

## Transição Energética, minerais críticos e o Brasil<sup>1</sup>

Nivalde de Castro<sup>2</sup>

Vitor Santos<sup>3</sup>

Thereza Aquino<sup>4</sup>

A crise energética provocada pela Guerra da Ucrânia fez emergir um componente até então oculto do processo de transição energética: a segurança no suprimento de energia. Como resultante, esta problemática foi alçada ao topo da prioridade da agenda política europeia, com reflexos diretos na busca de alternativas para reduzir a dependência energética frente ao gás russo.

Esse novo status das políticas econômica e energética está presente em importantes decisões recentes da União Europeia. Como exemplos, podem ser mencionados o Plano *REPowerEU*, a decisão sobre a definição de reservas obrigatórias para o gás natural e o regulamento sobre a estabilização dos preços do gás. Essas ações políticas irão auxiliar na reconfiguração do desenho do mercado do setor elétrico europeu, que será definido ainda durante o 1º trimestre de 2023.

Neste sentido, a aposta na utilização do potencial de recursos endógenos renováveis tem dois objetivos estratégicos. O primeiro é reduzir a dependência energética da Europa, mesmo que a energia seja mais cara, refletindo a “síndrome do gás russo”. O segundo é intensificar os investimentos em novas cadeias produtivas de matiz verde. No entanto, a convergência destes dois objetivos poderá criar uma dependência em relação à oferta de minerais críticos, o foco analítico deste artigo.

A transição das energias fósseis para as energias limpas está alterando substancialmente as cadeias globais de fornecimento dos recursos naturais. O rápido desenvolvimento das tecnologias da transição energética é muito

---

<sup>1</sup> Artigo publicado no Broadcast Energia. Disponível em:

<https://energia.aebroadcast.com.br/tabs/news/747/44128863>. Acesso em: 03 de mar. 2023.

<sup>2</sup> Professor do Instituto de Economia da UFRJ e coordenador do GESEL – Grupo de Estudos do Setor Elétrico.

<sup>3</sup> Professor Catedrático do ISEG – Instituto de Economia e Gestão – da Universidade de Lisboa.

<sup>4</sup> Professora da Escola de Engenharia da UFRJ e pesquisadora Associada do GESEL.

dependente dos minerais críticos, como lítio, cobalto, manganês, grafite, níquel, terras raras, cobre, entre outras. Dois exemplos bem significativos são: (i) um veículo elétrico requer seis vezes mais recursos minerais do que um veículo à combustão interna; e (ii) um parque eólico exige treze vezes mais recursos minerais do que uma central térmica de ciclo combinado com a mesma capacidade. Além disso, deve-se citar um detalhe importante: a extração e o processamento industrial dos minerais críticos estão localizados em um número muito restrito de países, criando a possibilidade de formação de oligopólios e pressões sobre os preços.

Observa-se que o grau de concentração geográfica das cadeias de fornecimentos dos minerais críticos é mais elevado do que as do petróleo, do gás natural e do carvão. Essa circunstância contribui para que as cadeias de fornecimentos destes minerais sejam muito sensíveis às instabilidades geopolíticas e econômicas, com destaque para a nova ordem político-econômica bipolar, que está se configurando no atual contexto pós pandemia. Esta nova ordem econômica tende a se refletir nas exportações, na resiliência das cadeias de fornecimentos e, ainda, na tendência de aumento dos preços destes insumos.

A cadeia de valor dos minerais críticos, pode ser desagregada em três fases: extração, processamento e produção industrial dos metais. Na fase de extração, o grau de concentração geográfica é muito elevado. De acordo com o relatório *Energy Technology Perspectives 2023* da *International Energy Agency* (IEA), a extração dos minerais críticos está muito concentrada na China, nos casos de grafite (79%) e terras raras (60%), na República Democrática do Congo, quando se trata de cobalto (70%), e na Austrália, no caso do lítio (55%).

O processamento dos minerais, por sua vez, é uma atividade também altamente concentrada na China, que refina 90% das terras raras e de 60% a 70% do lítio e do cobalto. O país controla, ainda, mais de 75% da produção industrial mundial dos painéis solares e das baterias para veículos elétricos. Ademais, a China tem aumentado a sua participação no mercado mundial de eletrolisadores e dos equipamentos para geração eólica (IEA, 2023).

A liderança da China nas tecnologias relacionadas com a transição energética resulta, sobretudo, de uma estratégia persistente e abrangente que visa diferentes dimensões ao longo das cadeias de valor, englobando: (i) intensa atividade de pesquisa e exploração dos recursos de minerais críticos à escala global; (ii) a concretização de parcerias com os países com reservas de minerais críticos; (iii) o controle das atividades de processamento dos minerais; (iv) o desenvolvimento de programas de P&D, que se revelaram muito eficazes para a obtenção de patentes; e (v) subsídios consistentes às indústrias exportadoras.

Em 2015, o país asiático adotou um plano de desenvolvimento industrial, o *Made in China 2025*, que lhe permitiu assumir a posição de liderança, ao nível global, nas tecnologias de geração renovável (solar e eólica), na cadeia de valor da mobilidade elétrica (carregadores, veículos elétricos e baterias) e no 5G, com reflexos diretos no processo da digitalização das cadeias transversais de energia. Mais recentemente, o 14º Plano Quinquenal chinês (2022-2027) prevê um apoio ao investimento iniciais em indústrias verdes da ordem dos € 260 bilhões, visando consolidar e reforçar, ainda mais, a sua vantagem competitiva nas tecnologias da transição energética.

Outro elemento preocupante é que o nível elevado e a volatilidade dos preços dos minerais críticos, derivados e associados à excessiva concentração geográfica, são fatores que podem contribuir para reduzir a taxa de expansão da transição energética. Uma estratégia para mitigar este problema deve considerar a reciclagem dos materiais, inovações tecnológicas para ampliar a variedade de materiais utilizados nos diferentes segmentos da cadeia de valor da energia e políticas públicas em prol da diversificação das tecnologias empregadas.

Destaca-se que as inovações tecnológicas e a exploração das economias de escala conduziram a uma redução muito expressiva no custo de alguns equipamentos, como os painéis solares e as baterias de lítio, durante a última década. Por outro lado, as quebras nas cadeias de valor em consequência da Covid-19 e da Guerra da Ucrânia, conjugadamente com o aumento dos preços das matérias-primas e da maior procura em relação às tecnologias da transição, levaram a uma mudança na tendência decenal de redução do custo destas tecnologias, conforme demonstram os incrementos de custos ao nível dos diferentes segmentos da cadeia de valor, que cresceram de 15% a 25% nas eólicas *onshore* e de 10% a 20% na geração solar, em 2022.

A concretização da meta da neutralidade carbônica em 2050 irá exigir uma crescente utilização dos minerais críticos, o que, de acordo com estimativas da IEA, deve elevar os níveis de produção em seis vezes aos verificados atualmente. Esse ritmo de crescimento exige uma certa previsibilidade nas rotas tecnológicas e um planeamento adequado dos recursos necessários. A título ilustrativo, os projetos de exploração mineral possuem “*lead times*” superiores a 16 anos entre a pesquisa geológica e a extração. Por isso, sem uma sincronia dinâmica entre a exploração e a produção industrial, podem ocorrer situações críticas de escassez de recursos, com impactos diretos na volatilidade de preços e no aumento dos custos das tecnologias da transição, como verificado, por exemplo, entre 2020 e 2022.

Face a estas circunstâncias, os EUA e a União Europeia, assim como outros países, têm anunciado planos e programas com o objetivo de melhorar o posicionamento

estratégico à escala global no que concerne às tecnologias da transição energética. Nos EUA, o *Inflation Reduction Act*, por exemplo, estabelece a concessão de subsídios às empresas americanas que somam US\$ 391 bilhões, visando a aceleração do processo de transição energética e a redução dos preços da energia. Por outro lado, na União Europeia, o *Green Deal Industrial Plan* prevê um pacote financeiro de apoio às tecnologias limpas de, pelo menos, € 350 bilhões, correspondendo a cerca de 2% do PIB anual de todo o bloco europeu. Outros países, como Japão, Índia, Coreia do Sul, Canadá e Austrália, possuem planos tecnológicos com a mesma motivação e objetivos dos EUA e da União Europeia.

O novo plano de reindustrialização da União Europeia apresenta vários objetivos específicos, entre as quais dois se destacam pela sua importância estratégica: (i) o *Net-Zero Industry Act*, que visa o desenvolvimento de indústrias verdes, em particular a produção e utilização crescente do hidrogênio verde, de fontes renováveis, da mobilidade elétrica, de baterias e de tecnologias de captura e armazenamento do carbono; e (ii) o *Critical Raw Material Act*, com o foco na economia circular (reciclagem e reutilização) e na inovação tecnológica, buscando a diversificação dos materiais e das tecnologias utilizadas.

A partir deste enquadramento analítico global, o Brasil, considerando a sua matriz elétrica e suas características geológicas e econômicas, tem um grande potencial para impulsionar o seu setor mineral e assumir uma posição de destaque no cenário internacional. Na economia nacional, este setor compreende a geologia, a mineração e a transformação mineral, que representam cerca de 2,4% do PIB e são responsáveis por volta de 10,5% dos empregos do setor industrial. As reservas minerais brasileiras são abundantes, com participação expressiva nas reservas globais de nióbio (94,1%), grafite natural (21,9%), tântalo (28,6%), estanho (9,8%) e terras-raras (17,5%), de acordo com dados do Ministério de Minas e Energia (MME) (2022).

A partir dos dados do primeiro semestre de 2022 divulgados pelo Instituto Brasileiros de Mineração, os principais minerais produzidos e a sua participação no faturamento do setor são minério de ferro (60,3%), minério de ouro (10,3%), minério de cobre (7%), bauxita (2,3%), granito (2%), minério de níquel (1,6%), fosfato (1,1%), minério de nióbio (0,4%) e minério de manganês (0,1%). Percebe-se que o minério de ferro é o que detém maior participação na produção e exportação do setor mineral, sendo o Brasil o segundo maior produtor e exportador no comércio mundial deste produto.

Com relação especificamente aos principais minerais críticos, o Brasil possui uma diversidade geológica com reservas significativas de grafite, nióbio, terras raras, manganês, níquel e bauxita-alumínio. Apesar de as reservas brasileiras de lítio serem pequenas no que diz respeito à participação mundial, com 0,4%, em 2023

entrará em operação uma unidade de produção desta matéria-prima para baterias de veículos elétricos. Ademais, vários requerimentos de pesquisas minerais foram aprovados pela Agência Reguladora do Setor Mineral (ANM) e desenvolvidos pela iniciativa privada nos últimos anos, impulsionando as reservas de cobre, grafite, lítio, cobalto e outros materiais ligados à transição energética.

Nota-se que o Brasil apresenta vantagens competitivas no mercado de minerais críticos, devido ao seu elevado potencial de recursos naturais e à sua matriz elétrica renovável. Como o setor minero-metalúrgico é eletrointensivo, o Brasil tem plena condição de utilizar energia elétrica renovável para a produção destes bens intermediários e assim se posicionar positivamente frente à tendência mundial de valorização de produtos com certificação verde.

Neste sentido, a Consulta Pública nº 143/2022, instaurada pelo MME, sobre o Plano Nacional de Mineração 2050 (PNM 2050), que propõem uma agenda estratégica ao setor mineral para o período 2023-2050, merece destaque. Uma temática abordada no PNM 2050 refere-se aos minerais para a transição energética, com a discussão sobre o panorama global e o posicionamento do Brasil no cenário de mudanças para uma economia de baixo carbono. Além disso, estão identificados os desafios para o aproveitamento das oportunidades e as sugestões de propostas de ações.

Os desafios apresentados pelo PNM 2050 são relativos à exploração de produtos da mineração com maior complexidade tecnológica e valor econômico, além do aumento da produtividade e da competitividade da transformação mineral. Ademais, tendo em vista a sua aplicação em produtos e processos de alta tecnologia, os minerais definidos como estratégicos para o país, de acordo com os critérios do art. 2º do Decreto nº 10.657/2021, são cobalto, cobre, estanho, grafite, minérios do grupo da platina, lítio, nióbio, níquel, silício, tálio, tântalo, terras raras, titânio, tungstênio, urânio e vanádio.

Por fim, diversos estudos nacionais e internacionais apontam para o crescimento da demanda dos minerais críticos em decorrência da transição energética. O Brasil, apesar do seu potencial geológico, carece de melhorias nas taxas de sucesso da exploração mineral. Deste modo, investimentos em pesquisa e exploração precisam ser incrementados e alinhados às atividades ambiental e de sustentabilidade que envolvem novas tecnologias. Portanto, a consolidação das cadeias de valor dos minerais e metais para a transição energética é um desafio a ser perseguido para os próximos anos frente ao potencial brasileiro.

Assim, as oportunidades para o Brasil assumir uma posição de destaque nos cenários nacional e internacional de uma economia de baixa emissão de carbono

estão dadas, seja na área de energia elétrica, na qual o país já é uma liderança mundial, seja na área de minerais e metais necessários à transição energética. Os desafios relacionados recaem na forma como o Brasil enfrentará questões de sustentabilidade, regulação e investimento em pesquisa mineral, devendo também se atentar para a agregação de toda a cadeia valor dos minerais. Considerando que o setor mineral requer altos investimentos e longo prazo de amortização para materializar os projetos e recuperar o capital investido, as decisões no tocante às políticas públicas devem ser definidas urgentemente, com a finalidade de auxiliar a atratividade deste setor, destacando a relevância estratégica de um marco regulatório que possa dar segurança para os investimentos privados.