferidas para países em desenvolvimento, especialmente na região asiática. A combinação dessas estratégias com políticas ativas de desenvolvimento por parte de alguns destes países, **com destaque para a China**, criou um ambiente onde surgiram novos competidores com capacitações produtivas e manufatureiras diferenciadas para produção com baixo custo em diversos setores e etapas das cadeias produtivas [...]. Coloca-se, portanto, a dificuldade de enfrentar uma competição em custo bastante acirrada, liderada pela produção chinesa, mas que envolve outros produtores asiáticos, que combinam custos de mão de obra, escala, câmbio e incentivos (Hiratuka e Sarti, 2017, p. 204).

Entendemos como um resultado deste processo, os recentes conflitos geopolíticos em torno dos minerais estratégicos. Atualmente, a geopolítica das TR pode ser entendida como um fator de influência (in)direto sobre a competitividade. Nestes termos, a importância geopolítica das TR decorre da desigualdade na distribuição geográfica das reservas viáveis economicamente, deixando muitos dos países tecnologicamente e industrialmente mais avançados na dependência de um pequeno número de exportadores dessa matéria-prima. A geopolítica das TR designa a situação de disputa internacional entre, de um lado, os Estados Unidos, Japão e União Europeia, que são os principais

consumidores desses minerais preciosos e, do outro, a China, que, além de ser uma das maiores consumidoras, é a maior produtora e exportadora (Santos-Fuser, 2023).

5 Considerações finais

Este artigo teve como objetivo realizar uma análise acerca da utilização das TR pela China, sob três dimensões (“frentes de atuação”): sustentabilidade (segurança e transição energética), indústria (corrida pela soberania tecnológica) e segurança nacional (indústria de defesa).

Iniciamos revisando o conceito e as principais aplicações das TR. Vimos que as TR englobam 17 elementos químicos essenciais para a indústria moderna, com diversas aplicações no dia a dia, sendo também classificadas como “minerais críticos e estratégicos”, na atualidade. Em um segundo momento, analisamos a extração de TR pela China no século XXI. Observamos a percepção deste país sobre a importância de dominar verticalizando toda a cadeia produtiva deste recurso natural, abundante em seu território. A literatura mostrou-nos que, dada a “desistência” americana, a iniciativa chinesa de domínio de toda a cadeia produtiva de TR intensificou-se no final da década de 90, com pleno domínio no início dos anos 2000. Feito isto, analisamos, de fato, a utilização de TR pela China sob as três dimensões propostas.

Sobre a primeira dimensão (“sustentabilidade”), podemos observar que o processo de transição energética da China negligenciou, num primeiro momento, os impactos ambientais negativos de extração das TR. O processo de transição energética global necessita ir ao encontro de iniciativas sustentáveis, visto que a sustentabilidade se sobrepõe a este processo. Nos últimos anos, o país tem se esforçado em realizar práticas mais sustentáveis para a extração, processamento e refino de TR, bem como punir a extração poluente e ilegal. Porém, ainda há muito a ser feito.

Em relação à segunda dimensão (“indústria”), a utilização de TR pela China é motivada, principalmente, pela corrida pela soberania tecnológica frente aos Estados Unidos - seu principal adversário neste cenário. As inúmeras aplicações de TR em distintos setores que

detêm alta complexidade tecnológica motivam a China a empregá-las nestes setores. A associação, em especial, com a questão dos semicondutores, exemplifica o potencial de emprego das TR em setores altamente tecnológicos. A China sabe deste potencial e investe em TR para este fim.

Por fim (e não menos importante), a terceira dimensão analisou, literalmente, o “poder de fogo” das TR quando empregadas na indústria de defesa. Vimos que esta pode ser considerada a inicial e/ou “real” motivação de extração deste recurso natural pela China: a questão da *segurança nacional* sempre foi o maior estímulo para a competitividade, dinamizando os demais setores.

Esta última dimensão ajuda-nos a entender os atuais conflitos geopolíticos envolvendo, em especial, a China e os Estados Unidos. O que atualmente a economia americana mais teme é estar assumindo uma posição na qual, certamente, ela não tenha o papel de destaque. Realiza-se aqui um paralelo: uma estratégia desenvolvimentista, como a adotada pelos Estados Unidos num contexto de guerras (Primeira e Segunda Guerra Mundial), não foi/é observada no outrora contexto de Pandemia de Covid-19 e nos atuais cenários de guerras e urgente processo de transição energética. Aqui, o gigante asiático já assumiu o protagonismo. Esta constatação ajuda-nos a entender, em certa medida, as atuais crises e reconfiguração das CGVs no comércio internacional, que demonstram, num mundo cada vez mais multipolar, que a captura de valor nas etapas finais das cadeias é marcadamente menor e curtoprazista, devido às capacidades de disseminação/replicação de informação, comunicação, tecnologia e conhecimento pelas TICs.

Em outros termos, a estratégia de “trazer de volta” etapas produtivas antes exportadas para os países menos desenvolvidos ou em desenvolvimento para que sejam novamente produzidas internamente, reflete a clara preocupação dos Estados Unidos, Japão e União Europeia com uma economia que já percebeu que, atualmente, a adição de valor nas etapas produtivas está ocorrendo de maneira mais igualitária ao longo de toda a cadeia. Portanto, hoje, quem detém conhecimento e tecnologia na maioria das (ou em todas as) etapas da cadeia produtiva - inclusive na extração, processamento e refino de matérias-primas minerais - possui maior vantagem na “captura de valor”, e a China já entendeu

isso. Verticalização Internacional da Produção - talvez seja este o ambiente em que se concretize esta percepção.

Em suma, intui-se que a utilização de TR pela China nas três “frentes de atuação” - i) sustentabilidade (para o em curso processo de transição energética); ii) indústria (corrida pela soberania tecnológica); e iii) segurança nacional (modernização / sofisticação da indústria de defesa) - parece caracterizar um “Tripé Estratégico” de Verticalização Internacional da Produção industrial chinesa para lhe conferir Autonomia Produtiva, no longo prazo. Ademais, a detenção pelo país de conhecimento e tecnologia na extração, processamento e refino de TR (e demais minerais críticos e estratégicos) ao redor do globo transforma esses minerais em insumos estratégicos, conduzindo a China ao seu processo de desenvolvimento produtivo, no longo prazo.

Pretende-se, futuramente, analisar os desdobramentos deste “xadrez geopolítico das TR”, refletindo sobre possíveis/prováveis alianças da China com outras nações que possuem TR. Como exemplo: transferência de tecnologia de TR para o Brasil - até então, o segundo maior detentor mundial de reservas de TR -, dado que as recentes descobertas e/ou valorizações de TR em outros países podem, em certa medida, ameaçar o “quase-monopólio chinês” sobre este recurso natural, nos próximos anos. Neste cenário essencialmente “imprevisível”, alianças são fundamentais.

6 Referências

AFP. Agence France-Presse. “**Terras raras no centro da batalha do Ocidente para conter a China**”. Matéria reproduzida no periódico GZH Mundo, em 13 jun. 2021. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/mundo/noticia/2021/06/terras-raras-no-centro-da-batalha-do-ocidente-para-conter-a-china-ckpvc25b9001401i4rqos2jc1.html>. Acessado em: 22 jan. 2025.

ARAÚJO, M. C. G. de.; LEITE, A. C. C.; ALVES, E. E. C. Da ação à reação: o caso chinês na consolidação do monopólio de Elementos de Terras Raras à demanda na Organização Mundial do Comércio. **Estudos Internacionais**. Belo Horizonte, ISSN 2317-773X, v. 8, n. 3, (set. 2020), pp. 152-173. DOI: 10.5752/P.2317-773X.2020v8.n3.p152. Acessado em: 12 jan. 2025.

BRZOSKA, M. The cycles of transatlantic defense cooperation. In: MAWDSLEY, J.; REMACLE, E. (Ed.). **Armaments and arms control in the European defense and security policy**. Nomos: Baden-Baden, 2004.

CARDOSO, S; PAZETTI, J; SANTOS, R. Terras raras: a China e o papel da governança global. **Electronic Journal of Economic Sociology Studies**, v. 4, n. 2, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/346274385_TERRAS_RARAS_A_China_e_o_papel_da_governanca_global. Acessado em: 12 jan. 2025.

CASSIOLATO, J. E. **As Políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação na China**. IPEA. Dinte. Boletim de Economia e Política Internacional (BEPI), no. 13. jan-abr. 2013, pp. 65-80. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/3928/1/BEPI_n13_politicas.pdf. Acessado em: 24 jan. 2025.

CASSIOLATO, J. E., & LASTRES, H. M. M. Discussing innovation and development: Converging points between the Latin American school and the innovation systems perspective? **GLOBELICS Working Paper Series**, 1. www .globelics .org. 2008.

CASSIOLATO, J. E., & LASTRES, H. M. M. (Eds). **Globalização e Inovação**. Localizada: experiências de sistemas locais de inovação no Mercosul. Brasília: IBICT/MCT. 1999.

CASTILLOUX, R. “As demand for rare earths rises, the world’s biggest producer might stop exporting them, says analyst”. **South China Morning Post**. 2018. Disponível em: <https://www.scmp.com/> e em <https://www.northernminer.com/news/as-demand-for-rare-earths-rises-worlds-biggest-producer-might-stop-exporting-them-says-analyst/>. Acessado em: 24 jan. 2025.

CASTILLO, R.; PURDY, C. **China’s role in supplying critical minerals for the global energy transition: what could the future hold?**. 2022.

CEPS. Centre for European Policy Studies. Rare Earth Elements and EU Security of Supply. **CEPS Report**, 2023.

CGEE. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Ciência, Tecnologia e Inovação. **Uso e aplicações de Terras Raras no Brasil: 2012-2030**. Brasília - DF. 2013. 258p. p. 29.

Disponível em:

https://www.cgee.org.br/documents/10182/734063/Terras_Raras_Web_9532.pdf.

Acessado em: 12 jan. 2025.

CINTRA, M. A. M.; PINTO, E. C. China em transformação: transição e estratégias de desenvolvimento. **Revista de Economia Política**, vol. 37, nº 2 (147), pp. 381-400, abr-jun. 2017. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rep/a/gX9BMS8FwcvKYzjyW6XyrqH/?format=pdf&lang=pt>.

Acessado em: 11 jan. 2025.

COSTA, K. G. V. Cadeias Globais de Valor, *upgrading* ambiental e os objetivos do desenvolvimento sustentável: estabelecendo diálogos entre as diferentes abordagens.

Texto para Discussão do IE/UFRJ-006/2021. p. 8. fev. 2021. Disponível em:

https://www.ie.ufrj.br/images/IE/TDS/2021/TD_IE_006_2021_COSTA.pdf. Acessado em:

em: 17 jan. 2025.

DA CUNHA, J. T. **Terras Raras** - Aspectos Mineralógicos, Geológicos, Beneficiamento e Mercado - Uma Revisão. Monografia apresentada na Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). jul. 2018. p. 9.

Disponível em:

<https://demin.ufmg.br/downloadtcc.php?f=9#:~:text=Dos%20mais%20de%20250%20minerais,e%20de%20maior%20demanda%20industrial>. Acessado em: 17 jan. 2025.

DEFERREIRA, T. **O Oriente Médio tem petróleo, a China tem terras raras**.

Shūmiàn 书面. 17 mai. 2021. Disponível em: <https://shumian.com.br/2021/05/17/o-orientes-medio-tem-petroleo-a-china-tem-terras-raras/>.

Acessado em: 17 jun. 2025.

EARTH.ORG. **“How Rare-Earth Mining Has Devastated China’s Environment”**.

Matéria publicada em 14 jul. 2020. Disponível em: <https://earth.org/rare-earth-mining-has-devastated-chinas-environment/>.

Acessado em: 17 jul. 2025.

FILHO, P. C. de S.; SERRA, O. A. **Terras Raras no Brasil: histórico, produção e perspectivas**. Química Nova, Vol. 37, No. 4. p. 753. 2014. Disponível em:

<http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20140121>. Acessado em: 09 dez. 2024.

Financial Times Research. **The rare earth value chain: from mining to finished products**. 2023.

GEUS. Geological Survey of Denmark and Greenland. **Critical Minerals Trade Flows**. 2023.

GRAMKOW, C. **O Big Push Ambiental no Brasil: Investimentos coordenados para um estilo de desenvolvimento sustentável**. 2019. Disponível em:

https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44506/1/S1900163_pt.pdf.

Acessado em: 17 jan. 2025.

HART, C. Mapping China's strategy for rare earths dominance. **Atlantic Council Global Energy Center**. Disponível em: <https://www.atlanticcouncil.org/wp-content/uploads/2025/06/Mapping-Chinas-strategy-for-rare-earths-dominance.pdf>. Acessado em: 19/08/2025.

HIRATUKA, C.; SARTI, F. Transformações na estrutura produtiva global, desindustrialização e desenvolvimento industrial no Brasil. **Revista de Economia Política**, vol. 37, nº 1 (146), pp. 189-207, jan.-mar. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0101-31572016v37n01a10>. Acessado em: 24 jan. 2025.

HUANG, X.; ZHANG, G.; PAN, A.; CHEN, F.; ZHENG, C. **Protecting the environment and public health from rare earth mining**. 2016. Disponível em: https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2016EaFut...4..532H/doi:10.1002/2016EF000424. Acessado em: 20 ago. 2025.

HULD, A. Rare Earth Elements: Understanding China's Dominance in Global Supply Chains. **China Briefing**. August 29, 2025. Disponível em: <https://www.china-briefing.com/news/chinas-rare-earth-elements-dominance-in-global-supply-chains/>. Acessado em: 27 out. 2025.

IEA. International Energy Agency. **Global Critical Minerals Outlook 2024**. International Energy Agency. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/globalcritical-minerals-outlook-2024>. Acessado em: 26 ago. 2025.

_____. **Energy Technology Perspectives 2023**. 2023. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2023>. Acessado em: 26 ago. 2025.

_____. **The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions**. 2021. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>. Acessado em: 27 ago. 2025.

IUPAC. International Union of Pure and Applied Chemistry. **Periodic Table of the Elements**. 2017. Disponível em: <https://iupac.org/what-we-do/periodic-table-of-elements/>. Acessado em: 07 dez. 2024.

KALANTZAKOS, S. **China and the geopolitics of rare earths**. Oxford University Press, 2018.

KALANTZAKOS, S. (Ed.). **Critical Minerals, the Climate Crisis and the Tech Imperium**. Springer Nature Switzerland AG, 2023.

KATTEL, R.; DRECHSLER, W.; KARO, E. **Como construir um estado empreendedor: por que a inovação precisa da burocracia?** Escola Nacional de Administração Pública (ENAP). 264 p. Set. 2025. Disponível em: <http://repositorio.enap.gov.br/handle/1/9147>. Acessado em: 06 nov. 2025.

KLINGER, J. M. **Rare Earth Frontiers: From Terrestrial Subsoils to Lunar Landscapes**. 340 p. Ítaca, Nova York. jan. 2018. Disponível em: <https://library.oapen.org/handle/20.500.12657/30764>. Acessado em: 17 jan. 2025.

LAPIDO-LOUREIRO, F. E. Terras-raras no Brasil: depósitos, recursos identificados, reservas. **Série Estudos e Documentos**, 21, CETEM, 1994. p. 189. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/287>. Acessado em: 07 dez. 2024.

LE MONDE DIPLOMATIQUE BRASIL. “**A guerra das terras-raras vai acontecer?**” Matéria publicada em: 31 jul. 2020. Disponível em: <https://diplomatie.org.br/a-guerra-das-terras-raras-vai-acontecer/>. Acessado em: 29 set. 2025.

LENG, Z.; SUN, H.; CHENG, J.; WANG, H.; YAO, Z. China's rare earth industry technological innovation structure and driving factors: A social network analysis based on patents. **Resources Policy**, Vol 73, October 2021, 102233. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102233>. Acessado em: 07 dez. 2024.

LIU. H. Rare Earths: Shades of Grey. Can China Continue To Fuel Our Global Clean & Smart Future? **China Water Risk**. 2016.

LIU, S.-L.; FAN, H-R; LIU, X.; MENG, J.; BUTCHER, A. R.; YANN, L.; YANG, K-F.; LI, X-C. Global rare earth elements projects: New developments and supply chains. Disponível em: https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2023OGRv..15705428L/doi:10.1016/j.oregeorev.2023.105428. **Ore Geology Reviews**, V. 157, article id. 105428. Acessado em: 20 ago. 2025.

MARCATO, M. B. The Made in China 2025 amid hyperglobalization: upgrading, intangible assets and internationalization strategies. **ECONOMIA E SOCIEDADE** (UNICAMP IMPRESSO), v. 31, p. 355-384, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1982-3533.2022v31n2art05>. Acessado em: 23 jan. 2025.

MARTINS, T. S.; ISOLANI, P. C. **Terras Raras: aplicações industriais e biológicas**. Química Nova, 28(1), pp. 111-117. 2005. Disponível em: http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=3137. Acessado em: 15 jan. 2025.

MEDEIROS, C. A. de; TREBAT, N. M. **Transforming natural resources into industrial advantage: the case of China's rare earths industry**. Revista de Economia Política, v. 37, no.3 SP. pp. 504-526, Jul-set. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0101-31572017v37n03a03>. Acessado em: 12 jan. 2025.

MILLS, R. “**Rare earths in the cross-hairs of new high-tech arms race**”. Matéria publicada em 29 out. 2018. MINING. COM. Disponível em: <https://www.mining.com/web/rare-earths-cross-hairs-new-high-tech-arms-race/>. Acessado em: 24 jan. 2025.

NATIONAL ENERGY TECHNOLOGY LABORATORY. *Periodic table of the elements: USGS 2022 critical minerals*. Washington, D.C.: U.S. Department of Energy, 2022. Disponível em: <https://www.netl.doe.gov/critical-minerals>. Acessado em: 6 nov. 2025.

NYE JR, J. S. **O futuro do Poder**. Trad. Magda Lopes. São Paulo: Benvirá, 2012.

PACKEY, D. J.; KINGSNORTH, D. The impact of unregulated ionic clay rare earth mining in China. **Resources Policy**, Elsevier, vol. 48(C), pages 112-116. jun. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2016.03.003>. Acessado em: 27 ago. 2025.

PAN, A.; FENG, S.; HU, X.; LI, Y. How environmental regulation affects China's rare earth export?. **Plos one**, v. 16, n. 4, p. e0250407, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250407>. Acessado em: 27 ago. 2025.

RIVERA, V., LEDEMI, Y., PEREIRA-DA-SILVA, M. **Plasmon-photon conversion to near-infrared emission from Yb³⁺: (Au/Ag-nanoparticles) in tungsten-tellurite glasses**. *Sci Rep* 6, 18464 (2016). Disponível em: <https://doi.org/10.1038/srep18464>. Acessado em: 20 jan. 2025.

SANTOS-FUSER, L. N. dos. La geopolítica de las Tierras Raras y la inserción de Brasil. **Geopolítica(s). Revista de estudios sobre espacio y poder**, 14(1), pp. 27-50. mar. 2023. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.5209/geop.79921>. Acessado em 24 jan. 2025.

SHEN, Y; MOOMY, R.; EGGERT, R. G. China's public policies toward rare earths, 1975–2018. **Mineral Economics**, v. 33, n. 1, p. 127-151, 2020. Disponível em: https://econpapers.repec.org/scripts/redirector.php?u=https%3A%2F%2Fdoi.org%2F10.1007%2F978-3-319-00214-2;h=repec:spr:minecn:v:33:y:2020:i:1:d:10.1007_s13563-019-00214-2. Acessado em: 28 ago. 2025.

USGS. United States Geological Survey. **Mineral Commodity Summaries 2017**. U.S. Department of the Interior, 2017.

USGS. United States Geological Survey. **Mineral Commodity Summaries 2020**. U.S. Department of the Interior, 2020.

USGS. United States Geological Survey. **Mineral Commodity Summaries 2023**. U.S. Department of the Interior, 2023.

XU, Y.; PITT, D. C. **Chinese telecommunications policy**. Boston: Artech House, 2002.

ZHANG, M. Y. China's Export Restrictions on Germanium and Gallium Shake Up Global Order. **The National Interest**, July 16, 2023. Disponível em: <https://nationalinterest.org/blog/techland/chinas-export-restrictions-germanium-and-gallium-shake-global-order-206647>. Acessado em: 08 nov. 2025.

APÊNDICE

Tabela 10 - Quotas anuais de exportação de óxidos de terras raras da China

Ano	Toneladas (REO)	Variação anual
2005	65.580	—
2006	61.070	-6,9%
2007	59.643	-2,3%
2008	49.990	-16,2%
2009	48.155	-3,7%
2010	30.259	-37,2%
2011	30.184	-0,2%
2012	30.996	+2,7%
2013	30.966	-0,1%
2014	30.611	-1,1%

Fonte: elaboração própria, a partir de USGS (2012); Reuters (2012); Industryweek (2013); OMC (2014); Wall Street Journal (2014); OMC (2015).