

ENEI2025 Fortaleza IX ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA INDUSTRIAL

"Financiamento e Desenvolvimento Brasileiro:
oportunidades e desafios"



A “Economia Política” dos Minerais Críticos: considerações para a América Latina (e Caribe)

Ryan de Albuquerque da Silva¹

Resumo: Este artigo visa discutir a “Economia Política” dos Minerais Críticos, fomentando algumas considerações sobre o assunto para a América Latina e Caribe. A significativa relevância destes recursos naturais para os atuais propósitos geopolíticos, ambientais (Transição Energética) e econômicos justificam a construção deste ensaio. Neste sentido, este artigo estrutura-se da seguinte maneira: a “Seção 1” introduz e contextualiza o tema sob as óticas da “Economia Política” e do “Comércio Internacional”; a “Seção 2” revisita a literatura acerca desta temática: i) “a maldição dos recursos naturais”; ii) “doença holandesa” e iii) “os pensamentos neoschumperiano, institucionalista e estruturalista latino-americano”. A “Seção 3” analisa, panoramicamente, alguns destes minerais/metais pontuando-se, na sequência, a participação da América Latina e Caribe com os destaques por país. Por fim, a “Seção 4” corrobora com as considerações finais. Em suma, o que a literatura já aponta como alternativa às atuais lógicas de “refúgios de poluição” e “recomoditização” das economias latino-americanas e caribenhas seria a “verticalização” (isto é: extração, processamento, refino, transporte, comercialização e demanda) das cadeias produtivas destes minerais a nível doméstico. Tal estratégia traduz-se em maior agregação de valor, de conhecimento e de tecnologia nestas cadeias e a gerência desta “verticalização” pelo Estado de cada país reflete, sobretudo, uma questão de Soberania Nacional.

Palavras-chave: Minerais Críticos; América Latina e Caribe; Transição Energética; Verticalização; Soberania Nacional.

Código JEL: L70; N56; Q00.

Área Temática: (7 (7.1; 7.2; 7.3)) Tecnologias Sociais e Ambientais.

The “Political Economy” of Critical Minerals: Considerations for Latin America (and the Caribbean)

Abstract: This article aims to discuss the “Political Economy” of Critical Minerals, encouraging some considerations on the subject for Latin America and the Caribbean. The significant relevance of these natural resources for current geopolitical, environmental (Energy Transition) and economic purposes justifies the construction of this essay. In this sense, this article is structured as follows: “Section 1” introduces and contextualizes the theme from the perspectives of “Political Economy” and “International Trade”; “Section 2” revisits the literature on this topic: i) “the curse of natural resources”; ii) “Dutch disease” and iii) “neo-Schumperian, institutionalist and structuralist Latin American thoughts”. “Section 3” analyzes, panoramically, some of these minerals/metals, then pointing out the participation of Latin America and the Caribbean with highlights by country. Finally, “Section 4” corroborates the final considerations. In short, what the literature already points out as an alternative to the current logic of “pollution refuges” and “recommoditization” of Latin American and Caribbean economies would be the “verticalization” (i.e.: extraction, processing, refining, transportation, marketing and demand) of the production chains of these minerals at a domestic level. Such a strategy translates into greater aggregation of value, knowledge and technology in these chains and the management of this “verticalization” by the State of each country reflects, above all, a question of National Sovereignty.

Keywords: Critical Minerals; Latin America and the Caribbean; Energy Transition; Verticalization; National Sovereignty.

¹ Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Economia da Indústria e da Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGE-IE/UFRJ). E-mails: ryan.silva@ppge.ie.ufrj.br / ryanjesus10@hotmail.com / ryandasilva015@gmail.com.

1. Introdução

A temática dos recursos naturais é algo recorrente (por se dizer, “atemporal”) na literatura econômica. De tempos em tempos esta questão é por vezes revisitada, dadas às constantes transformações nas esferas produtiva e comercial do capitalismo que tangenciam tal questão. Todavia, especialmente no presente século, este tema é retomado com especial “força”, visto que o agravamento das questões climáticas no mundo passou a tratá-lo como um assunto prioritário nas principais pautas de discussão de organismos internacionais e instituições multilaterais.

Direta e paralelamente associada a este tema, a questão da *Transição Energética* tornou-se uma das principais frentes do desenvolvimento para o setor de energia no mundo. Uma “transição” envolve não apenas a combinação de condições físicas e materiais para concretizar-se, mas também aborda diferentes percepções e contextos sociotécnicos propícios. Em linhas gerais, o que já se está claro é que esta transição objetiva gerar um viés de cunho “estrutural” na matriz energética global, almejando sua “descarbonização”. O atual debate da transição energética baseia-se na Agenda Internacional de Mudanças Climáticas, tendo como um dos principais marcos históricos o Acordo de Paris em 2015, adotando como prioridade a necessidade de uma ação concertada para evitar efeitos ambientais catastróficos no planeta. É sabido que transformações no clima do planeta estariam associadas ao aquecimento da atmosfera através do chamado ‘efeito estufa’, resultado da ação das atividades socioeconômicas humanas a partir da liberação de Gases de Efeito Estufa (GEE), ou genericamente de “emissões de carbono”. A mitigação de emissões seria o meio necessário para evitar consequências nocivas ao planeta.

Para se ter uma ideia, o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), destacou que, em 2010, do total global de emissões de GEE, o setor de energia e transportes já representavam, respectivamente, 35% e 14%. A indústria e edifícios, também consumidores de energia, representaram cerca de 21% e 6%, respectivamente. O restante, tratou-se de mudanças no uso do solo, com 24% (IPCC, 2014). A busca por soluções nesta direção para evitar efeitos adversos do clima causados pela emissão de GEE movimenta não somente a política, mas também a ciência, no desenvolvimento de tecnologias e análises para superar os desafios do clima.

Os sistemas energéticos, por sua vez, apresentam elevada complexidade e inércia, resultante de seus aspectos particulares, como especificidade física, temporal, geográfica, de ativos dedicados e intensidade de capital (Hansen e Percebois, 2015; Pinto JR *et al.*, 2016). Na atualidade, soluções tecnológicas em distintos tipos de produção e serviços energéticos são vislumbradas para promover essa transição (e.g. carros elétricos, painéis solares fotovoltaicos, baterias, etc.). Entretanto, a maioria das alternativas já existentes ainda não se tornaram competitivas em custo e escala como substitutos aos de origem fóssil, demonstrando indícios e perspectivas de mudança, mas não estando claro quais seriam os novos paradigmas tecnológicos a serem estabelecidos.

Especificamente, este artigo irá centrar-se em analisar a utilização de recursos naturais pela perspectiva de uma “Transição Energética de Baixo Carbono” (TEBC) e das políticas energéticas na promoção de um regime de baixo carbono. Esta “perspectiva” será adotada por consensualmente referir-se a práticas sustentáveis de geração e consumo de energia. Ademais, esta abordagem minimiza, em certa medida, o exaustivo debate acerca do termo “Transição Energética” (Smil, 2010; Araújo, 2014; Sovacool, 2016). O referido termo vem sendo frequentemente utilizado para descrever alterações na composição (estrutura) do consumo de energia primária.

Na literatura econômica, uma transição energética pode ser entendida como uma mudança iminentemente tecnológica e de arranjos institucionais. A literatura evolucionária analisa o processo em sua dinâmica, orientado por transformações qualitativas dentro da economia, pela introdução de inovação em suas diversas formas (e.g. novas tecnologias e práticas), em processos chamados “coevolutivos” (Nelson e Winter, 1982; Dosi, 1982; Geels, 2002). A articulação desta transição dar-se-ia através da interação de novos paradigmas tecnológicos e ambiente de seleção na construção de trajetórias tecnológicas, culminando na construção de novos regimes sociotécnicos. Neste sentido, as transições energéticas são entendidas como mudanças iminentemente tecnológicas que coevoluem em um sistema sociotécnico. Ou seja: a concepção evolucionária é vista como meio de interpretar processos de transição energética, onde os conceitos de paradigmas, trajetórias tecnológicas, ambiente de seleção e regimes (Dosi, 1982; Nelson e Winter, 1982) são os marcos fundamentais para a análise de transições.

Seria neste contexto que a busca por “novas” fontes de recursos naturais (não fósseis) para viabilizar uma “Transição Energética de Baixo Carbono” vem se intensificando, especialmente a partir da segunda década do Século XXI. O crescimento exponencial da procura global por *minerais* é explicado principalmente pelas transformações desencadeadas por este processo de transição energética em curso no mundo. O setor de minerais tem sido vital para diversas indústrias, incluindo tecnologia, energia renovável e defesa. Castro, Peiter e Góes (2022) reforçam a atual importância deste setor, apresentando uma “categorização” para estes minerais:

As matérias-primas minerais estão na base de grande parte das atividades econômicas, em algum estágio de suas cadeias produtivas, e a tendência é de que, cada vez mais, estejam nessa posição. Certas matérias-primas minerais apresentam especificidades porque o risco de suprimento e sua importância econômica variam entre os países ou blocos econômicos, e também podem ser atualmente definidas como “**críticas**”, pelas incertezas em seus mercados, ou “**estratégicas**”, em face às políticas internas (Castro, Peiter e Góes, 2022, p. 5).

Dentre os compromissos assumidos para limitar o avanço do aquecimento global estão aqueles que visam reduzir substancialmente o uso de combustíveis fósseis, expandir a eletrificação, melhorar a eficiência energética e utilizar combustíveis alternativos (IPCC, 2022). No quadro deste processo, a eletrificação dos transportes, combinada com o aumento de fontes de energia de baixas emissões, implica uma transição para um paradigma intensivo em minerais (IEA, 2021). *Muitos destes minerais, incluindo lítio, cobre, níquel, cobalto e terras raras, assumiram esta natureza “crítica”* (IEA, 2021) - como categorizam Castro, Peiter e Góes (2022). O lítio, por exemplo, destaca-se por ser um dos elementos fundamentais para a transição energética, especialmente porque é um insumo até então insubstituível para a produção de baterias de íon-lítio, uma tecnologia fundamental para a descarbonização dos transportes e o armazenamento de energia gerada a partir de fontes renováveis. Este mineral é considerado um recurso estratégico por países que o possuem em depósitos abundantes: “Na América Latina destaca-se o chamado “*triângulo do lítio*”, formado por Argentina, Bolívia e Chile, enquanto Brasil, México e Peru, com jazidas menos extensas, têm potencial para desenvolver produção significativa” (CEPAL, 2023, p. 1).

Nesta direção, considerando serem os países da América Latina (e do Caribe) importantes detentores destes recursos naturais minerais essenciais para viabilizar uma “Transição Energética de Baixo Carbono” (TEBC), quais seriam os principais desafios e oportunidades para que estes minerais contribuam positivamente nos desenvolvimentos econômico e sustentável destes países?

Este artigo visa discutir a “*Economia Política*” dos *Minerais Críticos*, fomentando algumas considerações sobre o assunto para a América Latina e Caribe. A significativa relevância destes minerais para os atuais propósitos geopolíticos, ambientais (Transição Energética) e econômicos justificam a construção deste trabalho. Para isto, o mesmo estrutura-se da seguinte maneira: após esta introdução, a “Seção 2” revisita a literatura acerca desta temática: i) “a maldição dos recursos naturais”; ii) “doença holandesa” e iii) “os pensamentos neoschumperiano, institucionalista e estruturalista latino-americano”. A “Seção 3” analisa, panoramicamente, alguns destes minerais/metais pontuando-se, na sequência, a participação da América Latina e Caribe com os destaques por país. Por fim, a “Seção 4” corrobora com as considerações finais. Em suma, o que a literatura já aponta como alternativa às atuais lógicas de “refúgios de poluição” e “recomoditização” das economias latino-americanas e caribenhas seria a “verticalização” (isto é: extração, processamento, refino, transporte, comercialização e demanda) das cadeias produtivas destes minerais a nível doméstico. Tal estratégia traduz-se em maior agregação de valor, de conhecimento e de tecnologia nestas cadeias e a gerência desta “verticalização” pelo Estado de cada país reflete, sobretudo, uma questão de Soberania Nacional.

2. A Questão dos Recursos Naturais: uma Revisão de Literatura

A questão dos Recursos Naturais (RN) precisa ser entendida a luz dos processos de desenvolvimento dos países. Frisa-se, portanto, que os países subdesenvolvidos, notadamente na América Latina e na Ásia, não reproduziram, necessariamente, processos de desenvolvimento análogos aos dos países capitalistas, hoje, adiantados, especialmente os da Europa Continental (Nassif, 2021). Nesta direção, as teses estruturalistas-desenvolvimentistas latino-americanas ampararam a defesa da *industrialização* como única via para superar o subdesenvolvimento, com base em argumentos idênticos ao desenvolvimentismo clássico. Suas teorias contêm dois aspectos que demarcam um maior avanço em relação a este: i) a incorporação das especificidades históricas, sociais e institucionais de cada país ou região, bem como do padrão de inserção das economias subdesenvolvidas ou em desenvolvimento (“periféricas”) na economia global, e ii) a ênfase em proposições de políticas econômicas em prol do desenvolvimento (“políticas de desenvolvimento”; e “políticas de planejamento econômico”), sem as quais é impossível promover e sustentar trajetórias bem sucedidas de convergência dessas economias para níveis elevados de renda per capita e bem-estar.

O modelo centro-periferia é oriundo dessas teses, simultaneamente, mas independente, no início dos anos 1950, por Raúl Prebisch, segundo secretário-executivo da Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL), e Hans Singer, economista do Departamento Econômico das Nações Unidas (ONU). Prebisch (1949) divide a economia mundial em dois blocos de países: o “*centro*”, composto pelos países desenvolvidos, que concentram as inovações e detêm a posição de quase-monopólio do progresso técnico global; e a “*periferia*”, formada pelos países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, que visam reproduzir e absorver o progresso técnico emanado dos países centrais. Foi com base na dinâmica dos fluxos de comércio de bens e serviços entre os países do centro e da periferia, Prebisch (1949) e Singer (1950) concluíam que os benefícios advindos da divisão

internacional do trabalho não se transferiam à periferia, ao contrário das premissas da *Teoria das Vantagens Comparativas*, base da defesa do livre-comércio.

De acordo com a Teoria das Vantagens Comparativas, sob *laissez-faire* e livre-comércio internacional, cada país tende a se especializar na produção de bens e serviços “relativamente” mais baratos, ou seja, os que sejam produzidos com maior produtividade relativa ou “vantagem comparativa” do que seus parceiros comerciais. Para fins de entendimento,

[...] imagine que a economia global, formada pelos países centrais e periféricos, produza duas categorias de bens: primários, formados por soja, frutas e café; e manufaturados, formados por vestuário, calçados e máquinas e equipamentos. A teoria das vantagens comparativas apresenta um resultado contraintuitivo: mesmo que os países periféricos sejam capazes de produzir alguns desses bens manufaturados (por exemplo, calçados) a preços mais baratos, em termos absolutos, do que os países centrais, é mais recomendável que os recursos produtivos sejam alocados na produção dos bens considerados *relativamente* mais baratos (Nassif, 2021, p. 3).

Em linhas gerais, a Teoria das Vantagens Comparativas defende que os países periféricos só serão capazes de maximizar a eficiência se os recursos da economia forem aproveitados prioritariamente na produção de bens e serviços com menores custos comparativos (“custos de oportunidade”). Essa teoria é considerada, até hoje, a base para a defesa do livre-comércio, concluindo que os países periféricos devem se especializar na produção de produtos primários, enquanto os países centrais na produção de bens manufaturados. A fonte que determina as vantagens comparativas de cada país é o domínio relativo da tecnologia utilizada no processo produtivo de cada bem, determinada, por sua vez, pelo maior ou menor tempo de trabalho incorporado em sua produção, comparativamente ao requerido pelos demais competidores internacionais (David Ricardo, 1817). Todavia, essa teoria trata a tecnologia como um fator exógeno, isto é, um “presente” que, misteriosamente resultante das práticas de *laissez-faire* e livre-comércio, diferenciaria países centrais e periféricos.

Esta teoria desconsidera que a geração e difusão de tecnologia resultam da interação simultânea entre os estímulos provenientes das políticas governamentais e as respostas, em termos de esforços e resultados inovativos, apresentadas pelos setores privados que comandam a atividade produtiva numa economia de mercado (Nassif, 2021). A teoria das vantagens comparativas negligencia, portanto, o fato de que é dessa interação dinâmica que resultam o maior ou menor ritmo de acumulação de capital e desenvolvimento tecnológico. Tal teoria ganhou, posteriormente, uma versão teórica distinta, porém complementar, desenvolvida pelos economistas neoclássicos suecos Eli Heckscher (1919) e Bertil Ohlin (1924; 1933). Nessa versão, no lugar das diferentes tecnologias relativas, a distinta dotação relativa de fatores dispersa na economia global passa a ser a fonte explicativa dos diferentes custos e preços relativos dos bens e serviços produzidos entre os países.

Retomando o exemplo de Nassif (2021, p. 3), os países periféricos especializam-se em produtos primários, produzidos relativamente mais baratos do que os países centrais, porque dispõem de maior abundância relativa dos fatores (*recursos naturais* ou trabalho de baixa qualificação - como ocorre nos países da América Latina) utilizados intensivamente na produção desses bens; já os países centrais especializam-se em produtos manufaturados, produzidos relativamente mais baratos do que os países periféricos, por disporem de maior abundância relativa dos fatores (capital ou trabalho de alta qualificação) utilizados intensivamente na produção desses bens industrializados. Essa versão garante, então, que, ao se engajar em práticas de livre-comércio recíproco, cada um dos blocos de países poderia importar os bens produzidos sob condições de desvantagens comparativas - os países centrais, produtos primários; e os países periféricos, produtos manufaturados - a preços relativamente mais baratos do que seria possível caso fossem produzidos no mercado local (Nassif, 2021).

Avançando numa “sofisticação” formal do princípio ricardiano das vantagens comparativas, a teoria neoclássica tradicional passou a apoiar-se na defesa do livre-comércio em argumentos predominantemente estáticos. Nessa concepção, a teoria neoclássica desenvolveu um aparato analítico capaz de demonstrar que, sob hipóteses bastante restritivas (retornos constantes de escala, concorrência perfeita, *laissez-faire* etc.), o livre-comércio proporcionaria uma alocação ótima dos recursos produtivos na economia mundial, desprezando eventuais impactos positivos ou adversos sobre o crescimento econômico de cada país. Com base nestas condições, a visão neoclássica indica que o principal benefício do comércio internacional provém da expansão das importações líquidas de cada país, cujo impacto se consubstancia, no final das contas, em maior bem-estar pela ampliação do consumo total (Nassif, 2021). Propostos e desenvolvidos tais avanços de formalização, a vertente neoclássica da teoria das vantagens comparativas atingiu o ápice com o Teorema da Igualização dos Preços Relativos dos Bens e Fatores Produtivos, demonstrado por Paul Samuelson (1948; 1949):

Esse teorema sacramentou o poder ideológico de convencimento dos governos dos países periféricos quanto aos benefícios, inclusive dinâmicos, oriundos da adesão incondicional ao livre-comércio multilateral. O

teorema assegura que, se todos os mercados (de produtos e fatores de produção) funcionarem sob condições de *laissez-faire* e concorrência perfeita, o livre-comércio levaria à equalização dos preços relativos dos bens e fatores de produção na economia mundial. A mecânica de operação do teorema é simples: é a pressão recíproca da concorrência interindustrial entre países que forjaria a queda dos preços relativos dos bens em que cada país detém a posição de desvantagem comparativa. Retomando o exemplo anterior, o teorema prediz que o livre-comércio proporcionaria tanto a queda dos preços relativos dos bens manufaturados importados pelos países periféricos quanto a queda dos preços relativos dos bens primários importados pelos países centrais. Paralelamente, a baixa dos preços relativos desses bens acarretaria, na periferia e no centro, respectivamente, a baixa dos preços relativos dos fatores intensivamente utilizados na produção de ambos (capital e trabalho de alta qualificação nos países periféricos; e *recursos naturais* e trabalho de baixa qualificação, nos países centrais). Ademais, o teorema garante que o livre-comércio proporcionaria o movimento, na direção contrária, isto é, para cima, dos preços relativos dos bens em que cada um desses blocos de países detém vantagem comparativa, acompanhados da alta dos preços relativos dos fatores utilizados intensivamente em sua produção. Em outras palavras, o teorema da equalização dos preços dos fatores assegura que, num mundo utópico de concorrência perfeita, as taxas de salários e de lucros reais seriam iguais no mundo inteiro! (Nassif, 2021, p. 4).

Confrontando a lógica desta teoria, Sinott *et al.* (2010) realizam uma análise crítica acerca da produção e especialização em *commodities* pelos países periféricos. Os autores iniciam caracterizando as *commodities* como sendo produtos indiferenciados, com baixo processamento industrial e elevado conteúdo de *recursos naturais*. Os setores produtores de *commodities* têm a capacidade de gerar periodicamente altas rendas - rendas diferenciais no sentido ricardiano do termo - ou seja, lucros extraordinários (*windfall profits*) associados aos ciclos de preços típicos desses produtos. A natureza da produção de *commodities* e seus ciclos de preços têm sérias implicações sobre os países produtores por meio da valorização da moeda local, acarretando o desestímulo às outras atividades, principalmente as manufatureiras, e ocasionando uma especialização ulterior, configurando assim a chamada “doença holandesa”. Para os autores, a especialização na produção das *commodities* e seus malefícios decorreriam de dois problemas distintos: i) do declínio a longo prazo dos termos de intercâmbio associados à perda de valor real dos preços das *commodities* ante as manufaturas (hipótese *Prebisch-Singer*) e ii) da excessiva volatilidade desses preços nos curto e médio prazos. O primeiro fenômeno resultaria da baixa elasticidade-renda da demanda por *commodities* somada às especificidades da oferta, como as poucas barreiras à entrada (a recente aprovação de restrições às exportações e produção de alguns minerais críticos “contrasta” esta última). Já a volatilidade seria o resultado das baixas elasticidades-preço da demanda e da oferta.

Carneiro (2012) compartilha deste raciocínio, argumentando que essas características teriam implicações desfavoráveis sobre o desenvolvimento de países especializados na produção de *commodities*. No longo prazo, a deterioração dos termos de intercâmbio (Prebisch, 1949; Singer, 1950) agravaria a restrição externa por meio da diminuição da capacidade para importar. A volatilidade dos preços, por sua vez, teria implicações negativas sobre as decisões de investimento e o aumento sustentado da produtividade. Ademais, tornaria também a gestão macroeconômica mais problemática ante flutuações de maior amplitude das taxas de câmbio, dos preços e da renda.

De acordo com a clássica hipótese / tese de Prebisch-Singer (desenvolvida a partir de seus trabalhos individuais de 1949 e 1950, respectivamente), a *deterioração dos termos de intercâmbio/troca* deriva, essencialmente, de um diferencial de elasticidades entre bens primários e industriais, que decorre de características estruturais pela demanda dos dois tipos bens (*à la* Lei de Engel), por quem é tomador e quem é formador de preço, e pelo próprio poder de barganha dos trabalhadores nos países centrais que permite maior apropriação dos ganhos de produtividade pela classe trabalhadora nesses países do que nas suas contrapartes periféricas. Pontua-se que a deterioração dos termos de troca não é um argumento central na teoria estruturalista: apenas a diferença nas elasticidades de exportação (bens primários) e importação (bens industriais) já é suficiente para uma condição estrutural de estrangulamento do balanço de pagamentos no longo prazo.

Ainda no que se refere à organização da produção, a tese clássica do estruturalismo é a de que a especialização na produção de *commodities* implicaria num menor dinamismo do crescimento dessas economias especializadas. Essa tese, defendida por Hausmann *et al.* (2007), mas contestada por Sinott *et al.* (2010), sustenta que o baixo dinamismo adviria dos reduzidos encadeamentos produtivos, com diminuição dos efeitos multiplicadores e aceleradores, da estagnação relativa do progresso técnico - por se tratar de setores marginais aos *clusters* de inovação mais dinâmicos - e, associados a esses dois aspectos, uma baixa irradiação (*spillover*) para o conjunto da economia.

O trabalho de Hausmann *et al.* (2007) trata-se de uma retomada do argumento contrário à tese da especialização produtiva com base nas *vantagens comparativas estáticas*. Sua tese principal é de que as especializações tradicionais, isto é, de produção de *commodities*, por parte dos países periféricos, resulta em um menor dinamismo econômico do que a diversificação em direção aos setores nos quais os países desenvolvidos concentram as suas exportações. Está subjacente a esta formulação a

pressuposição de que a oferta e demanda desses produtos envolvem maior dinamismo e também a possibilidade de alcançar a transformação da estrutura produtiva por meio de políticas econômicas específicas. Por fim, destaca-se a pouca relevância dos fundamentos - dotação inicial de fatores de produção - como determinante das especializações, na medida em que os primeiros poderiam ser superados pelas *vantagens comparativas dinâmicas*.

Entretanto, o estudo de Sinott *et al.* (2010) não está inteiramente incoerente ao afirmar a importância do progresso técnico na produção de *commodities*, mesmo sendo passível de discussão a tese de que seja mais intenso do que nas manufaturas, como sugerido. Ademais, há questionamentos sobre a ideia de que o progresso técnico na produção das *commodities* guarda algum grau de autonomia, não respondendo em última instância às transformações que ocorrem nos núcleos - setores, empresas, universidades, centros de pesquisa - dos países desenvolvidos.

Em relação a advertir sobre os riscos da excessiva especialização da produção por meio da doença holandesa, Sinott *et al.* (2010) sugerem a diversificação produtiva a partir da produção de *commodities*, mas subestima as suas dificuldades. Carneiro (2012) destaca que a diversificação à jusante, mediante à incorporação de atividades de maior valor agregado, encontra alguns obstáculos: i) em relação aos bens de consumo: o controle dos canais de comercialização - incluído a propriedade de marcas, e ii) em relação a bens intermediários: a concentração de mercados e as escalas de produção.

Para Carneiro (2012), um outro aspecto relevante da produção de *commodities* - principalmente no que tange à **extração de petróleo e mineração** - diz respeito ao seu caráter não-renovável. Para o autor, isto tem sérias implicações, não só relativas ao meio ambiente como também quanto à dimensão intergeracional, isto é, de sua preservação e utilização ao longo do tempo. Como esses recursos constituem-se de um estoque de riqueza não renovável, o seu uso racional pressuporia a sua conversão em outro estoque de riqueza financeira, capaz de produzir um fluxo de renda permanente ao longo do tempo (esta hipótese será rediscutida posteriormente). O autor também pontua que nos países produtores de *commodities* é relevante, embora variável de acordo com o grau de especialização, a dependência das receitas fiscais do valor da produção e preços desses bens e, por consequência, a sua volatilidade e forte comportamento pró-cíclico; considerando também - a depender da especialização e das pautas de comércio exterior - o possível efeito das flutuações sobre a renda das famílias e do emprego.

As proposições de Carlota Pérez surgem como uma alternativa às discussões acerca da especialização em produtos primários / *commodities* (especialmente pelos países da América Latina). A autora discute a possibilidade de um dinamismo tecnológico e inclusão social através de uma estratégia de industrialização baseada em recursos naturais. Pérez (2012) examina as tendências da globalização e a difusão da revolução das TIC (Tecnologias da Informação e Comunicação) e do seu paradigma, propondo uma visão de futuro bem-sucedida e socialmente equitativa para a América Latina; uma visão baseada em traços partilhados e capaz de abranger ao mesmo tempo toda a diversidade dos seus países. A autora tenta responder à crescente preocupação entre os latino-americanos sobre a dificuldade de embarcar num caminho de desenvolvimento dinâmico sem um sentido de direção acordado. Resgata que o aumento dos preços das matérias-primas em meados da década de 2000 permitiu a retomada de uma taxa de crescimento mais elevada, mas as capacidades tecnológicas não cresceram no mesmo ritmo, e persistem desigualdades muito profundas.

O que mais tarde foi defendido por Nassif (2021), Pérez (2012) pontua que, dado o forte viés asiático do atual processo de globalização, far-se-ia necessário identificar áreas com potencial tecnológico onde a América Latina tem uma vantagem comparativa sobre a Ásia. A autora destaca cirurgicamente que a Ásia pode ser considerada um continente muito densamente povoado e com uma dotação relativamente baixa de recursos naturais. A América Latina (e o Caribe), por outro lado, seriam/são muito ricos em recursos naturais e têm uma densidade populacional muito menor. Neste caso, estas condições dão à Ásia a vantagem nas indústrias de produção (montagem) de mão-de-obra intensiva, *enquanto a América Latina favorece as indústrias de processo baseadas em recursos naturais*. Como a região é extremamente diversificada em termos da dotação destes recursos, esta orientação geral poderia permitir - e de fato exige - especializações diferenciadas.

Para Pérez (2012), a indústria transformadora (aquela capaz de transformar matéria-prima em um produto final ou em um intermediário, que vai ser novamente modificado por outra indústria) não deveria - nem poderia - ser abandonada, mas a maior parte poderia concentrar-se em áreas que servem as indústrias transformadoras (a montante e a jusante) ou direcionada para nichos de alto valor e baixo volume. Este último seria feito aproveitando a hiper segmentação dos mercados, característica da globalização, moldada pelo paradigma das TIC: óbvio que, em países maiores como o Brasil ou o México, a produção em volume pode tornar-se competitiva através da alavancagem do mercado interno ou da incorporação de características tecnológicas especiais e diferenciadoras. Porém, a autora enfatiza que a aquisição de capacidades em indústrias baseadas em recursos naturais associadas à biotecnologia e à *ciência dos materiais* (aqui uma alusão direta a questão dos minerais críticos) prepara o terreno para um

posicionamento adequado em tecnologias que hoje são vistas como prováveis candidatas a fazer parte da revolução tecnológica da próxima geração: biotecnologia, nanotecnologia, bioeletrônica e *novos materiais*.

Pérez (2012) descreve um fato que ainda persiste: a escassez de matérias-primas no continente asiático, em relação às suas necessidades de crescimento, tem permitido à América Latina e à África exportar quantidades crescentes de *minerais*, energia e produtos agrícolas a preços cada vez mais elevados. De fato, a América Latina tem dificuldades crescentes em competir na indústria transformadora, especialmente nas áreas de produtos de alto volume e baixo custo. A sua densidade populacional é muito inferior à da Ásia e a mão-de-obra, apesar de ser muito barata, excede significativamente o nível salarial asiático. No entanto,

[...] a sua rica dotação em recursos naturais e energia oferece-lhe uma janela de oportunidade para se especializar em “indústrias de processo”. O problema tradicional da monoexportação de matérias-primas poderia ser transformado num futuro bem sucedido de tecnologias complexas, num perfil de exportação variado e num elevado crescimento se as vantagens de possuir recursos naturais fossem aproveitadas de forma inteligente (Pérez, 2012, p. 25).

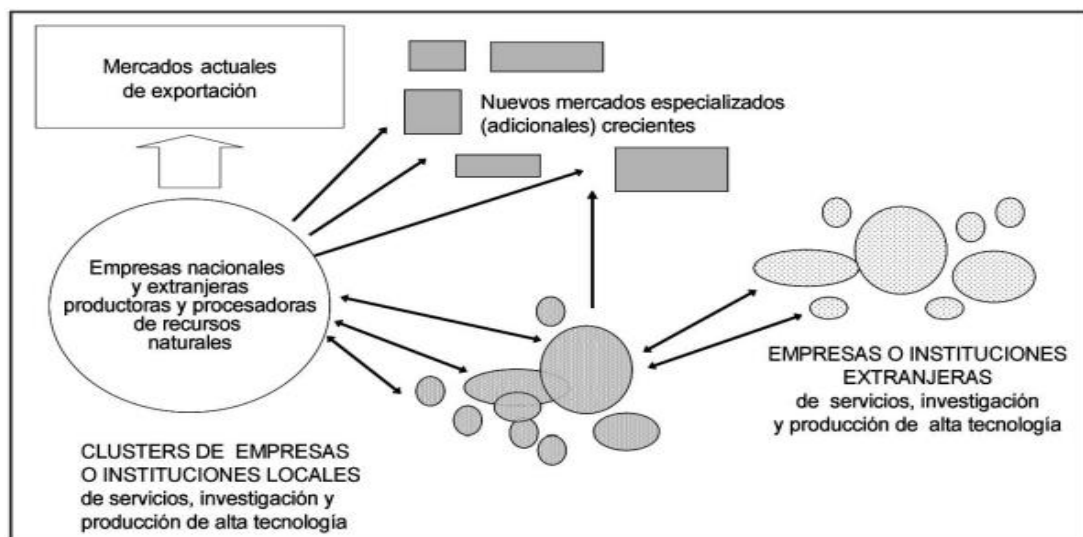
Este argumento explicita a possibilidade de desenvolvimento de capacitações tecnológicas complexas e de alto valor agregado que o setor de minerais críticos pode fomentar:

Adicionalmente, o processo de globalização tende a elevar o nível de preços dos recursos naturais em geral (embora sem eliminar a volatilidade). A perspectiva de um nível médio favorável nos preços destes produtos abre um caminho possível para financiar o esforço tecnológico e a formação de capital humano a eles vinculado. O continente americano poderia tornar-se o fornecedor de insumos materiais, alimentos e outros bens agrícolas (dos produtos mais padronizados aos mais sofisticados e customizados) para o resto do mundo (Pérez, 2012, p. 25 - adaptado).

Pérez (2012) argumenta que este processo envolveria o constante escalonamento tecnológico das atividades baseadas em recursos naturais e a melhoria gradual do perfil exportador através de inovações contínuas em produtos, processos e atividades auxiliares, em particular com a visão de criar nichos de valor de alta qualidade, diferenciando-os dos mercados tradicionais de *commodities* - “fugindo” da lógica descrita por Carneiro (2012). A autora acredita que isto envolve a transformação gradual de toda a economia. A ideia seria empreender um esforço concentrado para dominar as tecnologias das indústrias de processo, desde *commodities* de grande escala (aço, alumínio, papel, refino, cerveja, petroquímica e certos alimentos), até especialidades de escala intermediária (química), biotecnologia, nanotecnologia) até materiais feitos sob medida em pequena escala e especialidades químicas ou outros produtos de nicho. Para a autora, este esforço pode estar enraizado nas capacidades adquiridas por cada país na sua área específica de dotação de recursos naturais, bem como noutras indústrias de transformação - metalurgia, química, processamento de alimentos - e poderá avançar ao longo de novas trajetórias tecnológicas abertas pela *ciência dos materiais* e pela tecnologia.

Nesta direção, Pérez (2012) pontua que os objetivos seriam a migração gradual para produtos com valor agregado cada vez maior, com características cada vez mais especializadas e adaptadas ao cliente e o estabelecimento de fortes redes de inovação (com a participação de empresas e universidades locais, continentais e internacionais) tornando o esforço sustentável ao longo do tempo:

Figura 1 - Desenvolvimento tecnológico e dinamização do perfil das exportações baseadas em recursos naturais



Fonte: Pérez (2012, p. 26).

Pérez (2012) sugere que algumas redes de inovação poderiam ser criadas com a participação ativa de cadeias globais extrativistas ou agrícolas, sejam estrangeiras ou nacionais. A ideia seria reforçar o conhecimento e o *know-how* acumulados por cada país nos seus atuais produtos de exportação e depois avançar tecnologicamente a montante, a jusante e lateralmente através das redes de valor relevantes. Os esforços seriam direcionados para um conjunto de objetivos específicos definidos de acordo com a dotação de recursos naturais e a acumulação de capacidades alcançadas por cada país. Pérez (2012) caracteriza a adoção destas diretrizes de um *modelo duplo integrado*:

Isto requer o estabelecimento de uma estratégia dupla - ou de um *modelo duplo integrado*. Por um lado, haveria a conquista do domínio tecnológico (especialização profunda) nas indústrias baseadas em recursos naturais até alcançar posições fortes nos espaços de mercado globais; por outro, o desenvolvimento da capacidade de criar riqueza em todos os recantos do território para melhorar a qualidade de vida dos seus habitantes, aproveitando as vantagens locais e visando nichos de mercado (global, nacional ou local). Na primeira parte da estratégia o objetivo é a competitividade; na segunda, a competitividade torna-se um meio para alcançar o bem-estar da população envolvida. A primeira está orientada para o crescimento “de cima”; o segundo, para o crescimento “de baixo para cima”. Os setores promovidos no primeiro seriam os motores do crescimento econômico; aqueles desenvolvidos no segundo seriam abordados como meios para escapar da pobreza (Pérez, 2012, p. 30).

Em relação a questões de comércio, Pérez (2012) já apontava que o comportamento das Cadeias Globais de Valor (CGV's) em relação à sociedade local e ao ambiente não é tão descuidado como foi no início (no “surgimento” destas). A tendência para a responsabilidade social corporativa, tanto no trato com os funcionários como com as comunidades envolvidas e em relação ao ambiente, está a aumentar e provavelmente continuará a espalhar-se. Para ela, esta mudança talvez tenha sido mais forte nas indústrias onde a criatividade é o fator determinante da competitividade, onde a satisfação do pessoal é essencial; mas também se tornou importante nas indústrias de bens de consumo expostas à *Internet*, que pode comprometer sua imagem. Todavia, mesmo em casos como o da *mineração*, onde a distância geográfica funciona como um escudo contra a visibilidade comportamental e onde os clientes são grandes empresas e não consumidores, Pérez (2012) destaca que a responsabilidade corporativa não só aumentou, mas também melhorou a produtividade e, portanto, tende a se espalhar como uma prática normal. Assim, a autora afirma ser de responsabilidade das organizações governamentais nacionais e locais a garantia da preservação e melhoria do ambiente natural e humano. As informações sobre os padrões de práticas empresariais responsáveis, estabelecidas por empresas líderes nestas áreas, podem modificar as expectativas e moldar negociações realistas e mutuamente benéficas.

No entanto, “*the empire strikes back*”: o ataque massivo à cultura *woke* (cultura marcada pelo movimento “*Black Lives Matter*” (2013) - este criado para denunciar a brutalidade policial contra pessoas afrodescendentes) já iniciou uma certa “reversão” na tendência acima (uma “inversão” dessa expectativa).

Em última análise, Pérez (2012) já apontava a possibilidade de se construir um caminho baseado na utilização dos recursos naturais para a tecnologização da produção na América Latina, trazendo uma vantagem adicional repleta de possibilidades futuras. A autora argumenta que a revolução das TIC's estaria entrando no período de implantação, quando o seu poder de aumentar a produtividade e facilitar a inovação se espalha por todas as outras indústrias. Seria também este o período de gestação da próxima revolução. Pérez (2012) elenca como as “indústrias revolucionárias do futuro” uma combinação de biotecnologia, nanotecnologia, bioeletrônica, *novos materiais e novas energias* (aqui enquadra-se o setor de minerais críticos), provavelmente moldadas pelas crescentes preocupações ambientais. A autora já salientava para possibilidades de práticas sustentáveis, em especial, no setor de mineração:

Novos materiais encontrarão cada vez mais usos nas indústrias de manufatura, [...]. *Podem também influenciar a produção de matérias-primas, como no caso de bactérias especiais para lixiviação na mineração ou para eliminar contaminantes e derrames, ou aditivos químicos para conferir qualidades particulares à madeira ou servir como catalisadores no refinamento do petróleo e na petroquímica. processos para controle natural de pragas na agricultura orgânica e assim por diante* (Pérez, 2012, p. 41).

Em síntese, Pérez (2012) acredita que as constantes ondas de revolução tecnológicas permitem a América Latina (e Caribe) iniciarem um processo de atualização das suas capacidades e preparar-se para entrarem na “próxima revolução”, utilizando as suas atividades de exportação baseadas em recursos naturais como plataforma para inovação de ponta e como fonte de financiamento.

Revisitadas as distintas vertentes acerca de um desenvolvimento baseado (na especialização) em recursos naturais, a seção seguinte analisa, panoramicamente, alguns dos “novos” recursos naturais: os *minerais críticos*. Na sequência, pontua-se a participação da América Latina (com os destaques por país) e análises “particulares” dirigidas ao Caribe, por este estar associado à região.

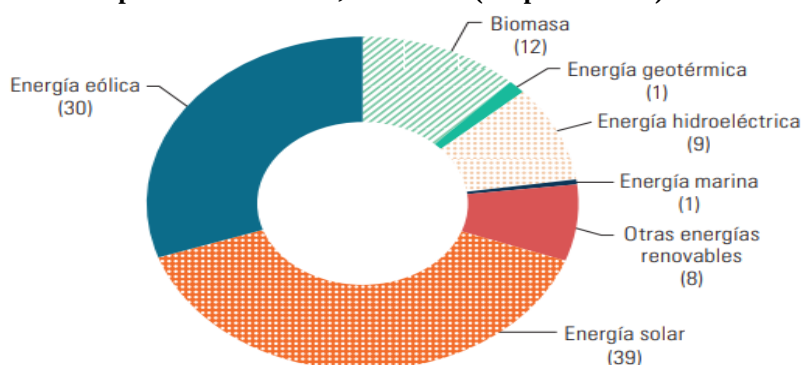
3. Minerais Críticos na América Latina e no Caribe: estudos de caso (e um “grande desafio”)

Como exposto na “INTRODUÇÃO”, a utilização de “novos” recursos naturais vem sendo amplamente

discutida como uma fonte viabilizadora para uma “Transição Energética de Baixo Carbono” (TEBC), por meio de políticas energéticas na promoção de um regime de baixo carbono.

Para atingir as metas declaradas, especialmente as firmadas no Acordo de Paris (2015), a Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA, 2021) estima que os investimentos em energias renováveis terão de duplicar antes do final desta década e crescer ainda mais para triplicar os níveis atuais, pelo que o financiamento privado terá de fornecer a maior parte dos novos investimentos. A agência também relata que a principal fonte de financiamento para investimentos em energias renováveis no mundo é o setor privado, que nos últimos anos representou 86% do total. Embora o financiamento público represente apenas 14% deste valor, estes fundos são essenciais para reduzir riscos, atrair investimentos, superar barreiras iniciais e reduzir custos de capital, elementos centrais na necessária expansão e escalabilidade de novos projetos. O montante de anúncios de IDE destinados ao setor de energias renováveis na América Latina e no Caribe atingiu 159,2 bilhões de dólares no período 2005-2021 (CEPAL, 2024a). Como é o caso mundial, os investimentos em energia solar e eólica têm sido os mais significativos na região, pois representam 39% e 30% do total, respectivamente. Em seguida, em ordem de importância, estão os anúncios de IDE direcionados à energia de biomassa (12%), energia hidroelétrica (9%), energia geotérmica (1%), energia marinha (1%) e energia marinha (1%) (CEPAL, 2024a).

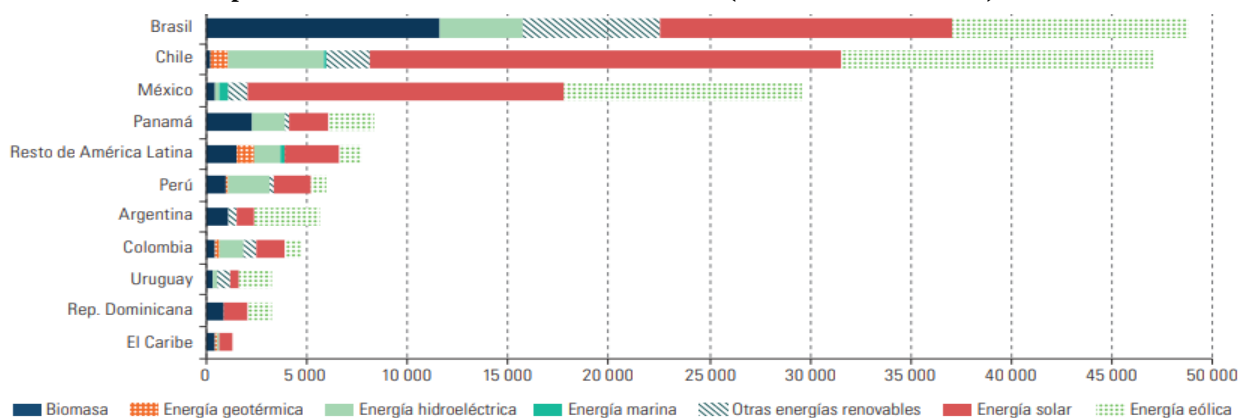
Gráfico 1 - América Latina e Caribe: anúncios de investimentos estrangeiros em energias renováveis, por fonte, período acumulado, 2005-2021 (em percentuais)



Fonte: CEPAL (2024a, p. 77).

Quanto à distribuição do IDE em energias renováveis por país, no período acumulado 2005-2021 a maior participação no total de anúncios foi a do Chile, de 30%. É seguido pelo Brasil (27%), México (19%), Colômbia, Panamá e Peru (4% cada), Argentina (3%) e República Dominicana e Uruguai (2% cada). Os demais países participam com menos de 1% do total de anúncios de IDE no setor de energias renováveis (CEPAL, 2024a). Em relação ao tipo de energia renovável, verifica-se que nos três principais países receptores de IDE (Brasil, Chile e México), os investimentos mais importantes correspondem à energia solar e, seguida da energia eólica, embora no Brasil, a geração de energia também se destaca projetos de biomassa. Destaca-se a rápida “tomada de liderança” do Brasil neste *ranking* no período acumulado 2005-05/2022 (em detrimento do período 2005-2021). Nos casos da Argentina, Uruguai e Panamá, os principais investimentos são em energia eólica, enquanto na Colômbia e na República Dominicana se destacam IDE direcionados à energia solar e, no Peru, à energia hidroelétrica (CEPAL, 2024a).

Gráfico 2 - América Latina e Caribe: anúncios de IDE em energias renováveis, por fonte e por principais países, período acumulado de 2005 a maio de 2022 (em milhões de dólares)



Fonte: CEPAL (2024a, p. 77).

A CEPAL (2024a) destaca que, em apoio à transição energética, para além da implantação de novas energias renováveis, como a eletricidade baseada na energia solar e eólica e suas tecnologias de armazenamento, observam-se três novos desenvolvimentos na região: i) a eletrificação dos transportes e da mobilidade a partir de fontes renováveis, especialmente nas cidades; ii) a utilização de minerais críticos necessários para a transição energética, e iii) o avanço da nova indústria do hidrogênio verde.

Em relação ao segundo ponto, a América Latina e Caribe detêm significativas reservas destes minerais, extremamente necessários para a transição energética (como observado na tabela a seguir):

Tabela 1 - Produção de minas e reservas de minerais críticos na América Latina (e Caribe) e no Mundo (em 2024)*

MINERAL	PAÍSES DA AMÉRICA LATINA E CARIBE	PRODUÇÃO DE MINAS (em toneladas)	PRODUÇÃO MUNDIAL DE MINAS (em toneladas)
Lítio	Argentina (1), Bolívia (2), Brasil (3), Chile (4), México (5), Peru (6)	(1) 18.000 / (2) NA / (3) 10.000 / (4) 49.000 / (5) NA / (6) NA	> 240.000
Cobre	Chile (7), México (8), Peru (9)	(7) 5.300 / (8) 700 / (9) 2.600	23.000
Níquel	Brasil (10), Cuba (11)	(10) 77.000 / (11) NA	3.700.000
Cobalto	Cuba (12)	(12) 3.500	290.000
Terras Raras	Brasil (13)	(13) 20	390.000
MINERAL	PAÍSES DA AMÉRICA LATINA E CARIBE	RESERVAS (em toneladas)	RESERVA MUNDIAL (em toneladas)
Lítio	Argentina (1), Bolívia (2), Brasil (3), Chile (4), México (5), Peru (6)	(1) 23.000.000 / (2) 23.000.000 / (3) 1.300.000 / (4) 11.000.000 / (5) 1.700.000 / (6) 1.000.000	115.000.000
Cobre	Chile (7), México (8), Peru (9)	(7) 190.000 / (8) 53.000 / (9) 100.000	5.000.000.000
Níquel	Brasil (10), Cuba (11)	(10) 16.000.000 / (11) NA	> 350.000.000
Cobalto	Cuba (12)	(12) 500.000	25.000.000
Terras Raras	Brasil (13)	(13) 21.000.000	> 90.000.000

Notas: * - Estimativas; NA - “não apresentado”; > - “maior que”.

Fonte: Elaboração própria, com base em USGS (2025) - * números revisados anualmente.

A seguir, serão analisados alguns destes “novos” recursos naturais: os *minerais críticos*. Sequencialmente, será pontuada a participação da América Latina e Caribe (com os destaques por país). Registra-se aqui que, para a realização das análises e seleção dos países, foram considerados o tamanho (e relevância) das reservas em cada país, bem como as políticas e ações internas já em andamento.

3.1. O lítio

Alinhado aos países que lideram a transição para a *eletromobilidade*, o lítio assumiu um carácter estratégico para os países que dispõem de recursos abundantes, sendo considerado uma possível fonte para a promoção do desenvolvimento econômico (Barandiarán, 2019). Nesta direção, devido ao alto nível de recursos de lítio, a América Latina e o Caribe têm um grande potencial para se tornarem um ator-chave na indústria global deste recurso. Contudo, o seu desempenho atual está muito abaixo desse potencial, que se reflete no volume relativamente pequeno de produção de matérias-primas e compostos de lítio e no elevado nível de concentração geográfica dessa produção no Chile e na Argentina. As dificuldades da região em acompanhar a procura de lítio são explicadas por uma combinação de fatores, destacando-se os de natureza técnica (CEPAL, 2023). No caso dos recursos em salinas, o desenvolvimento dos projetos deve ser adaptado às características químicas da salmoura e ao ambiente do território onde estão inseridos. Para os demais tipos de recursos, como as argilas mexicanas, os processos de produção ainda estão em fase de desenvolvimento e não atingiram escala industrial.

Existem três tipos principais de depósitos econômicos de lítio16: i) *depósitos de salmoura* em salinas; ii) *depósitos de pegmatitos*, incluindo particularmente a família granítica de pegmatitos de lítio-césiotântalo (LCT) e rochas metassomáticas associadas, e iii) *depósitos de argila vulcânica* (CEPAL, 2023, p. 13).

Na Argentina, na província de Jujuy, foi criada uma empresa pública com participação acionária nas operações realizadas em seu território. Na Bolívia, o lítio foi declarado estratégico por razões essencialmente econômicas e o Estado controla e promove toda a cadeia de valor das baterias de íons de lítio. No Chile, diretrizes foram adotadas há mais de quarenta anos, justificadas pelo interesse nuclear do lítio. Também foi anunciada a *Estratégia Nacional do Lítio* em abril de 2023. México, alguns meses antes, declarou ser o mineral de utilidade pública e criou a estatal *Litio para México*.

Tabela 2 - América Latina (4 países): natureza estratégica do lítio nos regimes jurídicos

País	Normativa	Motivo y objetivos
Argentina (solo a nivel de dos provincias)*	Restringido a las provincias de Jujuy, Ley Provincial núm. 5674 de 2011, y La Rioja, Ley Provincial núm. 10.608 de 2023	La Ley Provincial de Jujuy declara al litio recurso natural estratégico, por ser considerado "generador del desarrollo socioeconómico de la provincia". La Ley Provincial de La Rioja declara al litio recurso natural estratégico "por sus contribuciones a la transición energética y aportes al desarrollo socioeconómico de la provincia".
Bolivia (Estado Plurinacional de)	Decreto supremo núm. 29.496 de 2008	Declara "de prioridad nacional la industrialización del Salar de Uyuni para el desarrollo productivo, económico y social del Departamento de Potosí".
	Constitución Política del Estado (art. núm. 369)	Declara de "carácter estratégico para el país" a los recursos naturales no metálicos existentes en los salares, salmueras, evaporíticos, azufres y otros.
Chile	Decreto ley núm. 2886 de 1979	Establece reserva del Estado sobre el litio, "por exigirlo el interés nacional", y que este mineral solo está sujeto a los actos jurídicos de la Comisión Chilena de Energía Nuclear, con excepción de las pertenencias constituidas o en trámite de constituirse.
	Comisión Nacional del Litio (2014)	Reafirma el "carácter estratégico del litio", ampliándolo a otras industrias, especialmente la energética.
	Ministerio de Minería ante la Comisión de Minería y Energía del Senado (2022); Estrategia Nacional del Litio (2023)	Presenta una política pública para el desarrollo del litio, uno de cuyos ejes es la creación de una Empresa Nacional del Litio (ENL); se afirma que el litio es un material estratégico para la transición energética y que es necesario que el país tenga control del recurso a través de una empresa estatal que participe tanto de la exploración y explotación como de la industrialización del litio. La empresa se conformaría como una asociación público-privada en la que el Estado sería el socio mayoritario. Esta política dio lugar al lanzamiento de la Estrategia Nacional del Litio en abril de 2023 ⁹ .
México	Reforma a la Ley Minera (2022)	Establece que "se declara de utilidad pública el litio, por lo que no se otorgarán concesiones, licencias, contratos, permisos o autorizaciones en la materia". Además, se dice que el litio es estratégico y que su exploración, explotación, beneficio y aprovechamiento estarán a cargo del organismo descentralizado que determine el Ejecutivo Federal. En agosto de 2022 se creó Lito para México (con el acrónimo LitoMx), con el objeto de explorar, explotar, beneficiar y aprovechar el litio ubicado en territorio nacional, así como administrar y controlar las cadenas de valor económico de dicho mineral.

Fonte: CEPAL (2023, p. 12).

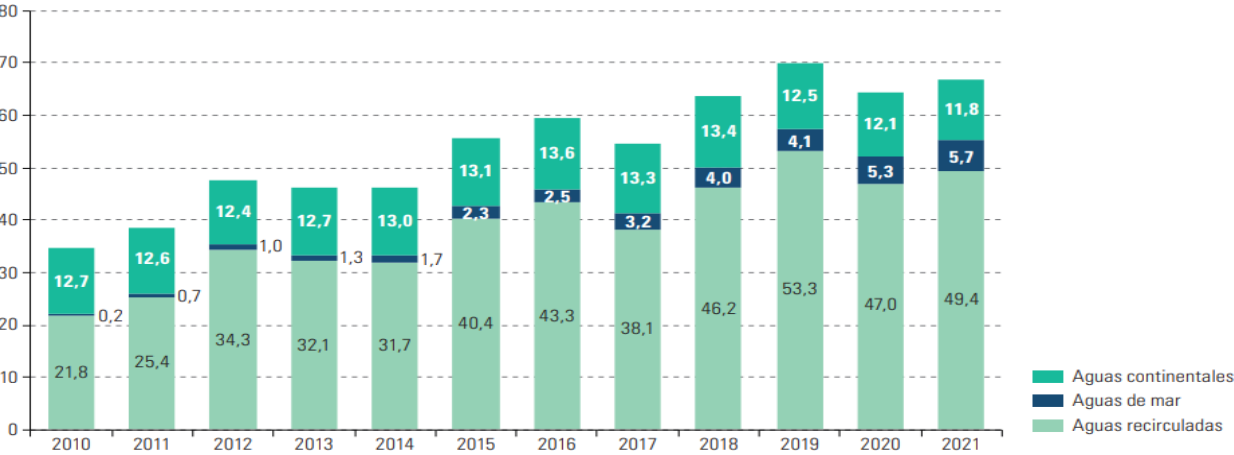
3.2. O cobre

Fundamental para a fabricação de cabos elétricos e componentes eletrônicos, o cobre é crucial em praticamente todas as tecnologias de energia renovável, incluindo painéis solares e turbinas eólicas. Excelente metal para transformar e transmitir energia, o cobre é usado de forma intensiva nos carros elétricos – que vão se multiplicar pelas ruas com o processo de descarbonização da economia. Um único veículo elétrico leva entre 60kg e 83k da *commodity* em sua composição, enquanto um modelo a combustão leva entre 15 e 20k (IBRAM, 2021). No entanto, devem faltar entre seis e oito milhões de toneladas do metal em 2030: o volume corresponderá a cerca de 25% do mercado e é o dobro da escassez registrada no início dos anos 2000, quando o crescimento acelerado da China aumentou a procura pela *commodity* e também desencadeou uma pressão nos preços (IBRAM, 2021). Em síntese,

O uso do cobre no processo de descarbonização será essencial também na distribuição de energia. Toda a rede de transmissão precisará ser reforçada para dar conta do aumento da carga que é esperado no sistema com a eletrificação dos carros, por exemplo, que "puxarão" mais energia. Esse fortalecimento do sistema de distribuição precisará de cobre, usado nos fios de transmissão (IBRAM, 2021).

Importante salientar que, em cada país, a mineração consome porcentagens pequenas de água, uma vez que a maior parte dela é utilizada para consumo humano e na produção agrícola. Porém, nas bacias onde existem projetos mineiros, estes exigem água para extração, refino e vida dos trabalhadores, e esta procura chega a competir com outros usos produtivos e domésticos, especialmente em zonas onde a água é escassa. A destruição de fontes devido à mineração a céu aberto realizada na base das geleiras ou nas charnecas andinas, bem como a contaminação dos cursos de água devido à má gestão de rejeitos ou passivos ambientais, são os efeitos negativos na água, nos ecossistemas e populações locais que devem ser prevenidas e mitigadas (CEPAL, 2024a). No entanto, no Chile, está ocorrendo um crescimento significativo na recirculação da água e na dessalinização da água do mar, o que aliviou a pressão sobre o consumo de água continental, especialmente nos áridos territórios mineiros do norte do país, onde o abastecimento de água é menor. Todavia, o impacto ambiental da dessalinização e das descargas de salmoura ainda precisa de ser investigado e constantemente acompanhado (CEPAL, 2024a).

Gráfico 3 - Consumo de água na mineração de cobre no Chile, 2010-2021 (em metros cúbicos por segundo)



Fonte: CEPAL (2024a, p. 270).

3.3. O níquel*

O níquel é um metal extraído por aquecimento do minério ao ar para obtenção do óxido que depois é reduzido com monóxido de carbono e purificado pelo processo *Mond*. A eletrólise também pode ser usada. Utilizado em diversas ligas, como aço inoxidável ou aços especiais, em ligas metálicas como Mumetal, em galvanização, em fundições, em baterias, eletrodos e moedas. Ainda é um eficiente catalisador particularmente de reações de hidrogenação. As ligas de níquel são usadas em motores de jatos, turbinas industriais de gás para a geração de eletricidade e em elementos de aquecedores, fios resistentes, trocadores de calor em usinas de energia, componentes de fornos e bombas e válvulas industriais (IQ/USP, 2023). O Brasil aparece como um dos principais *players* globais na oferta de níquel. Segundo estatísticas oficiais, o país foi o terceiro maior em reservas e em produção deste metal nos anos de 2023 e 2024, atrás apenas dos Estados Unidos e Austrália, respectivamente (USGS, 2025).

A tabela a seguir mostra os principais investimentos do Governo Brasileiro no setor de minerais críticos para o quadriênio 2024-2028, estando o níquel nesta escala de prioridades:

Tabela 3 - Principais investimentos previstos para o quadriênio 2024-2028 (em milhões US\$)

MINÉRIO	ORE	MINERAL	2023-2027	2024-2028	Variação [%]	Participação [%]
Minério de Ferro	Iron Ore	Mineral de hierro	16.922	17.277	2,1%	26,8%
Socioambientais	Environmental	Socioambiental	6.559	10.671	62,7%	16,6%
Logística	Logistics	Logística	4.448	10.362	133,0%	16,1%
Cobre	Copper	Cobre	4.474	6.744	50,7%	10,5%
Fertilizantes	Fertiliser	Fertilizantes	5.222	5.581	6,9%	8,7%
Níquel	Nickel	Níquel	2.338	4.440	89,9%	6,9%
Outras substâncias	Other substances	Otras sustancias	1.199	2.472	106,2%	3,8%
Bauxita	Bauxite	Bauxita	4.962	1.818	-63,4%	2,8%
Ouro	Gold	Oro	2.847	1.542	-45,8%	2,4%
Terras Raras	Rare Earths	Tierras raras	150	1.456	870,6%	2,3%
Lítio	Lithium	Lítio	433	1.190	174,8%	1,8%
Titânio	Titanium	Titanio	151	600	297,4%	0,9%
Manganês	Manganese	Manganeso	225	249	10,5%	0,4%
Zinco	Zinc	Zinc	113	59	-47,8%	0,1%
TOTAL	TOTAL	TOTAL	50.043,33	64.461,24	28,8%	100%

Fonte: Fonte: IBRAM (2024, p. 22 - adaptada).

Ainda segundo o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), este metal, também listado como “mineral de transição” - por ser um dos componentes essenciais das baterias que alimentam veículos elétricos (UNEP, 2025), insere o país como expressivo produtor, com potencial para atingir um patamar semelhante ao existente no Canadá (tradicional produtor) e na Austrália. O instituto também destaca:

Entre as empresas produtoras, está a Anglo American, com plantas de ferroníquel em Goiás, nos municípios de Barro Alto e Niquelândia, além de minério de ferro em Conceição do Mato Dentro e Alvorada de Minas (MG), empreendimento que engloba um dos maiores minerodutos do mundo, com 529 km de extensão, passando por 33 municípios entre Minas Gerais e Rio de Janeiro, até a filtragem e a exportação no Porto do Açu (RJ). [...] Juntos, os dois empreendimentos geram cerca de 12 mil empregos, entre próprios e terceiros, e prevê para o período entre 2024 e 2028 investimentos no país de, aproximadamente, R\$ 13 bilhões (IBRAM, 2024, p. 92).

* Cuba não foi analisado devido à ausência de divulgação das estatísticas oficiais pelo país desde 2020 (IPS/Cuba, 2024).

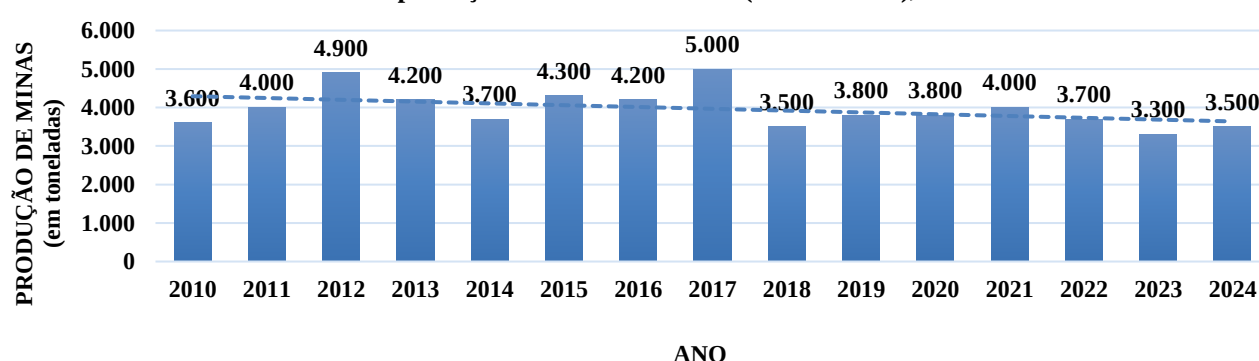
3.4. O cobalto

O cobalto é um metal usado em diversas aplicações comerciais, industriais e militares, muitas das quais são estratégicas e críticas. Em uma base global, o uso principal do cobalto é em eletrodos de baterias recarregáveis. Superligas, que são usadas para fazer peças para motores de turbina a gás, são outro uso importante para o cobalto. O metal também é usado para fazer *airbags* em automóveis; catalisadores para as indústrias de petróleo e química; carbonetos cimentados (também chamados de metais duros) e ferramentas de diamante; ligas resistentes à corrosão e ao desgaste; agentes de secagem para tintas, vernizes e tintas; corantes e pigmentos; revestimentos de base para esmaltes de porcelana; aços rápidos; mídia de gravação magnética; ímãs; e pneus radiais com cinta de aço (USGS, 2025).

Cuba foi o sétimo maior produtor de cobalto do mundo em 2024, com cerca de 3.500 toneladas, atrás da República Democrática do Congo (220.000 toneladas), Indonésia (28.000 toneladas), Rússia (8.700 toneladas), Canadá (4.500 toneladas), Filipinas (3.800 toneladas) e Austrália (3.600 toneladas), segundo o Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, 2025). A produção mundial foi de 290.000 toneladas. Estima-se que o país possua cerca de 500.000 toneladas (constantes) em reservas do metal, entre 2010 e 2024 (USGS, 2025). O níquel e o cobalto representam as maiores riquezas minerais do país.

O gráfico a seguir apresenta a produção de minas de cobalto em Cuba, entre 2010 e 2024:

Gráfico 4 - Cuba: produção de minas de cobalto (em toneladas), entre 2010 e 2024



Fonte: Elaboração própria, com base em USGS (2025) - números revisados anualmente.

3.5. As terras raras

De acordo com a CEPAL (2024b),

A América Latina e o Caribe possuem grandes reservas desses recursos minerais, aproximadamente 50% das reservas mundiais de lítio, 37% de cobre, 34% de prata, 24% de grafite natural, **17% de elementos de terras raras** e 16% de níquel. A região está, portanto, numa posição estratégica para contribuir significativamente para esta mudança global (CEPAL, 2024b, p. 1).

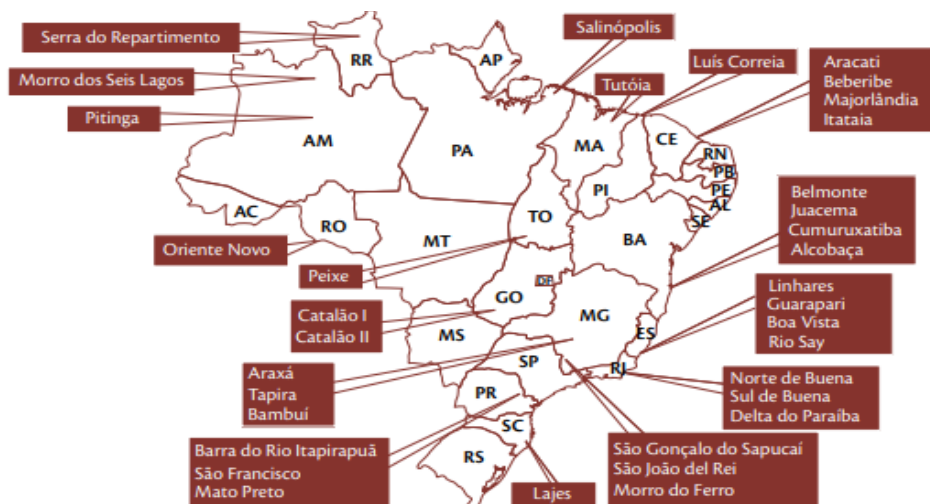
O dado acima, referente aos chamados *elementos de terras raras*, é atribuído a um único país latino-americano: o Brasil. Esta constatação se dá pelo fato de o país ser o único (até o momento) a apresentar significativas quantidades de reservas de terras raras com concentrações “viavelmente econômicas” para mineração desses elementos, detentores de características singulares.

Os Elementos de Terras Raras (ETR) - doravante, Terras Raras (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 (Lapido-Loureiro, 1994; IUPAC, 2017). Em outros termos, as TR podem ser entendidas como

[...] um conjunto de 17 elementos químicos utilizados em muitos processos industriais, especialmente em baterias e equipamentos eletrônicos. Estão presentes em produtos que incorporam tecnologias sofisticadas e nas chamadas *high tech*, como automóveis, em especial carros híbridos e elétricos, motores de aviões, navios, telas LCD e LED, smartphones, computadores, tablets, fibras óticas, turbinas eólicas e placas fotovoltaicas, equipamentos para refinarias de petróleo, iluminação de displays, ímãs de alto rendimento e resistentes a altas temperaturas, íons de TR como agentes de contrastes para diagnósticos não invasivos em tecidos por imagem de ressonância magnética nuclear, marcadores luminescentes na investigação de enzimas, anticorpos, células e hormônios, entre outros produtos e aplicações industriais e biológicas; além do seu uso militar em mísseis e bombas de precisão, sendo, portanto, considerados estratégicos para a defesa e a tecnologia (Melo, 2017; Martins e Isolani, 2005).

A figura a seguir apresenta as ocorrências de TR no Brasil. Observa-se que, desde 2010, o Brasil vem descobrindo diversos locais que apresentam esses elementos:

Figura 2 - Descobertas de ocorrências de TR no Brasil (a partir de 2010)

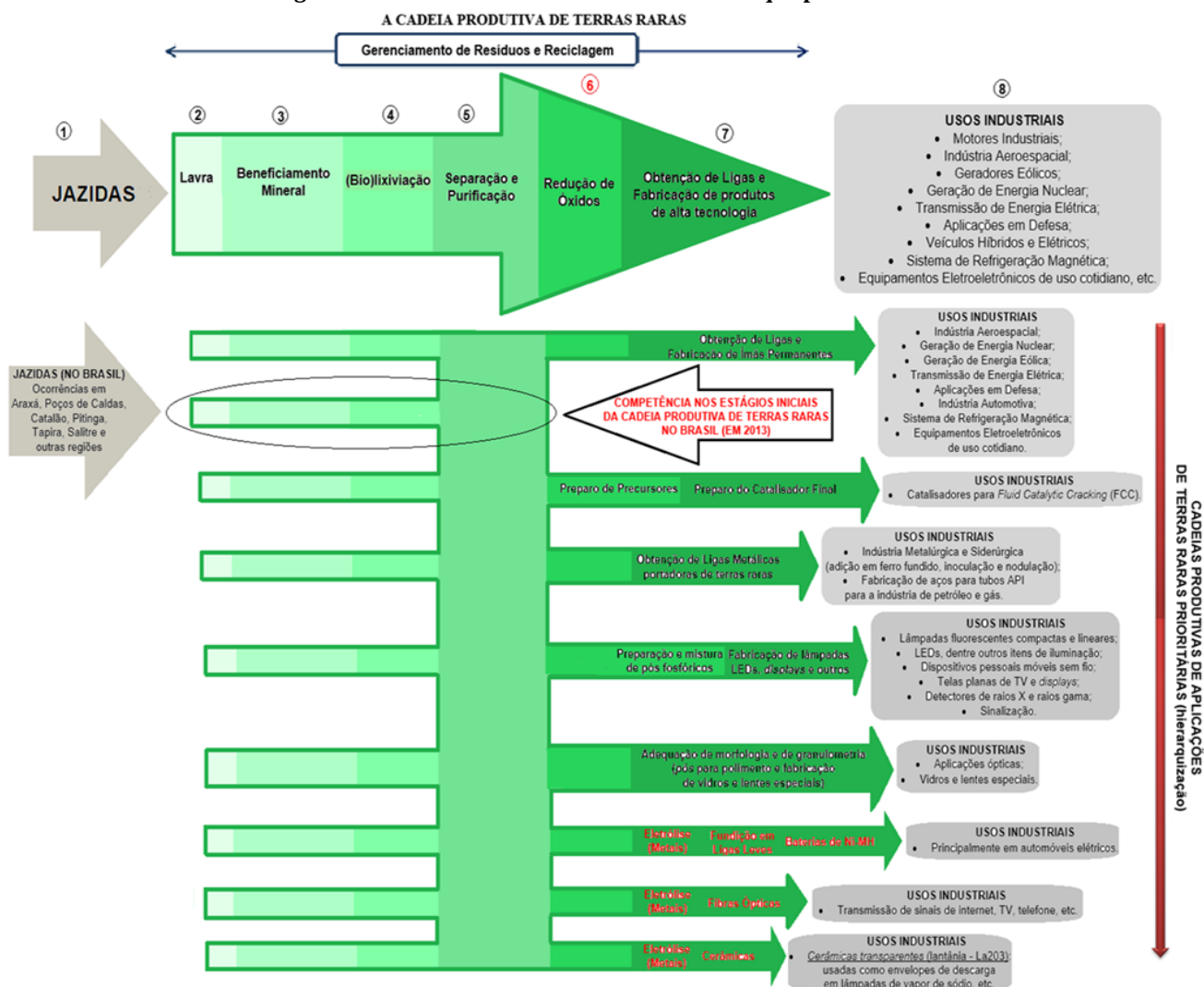


Fonte: CGEE (2013, p. 74).

Desde 2010, outros locais que apresentam TR foram descobertos no Brasil. Em 2023, descobriu-se dois grandes depósitos de TR em *argilas iônicas*: no norte de Goiás e na região de Poços de Caldas, em Minas Gerais. Caracterizam-se por serem duas raras localizações no mundo com essas características geológicas fora da China (principal detentor e minerador de TR).

A figura a seguir descreve as etapas para o desenvolvimento pleno da cadeia (“verticalização”) em 8 estágios, bem como a outrora participação do Brasil nestes estágios:

Figura 3 - A Cadeia Produtiva de TR e o destaque para o Brasil



Fonte: Silva (2024, p. 8).

Como observado acima, para que ocorra a verticalização desta cadeia produtiva, necessita-se do domínio destes 8 estágios. A China, em cerca de 20 anos, desenvolveu toda a cadeia produtiva de TR (Salomão, 2023). Ainda na figura, observa-se uma “hierarquização”, isto é, um ordenamento das cadeias produtivas de TR prioritárias a serem desenvolvidas, a começar pela *cadeia produtiva de ímãs permanentes de TR*. Para o Brasil, seria esta a cadeia de TR com maior potencial de desenvolvimento pleno (verticalização). Desde 2013, o Brasil já domina os 5 primeiros estágios, mediante ao embrionário “desenvolvimento de projetos de exploração por empresas privadas, com aumento da produção, porém ainda com participação reduzida do país na produção mundial de TR” (CGEE, 2013, p. 14).

Para Landgraf (2017), o país dispõe de grandes reservas minerais desses elementos químicos (“início da cadeia” - “estágio 1”) e grandes usuários dos ímãs em geradores eólicos, equipamentos eletroeletrônicos e de informática (“fim da cadeia” - “estágio 8”): “Se a cadeia produtiva - da mineração ao ímã - se estabelecer no Brasil, estará aberta a porta para uma miríade de *startups* que poderão criar atuadores para tudo o que a Internet das Coisas poderá exigir” (Landgraf, 2017).

3.6. Desafios e oportunidades para a “verticalização” da cadeia produtiva de minerais críticos na América Latina e no Caribe

A CEPAL (2024a) destaca a heterogeneidade do nível de desenvolvimento mineiro latino-americano. A mineração no México, no Peru e no Estado Plurinacional da Bolívia é de origem pré-colonial e se consolidou ao longo do tempo como atividade fundamental para a inserção desses países na economia mundial. Em outros países, como o Equador e o Uruguai, só nos últimos anos foram feitos esforços para realizar grandes projetos de mineração, e em outros, como a Costa Rica, quase nenhum mineral é produzido e a economia não depende da exportação de produtos minerais.

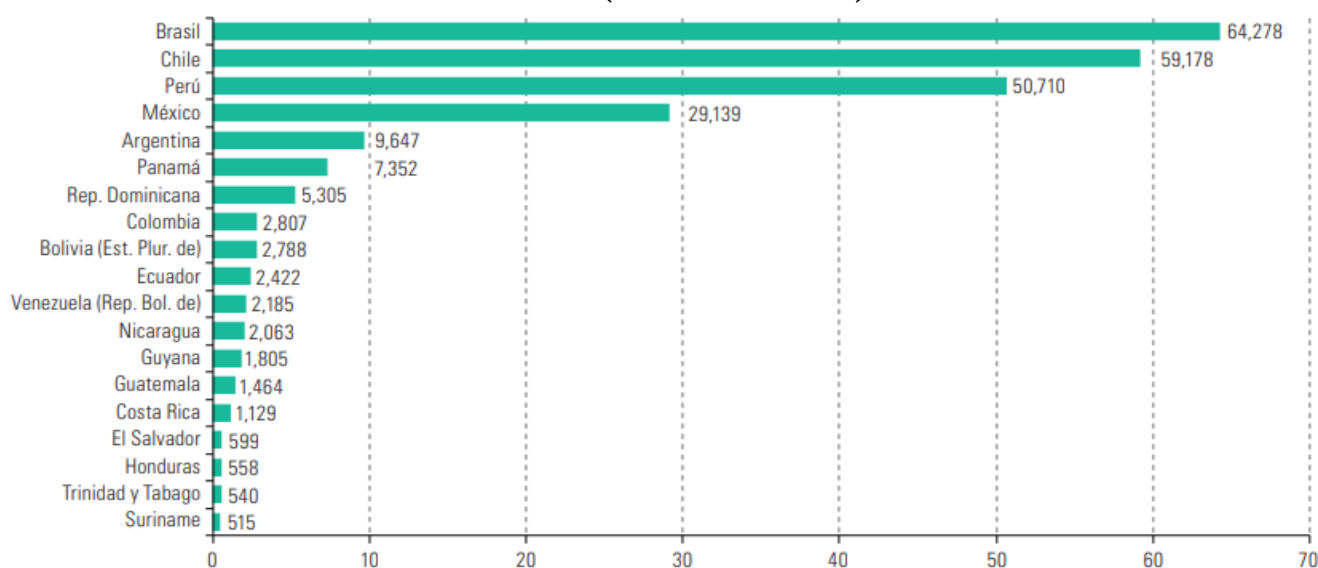
Entretanto, para otimizar os benefícios das atividades mineiras, necessita-se ter um quadro institucional sólido que atribua papéis e responsabilidades claros aos diferentes atores públicos e privados. Isto implica que existam quadros regulamentares ambientais, sociais e econômicos eficazes e eficientes que minimizem o impacto negativo a nível territorial, bem como mecanismos de monitorização do cumprimento das normas ambientais, sociais, laborais, econômicas e fiscais.

Além disso, a CEPAL pontua como principal desafio para os países latino-americanos neste setor a *verticalização da cadeia produtiva* destes minerais, dividida nas seguintes etapas: *extração, processamento, refino, transporte, comercialização e demanda*:

Os países mineiros da região concentram-se nas fases a montante da cadeia de valor global (especialmente nas atividades de extração), por isso é essencial pensar estrategicamente sobre as oportunidades e desafios trazidos pelas mudanças globais em termos de cadeias produtivas e adição de valor, especialmente quando se trata de minerais que são fundamentais para a transição energética e a eletromobidade (CEPAL, 2024a, p. 255).

Isto pode ser observado nos gráficos a seguir. Há um aumento significativo em IDE e da participação na produção mundial pelos países da América Latina neste seguimento que, no entanto, não acompanham em avanços para a agregação de valor ao longo da cadeia. A China tem dominado todas as etapas nos últimos vinte anos:

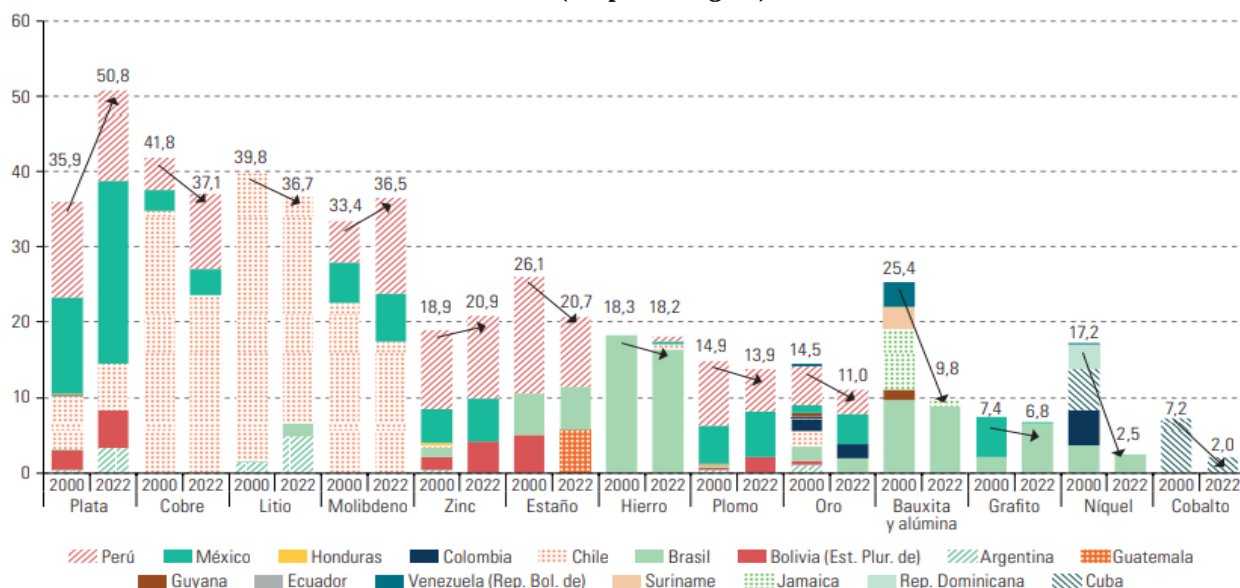
Gráfico 5 - América Latina e Caribe (19 países): anúncios de IDE na mineração de metais, por país de destino, 2003-2022 (em bilhões de dólares)



Fonte: CEPAL (2024a, p. 261).

Em 2022, a região contribuiu com 51% da produção mundial de prata, 37% de cobre, molibdênio e lítio, 21% de estanho e zinco e 18% de minério de ferro. Chile, Peru, México, Brasil e o Estado Plurinacional da Bolívia estão entre os principais produtores de diversos minerais e metais. Porém, com exceção da prata e, em menor medida, do molibdênio e do zinco, o peso relativo da produção regional diminuiu entre 2000 e 2021 face ao aumento da produção na China.

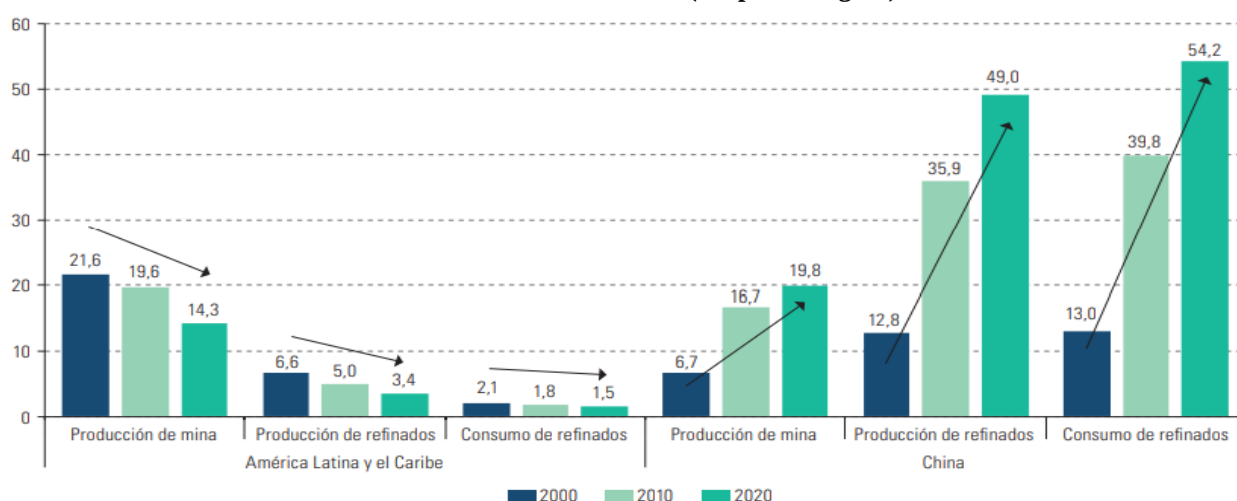
Gráfico 6 - América Latina e Caribe (16 países): participação na produção mundial de minerais selecionados, 2000 e 2022 (em porcentagens)



Fonte: CEPAL (2024a, p. 262).

Em 2021, Chile, Peru e México forneceram quase 40% do cobre extraído demandado mundialmente, situação que posicionou estrategicamente esses países no mercado mundial desse mineral. Porém, enquanto a produção aumentou na região, gerando maiores pressões ambientais e sem progresso na agregação de valor, na China houve um salto qualitativo e quantitativo na produção e consumo de cobre refinado, alumínio, níquel, chumbo, estanho e zinco. Nas últimas décadas, a China avançou na cadeia de valor metalúrgica e passou a representar quase 50% da produção e mais de 50% do consumo de produtos refinados de diversos minerais em todo o mundo.

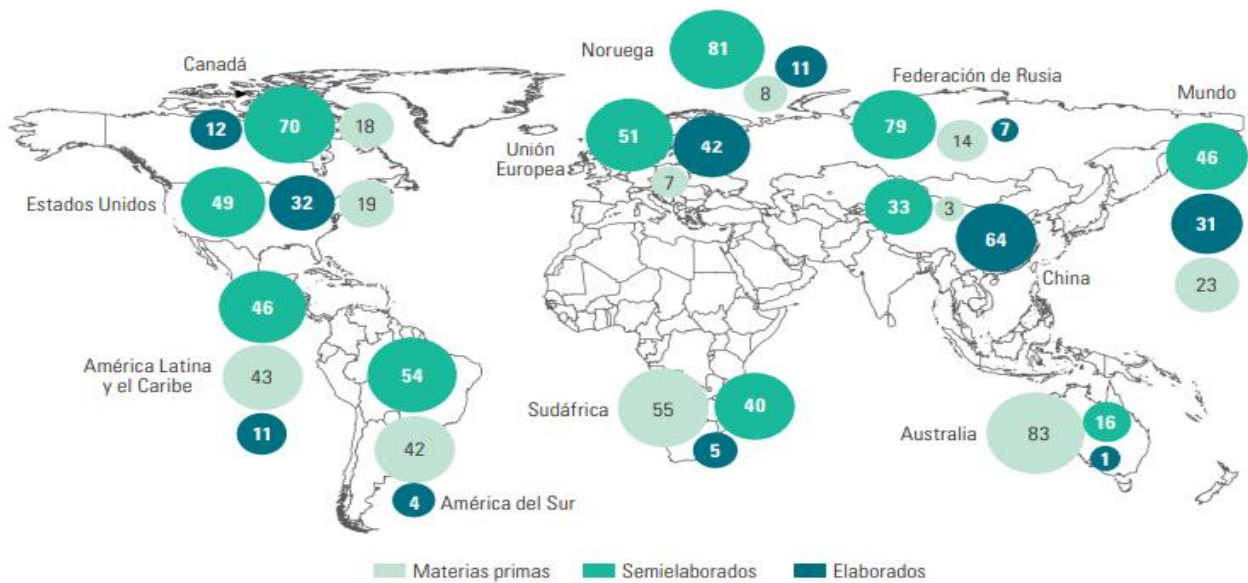
Gráfico 7 - América Latina e Caribe (7 países) e China: produção mineira e produção e consumo de produtos refinados, 2000, 2010 e 2020 (em porcentagens)



Fonte: CEPAL (2024a, p. 263).

Como já destacado, **a região exporta minerais com pouco valor agregado**. As matérias-primas representam 43% das exportações minerais e metálicas da região, um valor muito superior à média mundial da participação das matérias-primas nas exportações do setor, que é de aproximadamente 23%. A China lidera a produção e o consumo mundial de produtos refinados.

Figura 4 - Exportação média mundial de minerais e metais, por grau de processamento e por região, 2017-2021 (em porcentagens)

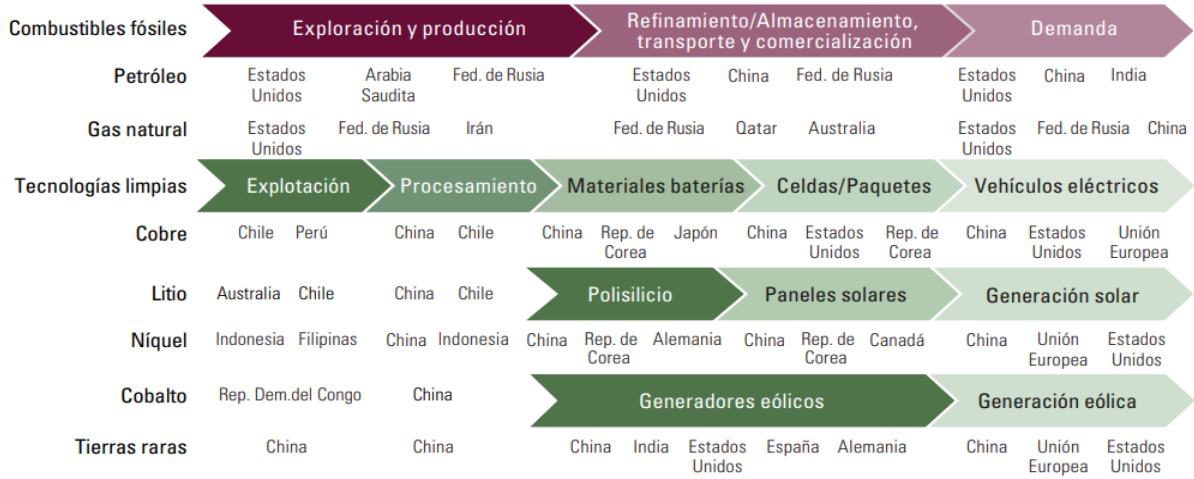


Nota: Esses cálculos baseiam-se em: CEPAL, *Perspectivas do Comércio Internacional para a América Latina e o Caribe*, 2018 (LC/PUB.2018/20-P), Santiago, 2018, sendo feita uma correlação de produtos selecionados pela instituição.

Fonte: CEPAL (2024a, p. 264).

Se levássemos em consideração a “*Geografia dos Recursos Minerais*”, observamos que a localização das reservas e da produção de muitos minerais críticos para a transição energética é geograficamente mais concentrada do que a dos combustíveis fósseis (figura a seguir). Por exemplo, no caso do lítio, essencial para a produção de baterias de íons de lítio, os três principais países produtores controlam mais de três quartos da produção mundial. No caso de outros minerais, como o cobalto, um único país produz cerca de metade dele em todo o mundo.

Figura 5 - Participação dos países nas atividades da cadeia de valor dos recursos naturais selecionados



Fonte: CEPAL (2023, p. 7).

O gráfico acima demonstra que, quando participam, os países latino-americanos aparecem apenas nas duas primeiras etapas (“**extração**” e “**processamento**”). A etapa posterior (“**refino**”) - última da fase *upstream* (de “**fabricação**” - a fase mais importante) da cadeia produtiva destes minerais - não se registra a presença de nenhum país latino-americano. Aqui, os países asiáticos, bem como os Estados Unidos e a União Europeia marcam presença. A fase *downstream* (de “**distribuição**”) da cadeia produtiva destes minerais - composta pelas etapas de “**transporte**”, “**comercialização**” e “**demanda**” é novamente dominada pelos países da Ásia, Estados Unidos e União Europeia, novamente não aparecendo nenhum país latino-americano. Um último destaque: **o Brasil**. Dada a recente atenção às significativas reservas de **terras raras**, o país pode vir a ser um importante *player global* (talvez o único na América Latina) em todas as etapas das fases *upstream* e *downstream* da cadeia produtiva destes minerais, cadeia esta que é notadamente (e até então) dominada pela China - como observado acima.

Por fim, é necessário salientar os impactos negativos ainda persistentes na atividade mineira:

O crescimento da atividade mineira - e a pressão resultante sobre a terra, a água, as florestas e as populações que delas dependem - deu origem a um maior conflito social. *Isto também tem sido alimentado, em muitos casos, pela escassa presença do Estado e dos seus serviços básicos*, pela ausência ou má implementação de consultas e outras formas de participação indígena e cidadã, por problemas na distribuição e utilização das rendas mineiras por autoridades nacionais e locais, pelo encerramento e pós-encerramento inadequados das minas, e pelos salários insuficientes e condições de trabalho precárias (CEPAL, 2024a, p. 270).

Estes impactos precisam ser eliminados e/ou minimizados, para que, no longo prazo, os países da América Latina (e do Caribe) não se encontrem “reféns” do que a literatura denomina de *pollution haven hypothesis* ou “refúgio de poluição”. De acordo com essa discussão, o aumento dos investimentos estrangeiros nos países receptores aumenta a sua produção, e isso pode estar relacionado (em maior parte) a um maior uso de fontes não-renováveis de energia, como as energias fósseis, e a uma maior degradação dos recursos naturais, uma vez que um aumento da produção e do consumo dependem de mais energia e mais matérias-primas (Mahmood, 2023). Ademais, acredita-se que um dos principais motivos que levam empresas estrangeiras a se instalarem em outros países é a procura por locais onde a legislação é ambientalmente e socialmente menos rigorosa, para que seja possível reduzir custos das empresas. Isso pode trazer como resultados um aumento da poluição no país anfitrião, que atrai empresas mais poluidoras e menos sustentáveis por conta de sua legislação mais flexível, o que é mais comum em países em desenvolvimento (Acharyya, 2009), como é o caso dos países latino-americanos.

Daí a necessidade da participação do Estado na atividade mineira nesses países, com vistas a garantir um ciclo virtuoso e sustentável em todas as etapas desta atividade. Isto configura, acima de tudo, uma questão de **Soberania Nacional** sobre estes recursos naturais:

Para concretizar esta “nova mineração” é fundamental avançar para uma governança que tenha as seguintes características: que seja multinível, ou seja, que inclua atores locais, intermediários, nacionais e internacionais envolvidos na tomada de decisões; que seja transparente e coloque à disposição dos cidadãos as informações utilizadas para a tomada de decisões, bem como o seu conteúdo e os mecanismos utilizados para alcançá-las; que seja democrático, no sentido de que não exclua ninguém e que, pelo contrário, favoreça a participação de setores tradicionalmente marginalizados, como as mulheres, os povos indígenas e outras comunidades rurais e de base étnica; que seja eficaz, para não prejudicar a tomada de decisões; que tenha uma abordagem territorial que leve em conta as populações e os recursos naturais renováveis dos territórios onde a mineração é realizada, e que conte com a participação dos demais setores do *Estado* responsáveis por esses territórios (CEPAL, 2024a, p. 274).

4. Considerações Finais

O objetivo deste trabalho foi o de discutir a “Economia Política” dos Minerais Críticos, fomentando algumas considerações sobre o assunto para a América Latina e Caribe. A significativa relevância destes recursos naturais para os atuais propósitos geopolíticos, ambientais (Transição Energética) e econômicos justificaram a construção deste ensaio.

Iniciamos contextualizando o tema pela perspectiva da utilização de “novos” recursos naturais para viabilizar uma “Transição Energética de Baixo Carbono” (TEBC). Destacou-se que os países da América Latina e do Caribe são importantes detentores de minerais críticos, minerais essenciais para uma TEBC, mas que os mesmos possuem desafios e oportunidades para que estes recursos naturais contribuam positivamente para os seus desenvolvimentos econômico, sustentável e equitativo.

A segunda seção revisitou a literatura sobre “diversificação” e “especialização” produtiva dos países. Recuperamos desde a concepção (neo)clássica da Teoria das Vantagens Comparativas até as concepções estruturalista latino-americana, institucionalista e (neo)schumpeteriana acerca do tema. Um destaque se dá ao trabalho de Sinott *et al.* (2010), que admitem a possibilidade de uma diversificação produtiva a partir da produção de *commodities*, mesmo não levando em consideração todas as limitações desta possibilidade, o que pode ser um caminho a ser trilhado em reação à cadeia produtiva de minerais críticos. Nesta direção, os autores se alinham às ideias de Carlota Pérez (2012): de que é possível “diversificar” e a mesmo tempo se “especializar” em recursos naturais.

A terceira seção analisou, panoramicamente, alguns dos “novos” recursos naturais: *os minerais críticos*. Pontuou-se a participação da América Latina e Caribe, com os destaques por país(es), detentor(es) destes minerais. Foram analisados os casos do lítio (Argentina, Bolívia, Chile, México), do cobre (Chile), do níquel (Brasil), do cobalto (Cuba) e das terras raras (Brasil). Destacou-se as particularidades de cada mineral, as políticas relacionadas aos mesmos em cada país, bem como os desafios e oportunidades para a “verticalização” da cadeia produtiva destes minerais na América Latina e no Caribe. Evidenciou-se que os países destas regiões podem atuar como importantes *players* globais na produção e oferta destes minerais, se dominarem todas as etapas da produção (domesticamente), comercialização e transporte.

Vislumbra-se como futuras “extensões” deste trabalho, realizar: a) um estudo sobre (outros) minerais críticos em (outros) países latino-americanos e caribenhos não abordados neste trabalho; b) avanços na literatura empírica sobre “financeirização dos preços das *commodities* e derivativos”, oriunda da sua volatilidade e forte comportamento pró-cíclico (Carneiro, 2012); c) uma análise detalhada da literatura sobre “extração sustentável” e “reciclagem” para este setor: destaca-se este último ponto como uma alternativa parcial à lógica de “financeirização” de *commodities* de origem mineral apontada por Carneiro (2012) - “item b”. Diferentemente das *commodities* minerais tradicionais (de origem fóssil e/ou não-renovável), o setor de minerais críticos já possui técnicas avançadas de extração sustentável (ex.: biomineração) e de reciclagem (ex.: hidrometalurgia); d) desenvolvimentos nas discussões sobre: d_1) mineração em unidades de conservação (mineração ilegal) e em reservas indígenas, d_2) equidade de gênero neste setor e d_3) participação do governo (esferas: municipal, estadual e federal), setor privado, universidades e instituições de P&D para avanços em ciência e tecnologia neste segmento/setor.

Em linhas gerais, o que a literatura aponta como uma “alternativa” para os países da América Latina e do Caribe de fugirem do papel de serem “refúgios de poluição” ou de participarem de uma nova rodada de “comoditização” de suas economias neste setor é a “verticalização”, ou seja, o desenvolvimento das etapas *upstream* (extração, processamento e refino) e *dowstream* (transporte, comercialização e demanda) da cadeia produtiva destes minerais a nível doméstico e sob a gerência do Estado. Isto possibilitará a agregação de valor ao longo de toda a cadeia, a garantia de Soberania Nacional sobre estes recursos e a sua extração de maneira legal, sustentável e com equidade.

Por fim, o atual cenário global de perspectivas para um desenvolvimento (econômico, sustentável e equânime) no contexto da “Economia Política dos Minerais Críticos” se coloca acima do clássico debate “diversificar” ou “se especializar”. Em outras palavras, significa dizer que hoje não importa em qual etapa de qualquer cadeia produtiva um país esteja, mas sim a sua capacidade de agregar valor na etapa e/ou no setor em que ele se encontra inserido. Como exemplo: a China. O gigante asiático mostra-nos que hoje é possível diversificar e se especializar (mesmo pressupostas e ponderadas as especificidades dos países latino-americanos e caribenhos): esta “combinação” já não é mais uma utopia, muito menos um “jogo de soma zero”.

5. Referências Bibliográficas

- ACHARYYA, J. FDI, Growth and the Environment: Evidence from India on CO2 emission during the last two decades. **Journal of Economic Development**, 34(1), 43, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.35866/CAUJED.2009.34.1.003>. Acesso em: 21 jan. 2025.
- ARAÚJO, K. The emerging field of energy transitions: Progress, challenges, and opportunities. **Energy Research & Social Science**, v. 1, p. 112–121, 1 mar. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2014.03.002>. Acesso em: 03 dez. 2024.
- BARANDIARÁN, J. Lithium and development imaginaries in Chile, Argentina and Bolivia. **World Development**, vol. 113, Amsterdam, Elsevier. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.09.019>. Acesso em: 17 jan. 2025.
- CARNEIRO, R. de M. **Commodities, choques externos e crescimento: reflexões sobre a América Latina**. Serie Macroeconomía del Desarrollo. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Jan. 2012. Disponível em: <https://hdl.handle.net/11362/5349>. Acesso em: 18 dez. 2024.
- CASTRO, F. F. de.; PEITER, C. C.; GÓES, G. S. **Minerais Estratégicos e Críticos: uma visão internacional e da política mineral brasileira**. p. 5. 42 p. Brasília, mai. 2022. Disponível em: DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/td2768>. Acesso em: 03 dez. 2024.
- CEPAL. **Extracción e industrialización del litio: oportunidades y desafíos para América Latina y el Caribe**. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Jul. 2023. Disponível em: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/48964-extraccion-industrializacion-litio-oportunidades-desafios-america-latina-caribe>. Acesso em: 03 dez. 2024.
- _____. (2024a). **Panorama de los recursos naturales en América Latina y el Caribe**. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2023 (LC/PUB.2024/4), Santiago, 2024. Disponível em: <https://hdl.handle.net/11362/69138>. Acesso em: 06 jan. 2025.
- _____. (2024b). **Diálogo Regional: América Latina y el Caribe en las cadenas de valor relacionadas con el litio y otros minerales para la transición energética**. 19 ago. 2024. Santiago, Chile. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2024. Disponível em: https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/cadenas_de_valor_litio_y_minerales_transicion_energetica_cepal_19_agosto-2024_0.pdf. Acesso em: 20 jan. 2024.
- _____. **Perspectivas do Comércio Internacional para a América Latina e o Caribe**. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2018 (LC/PUB.2018/20-P). Santiago, 2018. Disponível em: <https://hdl.handle.net/11362/44196>. Acesso em: 10 jan. 2025.

- 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. pp. 14-74. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10182/734063/Terras_Raras_Web_9532.pdf. Acesso em: 20 jan. 2025.
- DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. **Research Policy**, v. 11, n. 3, p. 147–162, 1 jun. 1982. Disponível em: [http://strategy.sjsu.edu/www.stable/pdf/Dosi,%20G.,%201982,%20Research%20Policy%2011\(3\)%20147-162.pdf](http://strategy.sjsu.edu/www.stable/pdf/Dosi,%20G.,%201982,%20Research%20Policy%2011(3)%20147-162.pdf). Acesso em: 03 dez. 2024.
- GEELS, F. W. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. **Research Policy**, NELSON + WINTER + 20. v. 31, n. 8, p. 1257–1274, 1 dez. 2002. Disponível em: <https://ris.utwente.nl/ws/files/6761018/Geels02technological.pdf>. Acesso em: 03 dez. 2024.
- HANSEN, J.-P.; PERCEBOIS, J. **Énergie: Economie et politiques**. Première Édition ed. Bruxelles: De Boeck. 2015.
- HAUSMANN, R., HWANG, J.; RODRIK, D. What you export matters. **Journal of Economic Growth**. December de 2007. Disponível em: <https://econpapers.repec.org/scripts/redir.pf?u=https%3A%2F%2Fdoi.org%2F10.1007%252Fs10887-006-9009-4;h=repec:kap:jecgro:v:12:y:2007:i:1:p:1-25>. Acesso em: 14 dez. 2024.
- HECKSCHER, E. F. The Effect of Foreign Trade on the Distribution of National Income. 1919. In: H. Flam e J. Flanders (ed.). **Heckscher-Ohlin Trade Theory**. Cambridge (Ma): The MIT Press, 1991.
- IBRAM. **Panorama Mineração do Brasil 2024**. Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), 2024. Disponível em: <https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2024/09/PMB2024.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2025.
- _____. **“Cobre, lítio e níquel: transição energética eleva demanda do setor mineral”**. Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), 2021. Disponível em: <https://ibram.org.br/noticia/cobre-litio-e-niquel-transicao-energetica-eleva-demanda-do-setor-mineral/>. Acesso em: 21 mar. 2025.
- IEA. **The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions**. International Energy Agency (IEA), 2021. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>. Acesso em: 03 dez. 2024.
- IPCC. **Climate Change 2014: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp. 2014. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf. Acesso em: 03 dez. 2024.
- _____. **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability**, Genebra. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>. Acesso em: 03 dez. 2024.
- IPS/CUBA. “Cuba busca reanimar industria del níquel”. Matéria divulgada em: 8 mai. 2024. **Inter Press Service en Cuba (IPS/Cuba)**. 2024. Disponível em: <https://www.ipscuba.net/espacios/cuba-busca-reanimar-industria-del-niquel/>. Acesso em: 21 jan. 2024.
- IRENA. **Global Renewables Outlook: Energy Transformation 2050**. Abu Dhabi. Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA). 2020. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Apr/IRENA_Global_Renewables_Outlook_2020.pdf. Acesso em: 06 jan. 2025.
- IQ/USP. **Química Inorgânica: Metais, Minérios, Processos de Extração e Aluminotermia**. Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQ/USP). 2023. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7728821/mod_resource/content/1/Aula%209%20-%20Metais%20-%20Aluminotermia.pdf. Acesso em: 21 jan. 2024.
- 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/>. Acesso em: 07 jan. 2025.
- LANDGRAF, F. Palestra: “Super ímãs de terras-raras e a Quarta Revolução Industrial”, ministrada no Evento Campus Party, 2017. **IPT na Mídia**. Disponível em: https://www.ipt.br/ipt_na_midia/551-terras_raras_e_futuro_da_industria_.htm. Acesso em: 15 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>. Acesso em: 07 jan. 2025.
- MAHMOOD, H. Trade, FDI, and CO2 emissions nexus in Latin America: the spatial analysis in testing the pollution haven and the EKC hypotheses. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 30, n. 6, p. 14439-14454, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23154-x>. Acesso em: 21 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. Acesso em: 15 jan. 2025.

- MELO, F. R. A geopolítica das terras raras. **Revista Carta Internacional**, 12(2), pp. 219-243. 2017. DOI: <https://doi.org/10.21530/ci.v12n2.2017.634>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- NASSIF, A. O modelo centro-periferia e a economia política da Cepal: ontem e hoje. In: **Anais do 49º Encontro Nacional de Economia da Associação dos Centros de Pós-Graduação em Economia (Anpec)**, 2021. Disponível em: https://www.anpec.org.br/encontro/2021/submissao/files_I/i2-8131f48c2e25cf8adf6a27037f6cd3cb.pdf. Acesso em: 10 dez. 2024.
- NELSON, R. R.; WINTER, S. G. **An Evolutionary Theory of Economic Change**. Belknap Press: An Imprint of Harvard University Press, 1982. Disponível em: <https://www.hup.harvard.edu/books/9780674272286>. Acesso em: 03 dez. 2024.
- OHLIN, B. A Theory of Trade. Ph.D. Dissertation. Stockholm School of Economics. 1924. In: Flam, H. e J. Flanders (ed.). **Heckscher-Ohlin Trade Theory**. Cambridge (Mas.): The MIT Press, 1991.
- _____. **Interregional and International Trade**. 1933. Cambridge (Ma.): Harvard University Press, 1968.
- PÉREZ, C. Una Visión para América Latina: Dinamismo tecnológico e inclusión social mediante una estrategia basada en los recursos naturales. **Revista Econômica**. Niterói (RJ), v.14, n.2, p. 11-54, dez. 2012. Disponível em: <https://carlotaperez.org/wp-content/downloads/publicaciones/desarrollo-sostenible/Ancla%20Perez.pdf>. Acesso em: 03 dez. 2024.
- PINTO JR, H. Q. et al. **Economia da Energia**. 2ed. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Academic, 2016.
- PREBISCH, R. **El Desarrollo Económico de la América Latina y algunos de sus Principales Problemas**. 1949. Santiago de Chile: Naciones Unidas/Cepal. Disponível em: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40010-desarrollo-economico-la-america-latina-algunos-sus-principales-problemas>. Acesso em: 11 dez. 2024.
- RICARDO, D. **The Theory of Comparative Advantage**. 1817. In: Ricardo, D., Vol. 1 Ed. By Pierro Sraffa with Collaboration of M.H. Dobb, Principles of Political Economy and Taxation, Cambridge University Press, Cambridge, London. 1999.
- SALOMÃO, E. P. **Novas perspectivas para o Brasil no Mercado de Terras Raras**. MINE-RAÇÃO TERRAS RARAS S/A. Sexto Seminário Brasileiro de Terras-Raras (VI SBTR/CETEM, 2023). Disponível em: <https://www.gov.br/cetem/pt-br/assuntos/VI-Seminario-Brasileiro-de-TerrasRaras/NOVASPERSPECTIVASPARAOBRASILNOMERCADODETERRASRARASFINAL.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2025.
- SAMUELSON, P. A. International Trade and the Equalization of Factor Prices. **The Economic Journal**, 58, pp. 168-184. 1948. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2225933>. Acesso em: 12 dez. 2024.
- _____. International Factor Price Equalization once Again”. **The Economic Journal** 59, pp. 181-197. 1949. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/2226683>. Acesso em: 12 dez. 2024.
- SILVA, R. de A. da. A Cadeia Produtiva de Terras Raras (TR): desafios e oportunidades para o Brasil. In: **Anais do VIII Encontro Nacional de Economia Industrial e da Inovação (ENEI)**. Anais...Goiânia (GO) UFG, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.29327/viii-enei.923545>. Acesso em: 13 jan. 2025.
- SINGER, H. W. The distribution of gains between investing and borrowing countries. **American Economic Review**, Vol. 40, No. 2, Papers and Proceedings of the Sixty-second Annual Meeting of the American Economic Association, May: 473- 485. 1950. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/1818065>. Acesso em: 11 dez. 2024.
- SINOTT, E.; NASH, J.; DE LA TORRE, A. Natural Resources in Latin American and the Caribbean: Beyond Booms and Busts? Washington: **The World Bank**. 2010. Disponível em: <https://documents1.worldbank.org/curated/es/464161468012034300/pdf/555500PUB0Natu1EPI1991501801PUBLIC1.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- SMIL, V. **Energy Transitions: History, Requirements, Prospects**. ABC-CLIO, 2010. Disponível em: <https://www.environmentandsociety.org/printpdf/7397>. Acesso em: 03 dez. 2024.
- SOVACOL, B. K. How long will it take? Conceptualizing the temporal dynamics of energy transitions. **Energy Research & Social Science, Energy Transitions in Europe: Emerging Challenges, Innovative Approaches, and Possible Solutions**. v. 13, p. 202–215, 1 mar. 2016. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=3445386>. Acesso em: 03 dez. 2024.
- UNEP. United Nations Environment Programme. **“O que são minerais de transição energética e como eles podem destravar a era da energia limpa?”**. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/o-que-sao-minerais-de-transicao-energetica-e-como-eles-podem>. Acesso em: 21 mar. 2025.
- USGS. **Mineral Commodity Summaries, 2025**. United States Geological Survey (USGS). Jan. 2025. Disponível em: <https://www.usgs.gov/>. Acesso em: 21 jan. 2025.