

# O PAPEL DAS TERRAS RARAS NO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E NA GUERRA

*O controle sobre as Terras Raras é um vetor de poder econômico e militar. Este artigo analisa os desafios do Brasil para transformar seu potencial geológico em soberania tecnológica, superando a dependência industrial e garantindo seu futuro.*

**Carlos A. Klomfahs\***



*Imagem meramente ilustrativa, gerada por inteligência artificial.*

## INTRODUÇÃO

O presente trabalho apresenta parte de um estudo de consultoria em inteligência corporativa sobre o tema, oferecendo uma breve contextualização histórica dos Elementos de Terras Raras (ETR) como insumos estratégicos. Analisa-se a expansão de seu uso em setores de alta tecnologia e defesa, como em ímãs permanentes, sensores, motores elétricos e sistemas de guiagem de precisão. A hipótese provisória do artigo sustenta que o domínio das cadeias de suprimento de terras raras constitui um vetor de poder econômico, tecnológico e militar no século XXI. Destaca-se a importância do Brasil, um dos maiores detentores de reservas naturais do mundo, mas que apresenta baixa

capacidade industrial para a separação e o refino desses elementos, um desafio a ser superado no horizonte de 2050, ano em que o autor completará 70 anos, esperando ter contribuído para o debate nacional sobre o tema.

Este artigo é subsidiado pelas experiências do autor em eventos como o 1º Painel de Estudos Estratégicos do Núcleo de Estudos Estratégicos (NEE) do Comando Militar do Leste (CML), realizado em 25 de novembro de 2025, onde o General de Divisão Juraci Ferreira Galdino, Comandante do Instituto Militar de Engenharia (IME), palestrou sobre Tecnologias Inovadoras. Soma-se a isso a participação no VIII Seminário de Estudos do Poder Aeroespacial — Tecnologia Quântica, promovido pela Universidade da Força Aérea. Embora nesses fóruns se discutisse a relevância das tecnologias quânticas, o autor entende que, sem o domínio do processamento de Terras Raras, o Brasil permanecerá dependente dos EUA e/ou da China no horizonte de 2050.

Nesse contexto, ressalta-se a importância de que os brasileiros conheçam a CEITEC S.A., única empresa nacional fabricante de semicondutores. Como empresa pública vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), sua missão estratégica é garantir ao Brasil o domínio tecnológico completo da fabricação desses dispositivos. A CEITEC fomenta a competitividade da economia nacional e está apta a desenvolver produtos com máxima proteção da informação em projetos estratégicos, sendo seu papel crucial para o adensamento da cadeia produtiva de microeletrônica no país.

Seria igualmente interessante uma parceria com a ALADA — Empresa de Projetos Aeroespaciais do Brasil, concebida como catalisadora do Programa Espacial Brasileiro (PEB). Sua vocação para o setor aeroespacial é essencial para a capacitação da Força Aeroespacial Brasileira voltada para A2/AD (*Anti-Access/Area Denial*). Tal parceria reforçaria o foco na artilharia como prioridade estratégica e elemento dissuasório, justificado pela responsabilidade do Brasil na defesa de uma área de 22 milhões de km<sup>2</sup>, abrangendo a Amazônia Azul, as Linhas de Comunicação Marítimas (LCMs) e infraestruturas críticas como a Central Nuclear de Angra, o Complexo Naval de Itaguaí, a Hidrelétrica Binacional de Itaipu, as plataformas de petróleo e o Centro Espacial de Alcântara.

O avanço das tecnologias em microeletrônica, aplicações aeroespaciais, digitais, energéticas e militares no século XXI recolocou as Terras Raras no centro das discussões sobre desenvolvimento econômico e segurança internacional. Embora abundantes na crosta terrestre, esses elementos exigem tecnologias químicas sofisticadas para seu isolamento com pureza superior a 99%, o que torna sua cadeia de suprimentos uma das mais complexas e concentradas do mundo. A partir desse cenário, este artigo investiga como o controle das etapas críticas de refino — especialmente a separação por solventes — tornou-se um vetor determinante de poder industrial e militar.

Para orientar esta investigação, o estudo adota um desenho de pesquisa qualitativo-analítico, fundamentado em revisão bibliográfica, análise de políticas industriais e comparação internacional, com foco no caso brasileiro e na experiência chinesa como parâmetro de referência tecnológica. O problema de pesquisa que guia o artigo é: de que forma a capacidade de processar e transformar Terras Raras em produtos de alto valor agregado condiciona o poder econômico e militar dos Estados?

A hipótese provisória assenta-se no fato de que as nações que dominam a etapa de separação química — e não apenas a mineração — conseguem exercer influência sistêmica sobre cadeias tecnológicas críticas, com implicações diretas para a autonomia estratégica em tempos de paz e para a resiliência logística em cenários de guerra prolongada.

## REFERENCIAL TEÓRICO

No contexto da disputa tecnológica global, é possível relacionar o argumento sobre Terras Raras como insumo estratégico ao que Chris Miller apresenta em seu livro *A Guerra dos Chips*. Embora o foco da obra sejam os semicondutores, Miller demonstra como recursos aparentemente invisíveis — os *microchips* (circuitos integrados) — se tornaram o núcleo da disputa geopolítica contemporânea, definindo quem detém o poder industrial, militar e econômico.

Por analogia, as Terras Raras representam hoje um recurso tão crítico quanto os chips. Sem elas, a fabricação de motores, sensores, ímãs e armas guiadas torna-se inviável, o que desloca o centro de gravidade do poder de combate da aviação para

a artilharia moderna. Assim, o controle das cadeias de suprimento de ETR (Elementos de Terras Raras) pode ser interpretado como uma continuação da lógica da “guerra tecnológica” descrita por Miller, mas aplicada aos materiais brutos e à manufatura pesada que sustentam os arsenais contemporâneos, especialmente na disputa por recursos e dominação industrial.

Nesse cenário, o Brasil surge como ator relevante por deter experiência no ciclo de ultracentrifugação de urânio, possuir expertise na miniaturização de reatores nucleares, dispor de grandes reservas de água e ter algumas das maiores reservas globais de ETR. Contudo, o país ainda carece de capacidades industriais compatíveis com seu potencial geológico. A comparação com o modelo chinês, que integra pesquisa, mineração, separação e manufatura avançada, serve como base para avaliar caminhos possíveis para a construção de uma cadeia nacional de Terras Raras alinhada ao desenvolvimento econômico e à segurança estratégica do país.

## TERRAS RARAS: CONCEITOS E IMPORTÂNCIA GEOESTRATÉGICA

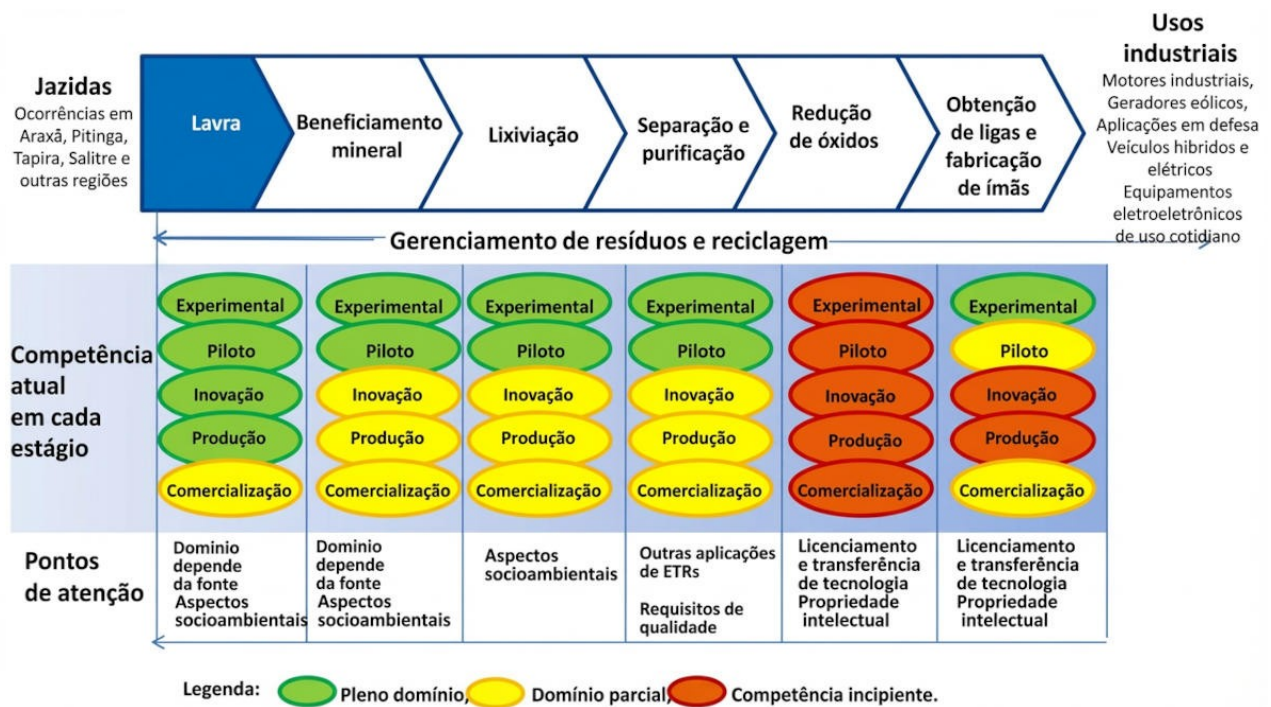


FIGURA 1: Cadeia de Valor das Terras Raras no Brasil (HEIDER, Matias. A Evolução das Terras Raras no Brasil. In the Mine, 10 de fevereiro de 2018. Disponível em: <https://www.inthemine.com.br/site/a-evolucao-das-terras-raras-no-brasil/>).

## DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO

Segundo Amorim (2022), os Elementos de Terras Raras constituem o grupo com



maior coerência química da tabela periódica. Antoniassi (2017) acrescenta que as Terras Raras correspondem a um total de 15 elementos químicos denominados lantanídeos, aos quais se juntam o escândio ( $Z = 21$ ) e o ítrio ( $Z = 39$ ), somando 17 elementos. Estes possuem número atômico ( $Z$ ) compreendido entre 57 (lantânio) e 71 (lutécio) e são divididos em:

- Elementos Leves (La-Nd) e Pesados (Dy-Lu);
- Diferenças estratégicas: As Terras Raras pesadas são mais escassas e, portanto, mais críticas para aplicações em Defesa.

#### APLICAÇÕES ECONÔMICAS E MILITARES: A ERA DA ARTILHARIA

A importância das Terras Raras na guerra moderna cresce à medida que a artilharia avança e supera, em diversos aspectos, a aviação de combate tradicional. As guerras contemporâneas demonstram uma crescente dependência de sistemas de artilharia e mísseis — de cruzeiro, balísticos, hipersônicos, planadores, foguetes, bombas inteligentes e enxames de drones — em detrimento da supremacia aérea. Essa mudança é impulsionada por fatores como menor custo, preservação de combatentes, ganho de escala, maior poder de choque e velocidade, eficácia e eficiência. Há fortes evidências de que este é um caminho sem volta, o que impõe ao Brasil a necessidade de repensar o papel da Artilharia, promover a integração entre as Três Forças e buscar o aparelhamento com sistemas 100% nacionais, “da agulha ao míssil”.

Essa evolução não ocorre apenas no âmbito político-estratégico, mas também é impulsionada por mudanças táticas, uma vez que esses sistemas exigem o uso intensivo de componentes avançados que dependem diretamente de Elementos de Terras Raras. Ímãs permanentes potentes, motores elétricos compactos, sistemas de guiagem e controle, sensores infravermelhos, lasers e comunicações de alta frequência são essenciais para que mísseis e drones mantenham precisão, manobrabilidade, baixa assinatura térmica e eficácia em cenários de combate modernos.

Os ETR — como neodímio, disprósio, térbio e samário — tornam possível miniaturizar e robustecer esses componentes, criando um poder de fogo distribuído, de baixo custo e difícil de rastrear, que desafia a lógica da aviação

tradicional e seus elevados custos logísticos. Além disso, a produção em massa de drones e munições guiadas, beneficiada por cadeias de suprimento verticalizadas de ETR, transforma o teatro de operações: em vez de depender de poucas e vulneráveis aeronaves de alto custo, torna-se viável mobilizar centenas ou milhares de ogivas, drones e mísseis com custo unitário muito inferior.

Isso altera dramaticamente o equilíbrio estratégico, com a artilharia de precisão e alta densidade substituindo os combates aéreos (*dogfights*) e os bombardeios de alta visibilidade. Sob essa lógica, quem controla os insumos — ou seja, os minerais críticos — detém uma vantagem estrutural para sustentar guerras prolongadas e tecnologicamente intensas. O domínio das Terras Raras transforma, portanto, o conflito militar em uma disputa industrial e logística que transcende o domínio aéreo, impactando também:

- Energias renováveis: turbinas eólicas, baterias;
- Mobilidade elétrica: motores de alta performance.

Na Defesa moderna, sua relevância manifesta-se em:

- Guiagem de mísseis (térbio, disprósio);
- Sensores infravermelhos e óculos de visão térmica;
- Blindagens e ligas especiais para aeronaves e submarinos.

## O BRASIL COMO POTÊNCIA DE RECURSOS NATURAIS

Jaquelynne Amorim, em sua dissertação de mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal da Paraíba, intitulada Potencial Geológico e Mineral de Elementos Terras Raras na Paraíba: Caracterização Física e Química, destaca que: *“O Brasil possui um importante papel, pois dispõe de grande escala de depósitos exploráveis, entretanto, se produz e consome pouco desses insumos por falta de tecnologia apropriada. Diante desse cenário, vêm sendo realizados diversos estudos para aumentar a exploração e produção destes no país.”*

Segundo a autora, o Brasil tornou-se a segunda maior reserva mundial de Terras Raras com a incorporação de expressivas reservas em Minas Gerais (MG) e Goiás (GO), detendo, ao final de 2012, cerca de 16% do total mundial (HEIDER, 2018).

## RESERVAS ESTRATÉGICAS BRASILEIRAS

O Brasil é detentor de uma das maiores reservas globais (cerca de 23%), com destaque para Minas Gerais (Araxá, Tapira, Poços de Caldas), Goiás (Catalão), Amazonas (Seis Lagos, Pitinga), Bahia (Complexo de Jequié) e Sergipe, concentradas principalmente em rochas alcalino-carbonáticas e minerais como monazita e xenotima, com potencial significativo para nióbio e outros minerais estratégicos, embora a exploração e o refino ainda enfrentem desafios tecnológicos.

### Principais Locais e Tipos de Jazidas de Terras Raras no Brasil

Unidade da Federação	Regiões / Comentários
Minas Gerais (MG)	Araxá, Tapira e Poços de Caldas são áreas com grandes depósitos associados a carbonatitos e argilas iônicas.
Goiás (GO)	Catalão e Ouvidor possuem depósitos de carbonatitos ricos em nióbio, fosfato e terras raras.
Amazonas (AM)	Seis Lagos (rochas alcalinas) e Pitinga (associadas ao estanho) contêm lantânio, cério e ítrio.
Bahia (BA)	O Complexo de Jequié e a região de Prado (monazita) mostram alto teor de terras raras e outros minerais.
Sergipe (SE)	Depósitos de monazita em antigos cordões litorâneos e dunas do Delta do São Francisco.
Pará (PA)	Serra dos Carajás, com concentrações em rochas alcalinas e lateritas.
Rio Grande do Sul (RS)	Caçapava do Sul tem carbonatitos ricos em ETRs, nióbio e tântalo, com alto potencial.

Tabela: BLOG VELHO GENERAL • Fonte: Serviço Geológico do Brasil (Serviço Geológico do Brasil esclarece dúvidas sobre potencial do país para terras raras e minerais estratégicos); Revista Minérios & Minerais (Onde ficam as terras raras no Brasil: Regiões, reservas e perspectivas do setor); Jornal da USP (Brasil possui a segunda maior reserva de terras raras do mundo) • Criado com Datawrapper

### Minerais-chave:

- **Monazita:** Principal fonte de terras raras pesadas;
- **Xenotima:** Outro mineral importante para ETRs;
- **Carbonatitos:** Rochas ígneas raras que concentram ETRs, nióbio e tântalo, como em Caçapava do Sul (RS) e Catalão (GO).

Portanto, embora o Brasil figure entre os maiores detentores de reservas do mundo, seu potencial para a criação de uma cadeia produtiva integrada permanece inexplorado.

## O VAZIO INDUSTRIAL BRASILEIRO

Alguns dos motivos para essa lacuna seriam:

- Falta de capacidade de separação química e refino;
- Escassez de recursos humanos especializados em engenharia, geologia e química avançada;

- Dependência completa de rotas externas para a obtenção de óxidos purificados e metais;
- Dificuldades regulatórias, falta de financiamento e ausência de uma política industrial contínua.

## O CASO CHINÊS: DOMÍNIO QUASE ABSOLUTO DA CADEIA GLOBAL

Elias Jabbour (2020) já afirmara a “*centralidade da questão nacional*” na China, refletida em seus Planos Quinquenais e na postura de envidar todos os esforços para superar o “*Século de Humilhação*” em busca de sua “*Ascensão Pacífica*”. Segundo uma reportagem do programa *60 Minutes* sobre o tema, Deng Xiaoping teria afirmado: “*O Ocidente tem o petróleo, nós temos as terras raras.*” Como a história demonstra, o atual domínio chinês se deve a um robusto planejamento estratégico, à formação de recursos humanos altamente qualificados e a fortes investimentos estatais.

### ORIGEM DO DOMÍNIO: DOS ANOS 1980 À HEGEMONIA ATUAL

- A China aperfeiçoou a tecnologia pioneira ocidental e a aplicou em escala industrial;
- Realizou investimentos estatais, incentivos fiscais e subsídios maciços;
- Criou um ecossistema de pesquisa, com 25.911 patentes registradas até 2018.

### SUPREMACIA TECNOLÓGICA EM SEPARAÇÃO QUÍMICA

- **Extração por solventes:** processo central da indústria, que utiliza reagentes orgânicos coletores fosfóricos.
- **Processo complexo:** separação em dezenas de etapas para minérios mistos como bastnasita e monazita;
- **Instalações icônicas:** Bayan Obo (Mongólia Interior) e Sichuan;
- **Capacidade instalada:** A China concentra 90% da refinação global e 99% da produção mundial de Terras Raras pesadas (Dy, Tb).

### OUTRAS TECNOLOGIAS CRÍTICAS

- Flotação e lixiviação de minérios iônicos e argilas;
- Biolixiviação seletiva para reduzir impactos ambientais;



- Redução eletroquímica direta para produção de metais;
- Biotecnologia emergente com microrganismos geneticamente modificados.

### A FORÇA DO MODELO INDUSTRIAL CHINÊS

- **Integração vertical total:** da mineração à fabricação de ímãs de NdFeB (90% da produção mundial);
- **Absorção de conhecimento:** experiência adquirida com a terceirização de processos americanos desde os anos 1980, combinada a investimento estatal e P&D;
- **Baixo custo operacional:** devido a regulações ambientais inicialmente permissivas;
- **Elevadas barreiras de entrada:** construir rotas de produção alternativas custa entre dois e cinco bilhões de dólares por planta.

### A NOVA GEOPOLÍTICA DAS TERRAS RARAS: A ERA DA ÁSIA

O mundo mudou, e o Sistema Internacional apresenta agora um novo modelo multipolar. Se antes os países do Ocidente ditavam os rumos da política internacional, hoje eles perderam parte de sua influência. As economias europeia e americana, além de enfrentarem crises internas, sofrem os efeitos da desdolarização da economia mundial — especialmente os EUA, que financiavam seus déficits com a demanda internacional por dólar — e da contestação global às políticas que vigoram desde o fim da Segunda Guerra Mundial, quando o controle econômico foi ditado por instituições como FMI, BID, OMC e OCDE, com a substituição do padrão-ouro pela dolarização.

Segundo economistas e analistas estrangeiros, a Ásia poderá representar 50% do PIB mundial até 2040. Este cenário representa uma oportunidade ideal para o Brasil se posicionar frente à China, não em escala, mas na produção de produtos de Terras Raras de alto valor agregado. Para isso, seria necessário redirecionar suas exportações e seu poder marítimo para essa região do globo, investindo no acesso ao Oceano Pacífico, no desenvolvimento de hidrovias e em uma frota mercante mais robusta.

## DEPENDÊNCIA GLOBAL E VULNERABILIDADE

- EUA, UE, Japão e Coreia do Sul já reconhecem risco estratégico dessa dependência;
- Disputas comerciais, sanções e o precedente de 2010, com restrições chinesas à exportação para o Japão, acentuam a urgência do tema.

## GUERRA, LOGÍSTICA E PODER TECNOLÓGICO

- **Materiais críticos:** Disprósio e térbio são essenciais para a resistência térmica de componentes em sistemas militares;
- **Componentes centrais:** Ímãs permanentes são cruciais para drones, radares AESA e motores navais;
- **“Gargalo de guerra”:** Quem controla o processamento de Terras Raras controla o ritmo da produção industrial em conflitos prolongados.

## OPORTUNIDADES E DESAFIOS PARA O BRASIL

### UMA OPORTUNIDADE HISTÓRICA

- A busca global por diversificação de fornecedores abre uma janela de oportunidade.
- Possibilidade de firmar parcerias tecnológicas com EUA, UE e Japão.
- Potencial para usar a abundância geológica como base para a industrialização.

### O QUE O BRASIL PRECISA DESENVOLVER

Sem a presunção de esgotar o tema, o autor entende que o debate deve começar no Congresso Nacional, por meio de audiências públicas abertas à sociedade civil, academia, empresas, BID, Forças Armadas, ministérios envolvidos e Itamaraty. O objetivo é mapear oportunidades, capacidades e riscos, para que sejam definidos objetivos de Estado e implementados planos de desenvolvimento nacional rumo à soberania tecnológica.

Contudo, algumas áreas podem ser aprimoradas desde já:

- Desenvolvimento da produção nacional de solventes coletores e do know-how em extração por solventes multietapas;
- Criação de centros de pesquisa aplicada com foco em separação química e

biotecnologia, além da formação de engenheiros, geólogos e químicos em parceria com instituições como o IME, o ITA, o CTM e universidades;

- Implantação de plantas-piloto de refino com tecnologia ambientalmente responsável;
- Criação de políticas industriais de longo prazo para a verticalização da cadeia: da mina ao ímã.

## RISCOS E LIMITAÇÕES

- Alto custo de capital (CAPEX), estimado entre 2 e 5 bilhões de dólares por planta;
- Complexidade da regulação ambiental;
- Escassez de engenheiros e de cursos de pós-graduação especializados em geologia e química de separação.

## CONCLUSÃO

Respondendo à pergunta de pesquisa — de que forma a capacidade de processar Terras Raras em produtos de alto valor agregado condiciona o poder dos Estados —, concluímos que esses elementos são mais do que recursos naturais: são instrumentos de poder econômico e militar. Isso confirma a hipótese central do artigo, de que o domínio de suas cadeias de suprimento é um vetor de poder no século XXI.

A China, tomada como paradigma, demonstrou que dominar a química de separação redefine a hierarquia global. O Brasil, por sua vez, detém experiência no ciclo de ultracentrifugação de urânio, expertise em miniaturização de reatores nucleares, grandes reservas de água e um volume de ETR comparável ao das maiores potências, mas carece de uma estrutura industrial correspondente.

A construção de uma cadeia nacional — integrada, sustentável e orientada para a segurança estratégica — é essencial para que o país deixe de ser um mero fornecedor de matéria-prima e se torne um ator central em um dos setores mais decisivos da atualidade. A análise da cadeia global de Terras Raras evidencia que o poder militar contemporâneo depende de capacidades industriais intensivas em química de separação, refino avançado e produção de ímãs e sensores. Apesar de suas vastas reservas, o Brasil permanece preso a uma posição primário-

exportadora, sem dominar as etapas que realmente geram poder econômico, como o processamento e a produção de tecnologia — a exemplo de *smartphones*, computadores e *softwares* totalmente nacionais.

O desafio central brasileiro é romper esse bloqueio estrutural por meio de políticas industriais de longo prazo, do desenvolvimento de plantas de separação por solventes e do estímulo à pesquisa aplicada. É preciso criar um ecossistema tecnológico capaz de gerar “arrasto”, ou seja, irradiar inovação para setores adjacentes como eletrônica, metalurgia fina, motores elétricos, drones e munições inteligentes. Sem isso, o país continuará dependente de cadeias externas em um domínio que define a autonomia estratégica.

No campo militar, a crescente supremacia da artilharia moderna — mísseis de cruzeiro, vetores balísticos, mísseis hipersônicos, foguetes guiados, planadores, munições *stand-off* e drones de baixo custo — impõe um imperativo adicional para o Brasil. O foco na artilharia como prioridade estratégica e elemento dissuasório destaca-se como essencial para a capacitação da Força Aeroespacial Brasileira voltada para A2/AD. Essa priorização justifica-se pela responsabilidade do país na defesa de uma área de 22 milhões de km<sup>2</sup>, abrangendo a Amazônia Azul, as Linhas de Comunicação Marítimas (LCMs) e infraestruturas críticas.

Um sistema nacional de A2/AD eficaz exige profundidade industrial e acesso soberano a ímãs permanentes, sensores e motores baseados em Elementos de Terras Raras. Investir em artilharia de médio e longo alcance não é apenas uma opção operacional, mas também um vetor estruturante de poder dissuasório, especialmente em um cenário geopolítico mais competitivo no Atlântico Sul e na Amazônia. Sem o domínio tecnológico interno — do minério ao sistema de armas —, o país não conseguirá acompanhar a transformação global da guerra nem proteger seus próprios interesses estratégicos.

Conclamo, por fim, todos à ação para que o tema seja debatido no Congresso Nacional por meio de audiências públicas. É fundamental que o debate seja aberto e conte com a participação da sociedade civil, da academia, de empresas, do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), das Forças Armadas, dos ministérios envolvidos e do Itamaraty. O objetivo é mapear oportunidades, capacidades e riscos,

a fim de definir objetivos de Estado e implementar planos de desenvolvimento que assegurem a soberania tecnológica nacional no horizonte do plano Brasil-2050. Nesse ano, farei 70 anos e espero, sinceramente, poder comemorar grandes avanços para o nosso país.

## REFERÊNCIAS

**JABBOUR**, Elias. *China: Desenvolvimento e Socialismo de Mercado*. 1ª ed. Florianópolis: LABEUR, GCN, CFH, UFSC, 2020.

**VIVODA**, Vlado; **MATTHEWS**, Ron; **ANDRESEN**, Jensine. *Securing defense critical minerals: Challenges and U.S. strategic responses in an evolving geopolitical landscape*. Defense Studies, 2025. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01495933.2025.2456427>.

**MENG**, Wei. *Expert Insight-Based Modeling of Non-Kinetic Strategic Deterrence of Rare Earth Supply Disruption: A Simulation-Driven Systematic Framework*. Cornell University, arXiv preprint, 2025. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2506.11645>.

**MILLER**, Chris. *Chip War: The Fight for the World's Most Critical Technology*. New York: Simon & Schuster, 2022. 464 p. ISBN 9781982172008.

**SILVA**, A. B. *Potencial geológico e mineral de elementos terras raras na Paraíba: caracterização física e química*. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2022.

**KLIMEK**, Peter; **BAUM**, Sophia; **GERSCHBERGER**, Markus; **HESS**, Maximilian. *Systemic Trade Risk Suppresses Comparative Advantage in Rare Earth Dependent Industries*. Cornell University, arXiv preprint, 2025. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2508.00556>.

**DELANGE**, Pascal; **BIERMANN**, Silke; **MIYAKE**, Takashi; **POUROVSKII**, Leonid. *Crystal field splittings in rare earth-based hard magnets: an ab initio approach*. Cornell University, arXiv preprint, 2017. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1705.08027>.

---

*\*Carlos A. Klomfahs é advogado, especialista em Direito Internacional dos Conflitos Armados e operador de Inteligência. Egresso curso de geopolítica da ECEME e estratégia marítima da Escola de Guerra Naval. É mestrando no Programa de Pós-Graduação em Segurança Internacional e Defesa (PPGSID) da Escola Superior de Guerra.*

---