

FEVEREIRO 2025

Adriana Mandacaru Guerra

Tim Sahay

Renato H. de Gaspi

Bentley Allan

Nova política industrial para um novo mundo: aproveitando as oportunidades do Brasil na transição energética

O mundo está transicionando rapidamente para um novo sistema energético e o Brasil tem o potencial de se tornar uma grande potência na ordem geopolítica emergente. O país dispõe de minerais críticos, fontes de energia renovável, biocapacidade, e uma base industrial que lhe permitem tornar-se um dos maiores produtores e exportadores de energia, materiais e tecnologias. Possui todos os elementos necessários para liderar indústrias críticas para a economia sustentável global até 2050: minerais estratégicos para a transição, biocombustíveis, aço de baixo carbono, produção de aerogeradores e de aviões.

Para aproveitar essas oportunidades, o Brasil lançou uma nova política industrial, a Nova Indústria Brasil (NIB), uma iniciativa

promissora que demonstra uma clara compreensão dos contornos da ordem mundial emergente e do potencial papel do Brasil nesse contexto. Neste relatório, analisamos a posição do Brasil nos competitivos mercados globais de sete setores industriais verdes altamente promissores, bem como a base produtiva existente e as iniciativas de política industrial da NIB, juntamente com as respostas das empresas.

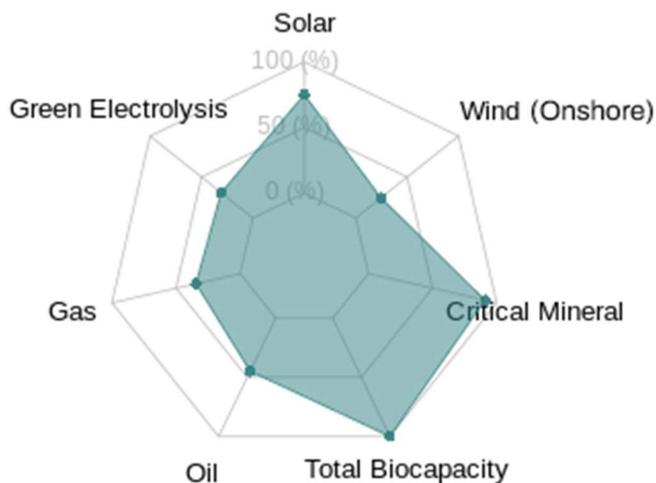
A nova estratégia enfrenta três fraquezas. Primeiramente, a política industrial funciona melhor quando direcionada a áreas tecnológicas e setores específicos, onde os problemas possam ser formulados de maneira precisa e dinâmica, permitindo que todas as partes da sociedade possam colaborar para encontrar soluções. A orientação geral da NIB é ampla demais para fornecer o foco necessário. Em segundo lugar, os fundos alocados pela NIB - equivalentes a aproximadamente R\$ 360 bilhões - provavelmente serão distribuídos de forma excessivamente dispersa entre as numerosas prioridades, não permitindo um salto de qualidade que leve o Brasil a ganhar uma posição de destaque em cadeias de produção altamente competitivas. Terceiro, não está claro quais serão os mecanismos de colaboração entre governo, empresas, sindicatos, sociedade civil e especialistas independentes. Outra lição importante da política industrial é que a experimentação dinâmica e a interação entre as diferentes partes da sociedade são indispensáveis, mas a NIB ainda não oferece um plano bem definido para criar polos de conhecimento e formular políticas setoriais específicas.

A posição do Brasil na nova geopolítica

A transição energética está criando vencedores e perdedores.¹ No novo cenário geopolítico, os países mais relevantes serão aqueles com grande potencial para energia solar e eólica, reservas de minerais críticos, recursos de biomassa, e capacidade de produção de hidrogênio. O tamanho do Brasil e a sua riqueza de recursos naturais conferem ao país o potencial de se tornar uma potência líder em recursos. Some-se a isso as suas capacidades em manufatura avançada e agricultura mecanizada, o Brasil pode ser uma potência de primeira ordem no novo sistema energético mundial, ao lado da China, dos Estados Unidos e da Rússia.² Além disso, o Brasil também possui reservas consideráveis de petróleo e gás, bem como expertise na área, o que pode contribuir para a transição sem que seja necessária uma expansão do setor.

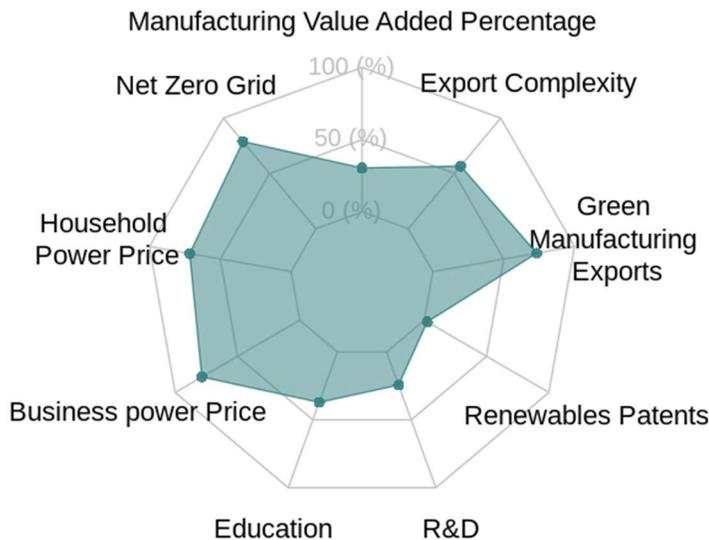


Figura 1 - O potencial do Brasil em recursos naturais na nova geopolítica energética³



Fonte: Análise do NZIPL.

Figura 2 - O potencial de manufatura avançada do Brasil na nova geopolítica energética



Fonte: Análise do NZIPL.

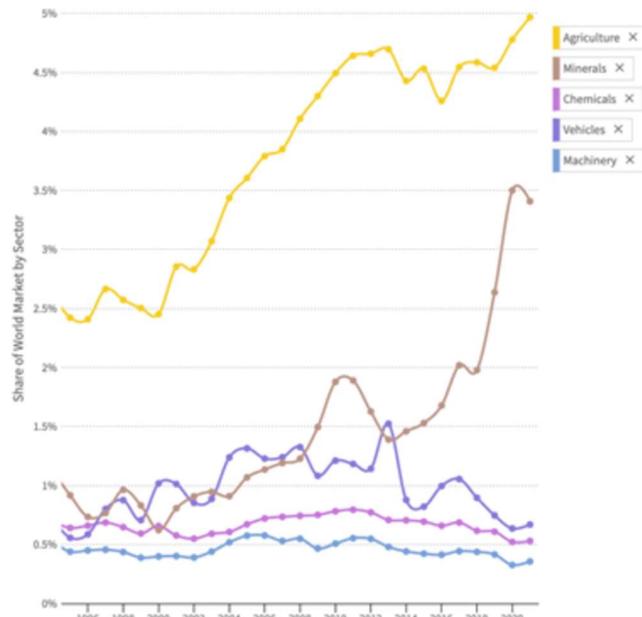
O Brasil tem um forte potencial industrial, e já produz e exporta bens industriais complexos. O país conta com uma matriz energética limpa e relativamente barata, o que fornece uma base sólida para indústrias intensivas em energia. Entretanto, o país precisa investir em pesquisa e inovação, já que está atrás de seus potenciais competidores em termos de gasto com P&D, educação e registro de patentes. Quando comparado com outras economias emergentes, o Brasil apresenta resultados satisfatórios nesses indicadores.

Uma fonte importante da dianteira brasileira na indústria de transformação é a ampla disponibilidade de energia limpa e barata. Este potencial de "*powershoring*", fenômeno no qual indústrias podem se realocar para aproveitar uma rede energética limpa e barata, pode posicionar o país em uma posição privilegiada para tornar-se um produtor importante nos setores industriais intensivos em energia - particularmente na produção de aço de baixo carbono, mas também potencialmente no processamento direto de lítio e na fabricação de maquinário para as cadeias de suprimento de energia eólica e baterias de lítio. O país também conta com vantagens adicionais, representadas nos gráficos das Figuras 1 e 2, acima, além de bancos de desenvolvimento, fundamentais para financiar projetos que promovam a diversificação econômica.⁴

No entanto, discussões sobre o potencial industrial do Brasil devem levar em conta o impacto da desindustrialização do país. A indústria de transformação representava 36% do PIB brasileiro em 1985, caindo para 13% em 2022.⁵ Esse rápido declínio foi apontado como um caso de desindustrialização precoce: quando um país transiciona de uma economia baseada na indústria para uma economia baseada em serviços antes de atingir um alto nível de renda.⁶

A desindustrialização brasileira coincidiu com o aumento das importações de produtos chineses e o crescimento acelerado das exportações brasileiras de produtos agropecuários. Na prática, o Brasil e a China reestruturaram suas relações de comércio, para o benefício da indústria chinesa⁷. A China é o maior parceiro comercial do Brasil, representando 32% das exportações e 23% das importações brasileiras em 2021. O saldo da balança comercial bilateral foi favorável ao Brasil em R\$ 180 bilhões em 2024, essa relação tem um custo significativo.⁸

Figura 3. Exportações do Brasil como porcentagem do mercado global, 1995-2021



Fonte: Atlas da Complexidade Econômica

As exportações brasileiras de automóveis, maquinário e produtos químicos caíram rapidamente após 2012 - ano em que a China e o Brasil assinaram uma "parceria estratégica abrangente".⁹ Enquanto isso, a China investiu nos setores brasileiros de agricultura e mineração, que cresceram rapidamente. Em 2021, cerca de R\$ 180 bilhões em soja foram exportados do Brasil para a China, representando 30% das exportações brasileiras para a China e quase 10% de todas as exportações brasileiras. Paralelamente, a China também tornou-se a maior consumidora de minério de ferro brasileiro. Com aproximadamente R\$ 200 bilhões de minério importado pela China em 2021, o ferro representou 34% do comércio Brasil-China e 11% de todas as exportações brasileiras. O terceiro produto mais relevante nas exportações do Brasil pra China é o petróleo bruto (aproximadamente R\$ 89 bilhões), com o processo de refino sendo realizado na China, e não no Brasil.¹⁰

Atualmente, a China está investindo na indústria brasileira com uma série de fábricas de baterias e veículos elétricos da BYD e da GWM, além de investimentos na expansão da Goldwind, a maior produtora de aerogeradores do mundo. Esses investimentos são necessários e, se gerenciados estrategicamente, podem ajudar a reconstruir a base industrial do Brasil.

Panorama da Nova Indústria Brasil

Como o Brasil pode agregar valor à sua economia enquanto constrói a base industrial e extrativa necessária para se tornar uma potência de primeira ordem? O

Brasil está conseguindo avançar no alcance de seu potencial industrial verde a partir de uma variedade de planos de transição liderados por diferentes ministérios. Dentre essas iniciativas, a Nova Indústria Brasil destaca-se como o plano de *política industrial* mais evidente, pois detalha ações para incentivar a produção e o investimento em determinadas empresas e setores.

Tabela 1. Planos de transição energética do Brasil e ministérios responsáveis

| Plano de Transição | |
|---|--|
| Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços | Nova Indústria Brasil (NIB) |
| Ministério da Fazenda | Plano de Transformação Ecológica |
| Ministério de Minas e Energia | Novo Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) |
| Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima | Plano Clima |
| Ministério do Planejamento e Orçamento | Brasil 2050 |

Fonte: Segunda Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) do Brasil¹¹

Políticas industriais democráticas não são uma novidade no Brasil, que já teve três grandes planos de política industrial antes da NIB: a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE 2004-2007), a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP 2008-2010), e o Plano Brasil Maior (PBM 2011-2015). O primeiro plano se destacou pelo seu foco em inovação, mas era pequeno demais e não contou com o orçamento que seria necessário para causar uma mudança significativa na estrutura produtiva brasileira. Já os planos subsequentes foram caracterizados por uma ampliação do foco setorial. De um lado, isso trouxe aliados e aumentou a possibilidade de tomar decisões estratégicas. Por outro lado, a falta de foco acabou diluindo a capacidade de desafiar a persistente falta de complexidade econômica do país. Tanto o PDP quanto o PBM dependiam fortemente do financiamento setorial, refletindo um contexto mais amplo no qual os governos careciam de controle sobre variáveis macroeconômicas importantes - especialmente as taxas de juros e de câmbio - e não dispunham do poder político para implementar grandes reformas na estrutura tributária ou regulatória. Apesar dos recentes avanços na reforma tributária, depois de anos de debates, essa limitação estrutural continua sendo um desafio importante.¹²

Assim como seus antecessores, especialmente o PDP e o PBM, a NIB optou inicialmente por um plano de ação amplo. Sua principal inovação, no entanto, foi a decisão de organizar os diversos setores da economia em torno de missões, destacando as sinergias intersetoriais necessárias para alcançar os objetivos do plano. Porém, a falta de detalhes sobre como realizar essas missões gerou críticas imediatas.

Doze meses após o plano de ação, foram lançadas cinco das seis missões delineadas pela NIB, lançadas no final de 2024 juntamente com a divulgação de novos detalhes. Embora todas as seis missões tenham alguma relevância para as políticas industriais verdes e de descarbonização da economia, as Missões 3 e 5 se destacam como as mais significativas nesse sentido, e serão o foco desta seção.

A Missão 3 tem como foco a infraestrutura, abrangendo iniciativas relacionadas a veículos elétricos e, por extensão, ao desenvolvimento de baterias. A Missão 5, explicitamente dedicada à descarbonização, inclui esforços voltados para os setores de biocombustíveis, energia eólica e solar, e setores de difícil descarbonização como os de aço e cimento. A complementariedade entre essas duas missões é evidente. Por exemplo, o grande programa de infraestrutura do governo, o novo Programa de Aceleração do Crescimento (Novo PAC), que integra parte dos investimentos previstos na Missão 3, pode ajudar a estimular a demanda por painéis solares, bem como aço e cimento de baixo carbono, alinhando o desenvolvimento da infraestrutura com os objetivos de sustentabilidade.

O mapeamento das cadeias produtivas está em andamento para os setores mencionados em ambas as missões. No lançamento da NIB, o Ministro do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC), Geraldo Alckmin, apresentou três cadeias produtivas mapeadas dentro do âmbito da Missão 3: sistemas de propulsão, baterias e transporte metroferroviário.¹³ A apresentação do ministro também destacou metas de curto prazo para 2026, como a construção de 2 milhões de unidades de habitação social (das quais 500 mil serão equipadas com painéis solares) e a eletrificação de 3% da frota de novos veículos, com baterias produzidas no Brasil. Esses números estão projetados para aumentar para 1,4 milhão de moradias populares com painéis solares e 33% dos novos carros equipados com baterias nacionais até 2033.¹⁴

Para a Missão 5, o ministro apresentou três biocombustíveis (diesel verde, SAFs e etanol), hidrogênio verde, biometano, indústria pesada (aço e cimento de baixo carbono), aerogeradores e painéis solares como cadeias produtivas centrais para a política industrial brasileira. As metas para 2026 foram modestas, incluindo apenas um aumento de 27% na participação de biocombustíveis e eletricidade na matriz energética de transportes do país. De acordo com o plano, este número deve atingir 50% em 2033.¹⁵



Em outubro de 2024, o MDIC deu outro passo importante ao detalhar e monitorar a política industrial, instituindo o "Grupo de Trabalho sobre Desafios de Adensamento das Cadeias Produtivas Prioritárias das Missões da Nova Indústria Brasil." O GT tem como objetivo operacionalizar os planos, inicialmente muito amplos, definindo critérios quantitativos para informar políticas mais específicas que complementem as medidas que já estão sendo tomadas.¹⁶

Assim como nas políticas industriais anteriores, o governo brasileiro optou por estabelecer linhas de crédito setoriais, agora organizadas em torno das missões intersetoriais. A partir desse esforço inicial, o governo já anunciou financiamento para 2025 e 2026, fornecendo uma orientação crucial para o setor privado. Para a Missão 3, foram anunciados aproximadamente R\$ 65 bilhões em novos investimentos diretos, além de outros R\$ 288 bilhões em financiamento para estimular e direcionar a demanda no setor de construção. A Missão 5 recebeu um orçamento de quase R\$ 14 bilhões para indústrias-chave.

Além do crédito subsidiado, as missões da NIB são complementadas por outras medidas, especialmente incentivos fiscais e o uso do poder de compra do governo para promover os setores prioritários da NIB, com processos de licitação que priorizam produtos nacionais a produtos importados. A criação de uma Comissão Interministerial de Contratações Públicas para o Desenvolvimento Sustentável (CICS) foi um avanço significativo, introduzindo margens de preferência para produtos locais e aqueles feitos com materiais reciclados. Enquanto algumas margens de preferência foram definidas para veículos e cimento, o aço não foi incluído. Um pequeno ajuste regulatório poderia estender esses benefícios para o aço nacional, especialmente para opções mais sustentáveis como aço produzido com carvão vegetal ou em forno de arco elétrico com utilização de sucata como matéria prima (Scrap-EAF)¹⁷. Na Missão 3, o programa Mover se destaca com um orçamento de quase R\$ 19 bilhões em créditos tributários para companhias automotivas que cumpram certos requisitos de sustentabilidade e inovação. Considerando o histórico das políticas setoriais no Brasil, não surpreende que as exigências mais detalhadas sejam aquelas do setor automotivo.¹⁸

Na Missão 5, iniciativas não relacionadas ao financiamento foram compartilhadas com o Ministério de Minas e Energia e com o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. O programa Combustível do Futuro estabeleceu parâmetros para a mistura de biocombustíveis e para a descarbonização dos modais aéreos - embora ainda falte definir consequências claras para o descumprimento dessas metas.¹⁹ O governo também aprovou o Marco Legal para o Hidrogênio de Baixo Carbono, criando um *sandbox regulatório* para o setor, e estabelecendo um regime tributário especial - Regime Especial de Incentivos para a Produção de Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (Rehidro) e o Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (PHBC). Essas políticas são essenciais

para os setores que avaliamos com mais detalhes a seguir - Aço de Baixo Carbono e Fertilizantes.²⁰

O governo também reforçou que esses investimentos públicos visam induzir o investimento privado, e divulgou significativos compromissos de investimentos do setor privado: aproximadamente R\$ 1 trilhão para a Missão 3 e R\$ 380 bilhões para a Missão 5. Esses números enfatizam a importância do uso estratégico do financiamento estatal como um catalizador para uma participação mais ampla do setor privado.

Embora existam iniciativas promissoras no cenário atual da política industrial brasileira, a dependência excessiva de financiamento significa que as políticas atuais não estão dedicando atenção suficiente aos problemas de coordenação. Assim, a verdadeira colaboração entre atores do governo, do setor privado, dos sindicatos, e de outras partes interessadas ainda não se materializou adequadamente. Esse pode ser o motivo pelo qual a maioria dos pacotes de políticas setoriais ainda não foram suficientemente detalhados. Esse problema ainda pode ser resolvido, mas, à medida que o governo se aproxima da segunda metade do mandato, o tempo está se esgotando.²¹

As principais oportunidades do Brasil na transição energética

O Brasil pode assumir uma posição vantajosa nas indústrias do futuro sistema energético, aproveitando seus pontos fortes nos setores de agricultura e mineração. Entretanto, sua base industrial, relativamente fraca, necessita de atenção e de medidas focalizadas para que seu potencial seja plenamente realizado.

Nesta seção, apresentamos algumas oportunidades-chave para a política industrial verde brasileira. Essas oportunidades permitem que o país capitalize sua posição de liderança mundial em recursos naturais. Em particular, investigamos sete setores industriais verdes altamente promissores e analisamos (1) a posição do Brasil no cenário competitivo do mercado global, (2) a base de produção doméstica existente e (3) as iniciativas da política industrial brasileira e as reações do setor privado.

Nosso objetivo é apontar áreas prioritárias para um futuro esforço de identificação de alvos específicos para as políticas industriais, bem como para o desenvolvimento institucional e de processos. Assim, buscamos contribuir com os Grupos de Trabalho atualmente encarregados de operacionalizar a política industrial brasileira.



Minerais Críticos

O Brasil conta com amplos recursos minerais e já é um líder nos setores de diversos minerais críticos para a transição energética, sendo o segundo maior produtor mundial de ferro e grafite, além de ser um dos maiores produtores de bauxita (para alumínio) e manganês (Tabela 2). Devido aos ativos e à expertise já existentes no país, o Brasil tem a oportunidade de desenvolver uma forte posição tecnológica em todas as etapas da cadeia produtiva de minerais críticos: exploração e desenvolvimento, extração, processamento no local de mineração, refino e gestão de rejeitos, além de reciclagem e reprocessamento.²²

O Brasil já é reconhecido pelo seu potencial em lítio e níquel. A *US Development Finance Corporation* já investiu no níquel brasileiro através da sua participação na TechMet, que abriu a Mina Piauí no nordeste do Brasil em 2022.²³ A mina tem a meta de atingir uma produção anual de 25 mil toneladas de níquel em 2025.

Em Minas Gerais, muitos depósitos promissores de lítio estão em fase de desenvolvimento. A canadense Sigma Lithium recentemente começou a exploração da Grota do Cirilo, onde há uma reserva de lítio estimada em 109 milhões de toneladas.²⁴ A Sigma já obteve uma carta de intenções do BNDES prometendo apoiar um ambicioso projeto de investimentos que visa expandir a capacidade produtiva da mina para 104 mil toneladas de carbonato de lítio equivalente por ano.²⁵

Esses são avanços importantes, mas os preços do níquel e do lítio apresentaram trajetória de queda em 2023 e 2024. Dada a grande produção de níquel na Indonésia e os diversos projetos de exploração de lítio entrando em operação, as perspectivas de médio prazo para ambos os metais não são necessariamente positivas. Na falta de um grupo de países que assuma o compromisso de apoiar a demanda por novos projetos de exploração, ou que viabilize alguma forma de garantia dos preços internacionais, projetos de investimento nos setores de níquel e lítio terão dificuldade em obter financiamento.

Tabela 2. Metais de Transição do Brasil

| | Produção 2023, t | Ranking (participação) | Reservas 2023, t | Ranking (participação) |
|-------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|
| Bauxita | 31,000,000 | 4 (7.75%) | 2,700,000,000 | 5 (9%) |
| Cobre | 410,276 | 13 (1.9%) | 12,324,150 | n/a (1.2%) |
| Cobalto | 290 | n/a (.13%) | | 10 (1%) |
| Grafite (natural) | 73,000 | 4 (4.6%) | 74,000,000 | 2 (26.4%) |
| Lítio | 4,900 | 5 (2.7%) | 390,000 | 7 (1.4%) |
| Minério de ferro | 280,000,000 | 2 (18.6%) | 15,000,000,000 | 2 (17%) |
| Manganês | 620,000 | 6 (3.1%) | 270,000,000 | 4 (14.2%) |
| Níquel | 89,000 | 8 (2.5%) | 16,000,000 | 3 (12.3%) |
| Silício metálico | 200,000 | 2 (5.3%) | n/a | n/a |
| Estanho | 18,000 | 6/7 (6.2%) | 420,000 | 5 (9.8%) |
| Titânio | n/a | n/a | 3,160,591 | n/a |

Fonte: USGS 2024; S&P Market Monitor.²⁶

Nesse contexto, focalizar investimentos no processamento de grafite e manganês poderia trazer mais valor adicionado para a economia brasileira e, ao mesmo tempo, ajudar parceiros comerciais a mitigar riscos nas cadeias de suprimento. Algumas empresas já demonstraram interesse em incluir o grafite brasileiro na cadeia produtiva de baterias, e o Brasil já é um dos maiores produtores de grafite.²⁷ Para a economia doméstica, complementar a extração do grafite com etapas de processamento agregaria valor ao produto primário e aumentaria o valor das exportações. Além disso, a cadeia de beneficiamento do grafite não apresenta uma complexidade técnica comparável às cadeias de outros componentes de baterias, o que viabiliza sua instalação com os conhecimentos e recursos já existentes. Para a economia mundial, por outro lado, o grafite é um minério de alta prioridade para diversificação dos fornecedores e "*friendshoring*" (realocação da produção para países aliados) porque a China domina a produção de grafite processado, fazendo do minério um dos mais valiosos para iniciar estratégias de *friendshoring*.²⁸

O manganês, por outro lado, é um componente central dos principais cátodos comerciais. A quantidade de manganês necessária para produzir uma bateria é pequena se comparada aos demais insumos, então não espera-se uma escassez de manganês bruto. Mesmo assim, prevê-se um déficit de sulfato de manganês de qualidade, um insumo fundamental para a produção de cátodos.²⁹ Assim, o manganês apresenta uma oportunidade para que o Brasil possa, simultaneamente, adicionar valor à sua produção de recursos naturais e fornecer aos seus parceiros comerciais os minerais críticos para a transição energética.

Recentemente, o Brasil avançou na sua política de mineração e reestruturou o seu Conselho Nacional de Política Mineral (CNPM).³⁰ Em parceria com o Ministério de Minas e Energia, o BNDES também lançou o Fundo de Minerais Críticos no valor de R\$ 1 bilhão, para financiar startups e empresas de médio porte que atuem na pesquisa, desenvolvimento e implantação de novas minas³¹. Em janeiro de 2025, foi anunciado um novo financiamento no valor de R\$ 5 bilhões, em um esforço conjunto entre FINEP e BNDES, destinado a projetos de processamento de minerais críticos para a descarbonização.³²

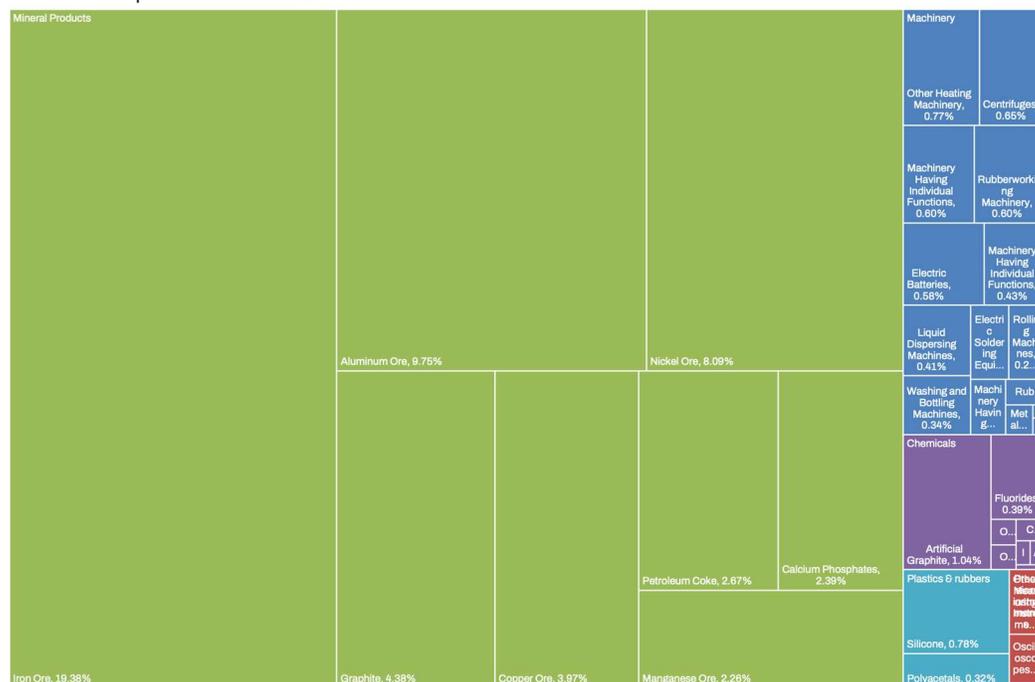
Baterias e seus componentes

O Brasil também tem trabalhado para construir uma cadeia produtiva de baterias para veículos elétricos. O país possui uma capacidade produtiva de baterias que soma 15 GW, aproximadamente 1,2% da capacidade produtiva global em 2023. A maior parte desta produção é realizada pela chinesa BYD, que está construindo duas fábricas em seu complexo em Camaçari, na região metropolitana de Salvador. A terceira fábrica da empresa, localizada em Manaus, já produz baterias de fosfato de ferro-lítio e está sendo expandida. A BorgWarner, uma empresa estadunidense com sede em Michigan, também possui uma pequena fábrica de baterias de 200 MWh no estado de São Paulo, voltada para o mercado de veículos elétricos e híbridos. A Inventus, que produz baterias de íons de lítio para eletrônicos, também opera uma pequena fábrica em Manaus.³³

Portanto, o Brasil já possui um nascente polo de produção de baterias. Entretanto, há um risco de que essa indústria tenha pouco valor agregado, dada a elevada competitividade do setor, que já dá sinais de sobrecapacidade. Por isso, esperam-se baixas margens de lucro nas etapas finais da cadeia, sobretudo na montagem. O grosso do valor agregado na cadeia produtiva das baterias provavelmente se concentrará nas etapas iniciais, sobretudo na mineração e no processamento dos minérios. Assim, é imperativo que os países que desejam se beneficiar com a produção de baterias desenvolvam invistam nas etapas iniciais da cadeia produtiva.³⁴

Embora o Brasil tenha pontos fortes nos setores dos minerais críticos mencionados anteriormente, o país não conta com ativos intermediários na produção de materiais para cátodos, ânodos, separadores ou membranas. O anúncio da construção de uma planta de processamento de lítio da BYD, em Camaçari, seria um modo de começar a participar nos segmentos de maior valor agregado das etapas iniciais da produção. Entretanto, ainda há uma grande lacuna estrutural na cadeia produtiva, o que cria uma oportunidade para o Brasil, especialmente no caso dos ânodos, onde o país já possui capacidades de processamento de grafite artificial e silicone.

Figura 4. Exportações do Brasil na cadeia de suprimentos de baterias: vantagens em minerais e processamento



Fonte: Análise do NZIPL com Dados do UN Comtrade.

Contudo, a base industrial subjacente para a fabricação de baterias no Brasil é fraca mesmo quando comparada com outros países emergentes. As verdadeiras vantagens econômicas do setor de produção de baterias advém do ecossistema mais amplo de produção de peças e máquinas complementares. Nossa análise das exportações brasileiras (Figura 4) revela uma fraqueza estrutural do país nessa área. O país é forte na produção de minerais necessários para produzir cátodos ricos em níquel e fosfato de ferro, grafite natural e sintético e folhas de cobre. Também possui a expertise em química necessária para produzir ânodos de grafite e silício. Esses recursos dão ao país um grande potencial para criar valor adicionado em mineração e processamento. Porém, o Brasil carece do nível de exportação de máquinas que indicaria uma capacidade produtiva consolidada. Normalmente, países com uma forte base industrial também são líderes nos setores de máquinas e instrumentos de precisão.

Nos termos da atual política industrial, conforme descrita na Missão 3, o programa Mover foca no aumento gradual da proporção de conteúdo local nas baterias de veículos elétricos, com o governo brasileiro utilizando principalmente o setor de transportes terrestres para incentivar a produção de baterias. Além dos incentivos fiscais para fomentar a demanda por veículos elétricos, condicionais ao desempenho na eletrificação e descarbonização, o governo aumentou as tarifas de importação de veículos elétricos e se comprometeu a elevá-las ainda mais,

gradualmente, incentivando a produção doméstica.³⁵ Paralelamente, em 2024 o BNDES emprestou aproximadamente R\$ 840 milhões para financiar a produção de veículos elétricos e híbridos pela Volkswagen, e espera-se ainda mais linhas de financiamento para o setor.³⁶

Portanto, o Brasil conta com políticas para o setor, mas precisa focar em criar a capacidade de absorção da produção de baterias caso queira evitar a formação de um "enclave de baterias", no qual empresas estrangeiras produzam baterias no Brasil usando apenas conhecimento, tecnologia, e cadeias de suprimento internacionais, gerando pouco valor agregado para a economia brasileira.

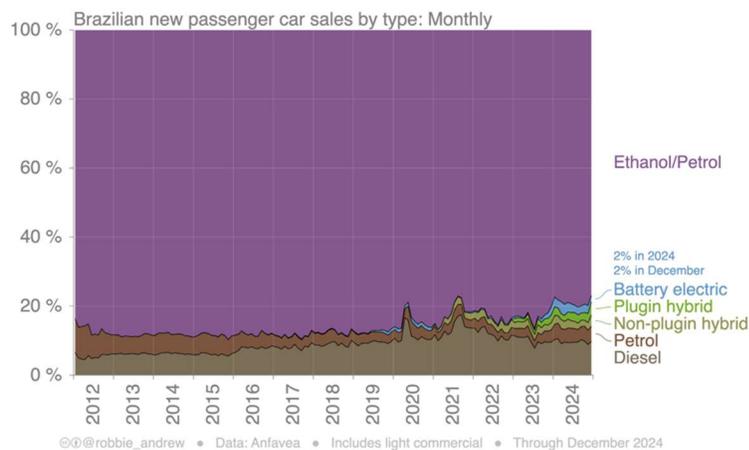
Veículos elétricos e híbridos

Caso o Brasil consiga superar seus desafios e implementar um conjunto robusto de políticas para o setor de produção de baterias, poderá se tornar um importante participante do mercado mundial de veículos elétricos (VE) e híbridos. Dado o tamanho de seu mercado doméstico, seu setor automotivo consolidado (em 2022 o país foi o oitavo maior produtor de veículos no mundo), e sua matriz energética limpa, o país está bem posicionado para construir um setor competitivo de produção de veículos elétricos. Esse potencial é ainda mais fortalecido pela longa tradição brasileira na produção de biocombustíveis - especialmente etanol - e pelo crescimento do mercado de veículos elétricos ou híbridos, que podem ser movidos a etanol e bateria ou, ainda, híbridos flex-fuel.

Nos últimos anos, porém, as perspectivas para a indústria automotiva brasileira pareciam sombrias. Grandes multinacionais como a Ford e a Mercedes-Benz fecharam as portas de suas fábricas no Brasil, culpando os lucros baixos e promovendo uma reestruturação corporativa.³⁷ Isso levantou preocupações de que outras grandes empresas, como a GM, seguissem o mesmo caminho.³⁸ Em meio a essa incerteza, a Toyota apostou na introdução de seus primeiros motores híbridos flex-fuel, importados, no mercado brasileiro.³⁹ Mesmo com esse sinal de confiança no potencial do país, as perspectivas continuaram preocupantes.

Apesar desses desafios, o setor automotivo do Brasil recuperou-se parcialmente, devido à sinalização de políticas setoriais específicas para revitalizar a indústria. Aproximadamente 2,5 milhões de carros e vans foram vendidos em 2024 - em um aumento de 14% em relação a 2023 e superando as vendas de 2022 em mais de meio milhão de unidades - além de quase 150 mil caminhões e ônibus. A venda de veículos elétricos e híbridos, partindo de uma base muito menor, aumentou em 88,7% de 2023 para 2024, demonstrando o potencial do mercado doméstico para veículos eletrificados.⁴⁰

Figura 5. Oportunidade de crescimento de mercado para carros híbridos-flex é maior do que para veículos 100% elétricos



Fonte: Robbie Andrew, CICERO; Dados: ANFAVEA⁴¹

Até o momento, o conjunto das políticas setoriais brasileiras, representadas principalmente pelo programa Mover e complementadas com os financiamentos do BNDES - como exemplificado no caso da Volkswagen - gerou resultados concretos. Multinacionais anunciaram mais de R\$ 120 bilhões em novos investimentos no país até 2033 (Tabela 3), e novos empreendimentos, como a BYD em Camaçari, parecem ser apenas o começo. Se a produção de baterias avançar de modo a acompanhar a produção de carros, o Brasil poderá se posicionar como um polo de valor agregado verde.⁴²

No entanto, permanecem desafios que vão além da produção de componentes para baterias, e ecoam os problemas que o Brasil tem enfrentado há décadas na sua indústria automotiva. Quase todas as empresas operando no país - com exceção de empresas menores como a Lecar e a Eletra - são grandes multinacionais, muitas das quais realizam a maior parte da sua pesquisa e desenvolvimento (P&D) no exterior, e continuarão assim a menos que sejam motivadas a investir esses recursos no país. Neste contexto, o programa Mover desempenha um papel importante ao oferecer incentivos fiscais para encorajar a incorporação de setores de P&D nas indústrias instaladas no país. Se bem-sucedida, a iniciativa pode se beneficiar da expertise brasileira em etanol e motores flex-fuel.⁴³

Dessa forma, o recente aumento das tarifas sobre veículos elétricos que ultrapassem os limites anuais de importação para 35% tem como objetivo acelerar a instalação de capacidade produtiva local. Esse aumento das tarifas foi apoiado por fabricantes tradicionais, representados pela ANFAVEA, e criticado pela ABVE, associação focada em veículos elétricos.⁴⁴

Tabela 3. Fábricas de carros elétricos e híbridos-flex para empresas domésticas e multinacionais 2022-2024

| Empresa | Tipo de planta | Investimento | Local | Capacidade (veículos p.a.) |
|-------------------|----------------|--------------|-----------|----------------------------|
| Toyota | Híbridos | R\$13.2 bn | São Paulo | 100,000 |
| Hyundai | Híbridos | R\$22.8 bn | São Paulo | 210,000 |
| GM | Híbridos | R\$8.4 bn | São Paulo | 330,000 |
| Volkswagen | Híbridos | R\$10.8 bn | São Paulo | 140,000 |
| Stellantis | Híbridos | R\$30 bn | São Paulo | 1.1m engines |
| Renault | Híbridos | R\$5.1 bn | Parana | 178,000 |
| CAOA Chery | Híbridos | R\$4.5 bn | Goiás | 72,000 |
| BYD | Híbridos | R\$5.46bn | Bahia | 150,000 |
| Great Wall Motors | Híbridos | \$9.96bn | São Paulo | 50,000 |

Fonte: Análise do NZIPL com dados da FDI Intelligence

Combustíveis Sustentáveis de Aviação

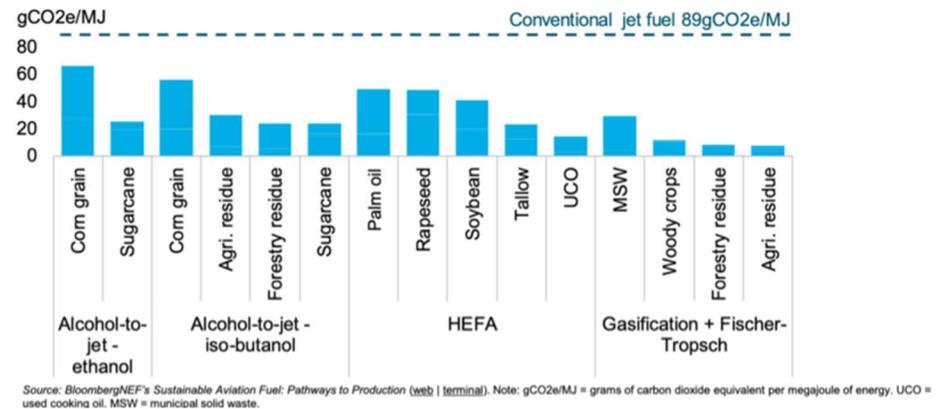
Os combustíveis sustentáveis de aviação, também conhecidos como SAFs (do inglês *Sustainable Aviation Fuels*), certamente terão um papel fundamental na descarbonização da aviação. Os mercados de SAFs estão crescendo rapidamente para atender à demanda impulsionada pelas novas regras da União Europeia, da China, e até de alguns entes subnacionais como a Califórnia e a Colúmbia Britânica, que estão implementando padrões de combustível de baixo carbono (LCFS, do inglês *low-carbon fuel standards*).⁴⁵

O Brasil tem o potencial para ser um líder mundial no mercado de SAFs,⁴⁶ dada sua forte bioeconomia, apoiada pelo grande crescimento do agronegócio. O Brasil possui as matérias-primas, a expertise em óleo e gás, e a base consolidada em biocombustíveis que são necessárias para expandir rapidamente sua participação nas cadeias de valor de SAFs.

O país conta com duas das principais formas de matéria-prima para os SAFs, que são usadas em diferentes rotas tecnológicas.⁴⁷ Primeiro, o agronegócio brasileiro produz sebo bovino (a partir do processamento da carne), além de óleo de soja e de palma, três insumos que podem ser usados para produzir ésteres e ácidos graxos hidroprocessados (HEFA, do inglês *hydroprocessed ester and fatty acids*). Existem atualmente quatro projetos no Brasil apostando nessa direção: a Brasil BioFuels, a Essential Energy USA, e dois projetos da Petrobras que estão em desenvolvimento.⁴⁸

Além disso, a produção brasileira de etanol de cana-de-açúcar pode beneficiar a rota de descarbonização da aviação através da produção de álcool para combustível de aviação (AtJ, do inglês *alcohol-to-jet*). O Brasil produziu 35,4 bilhões de litros de etanol em 2023, sobretudo a partir da cana-de-açúcar, e a maior parte desta produção é misturada à gasolina. A Shell e a Raizen anunciaram que estão explorando projetos de AtJ no Brasil.⁴⁹ O AtJ brasileiro teria uma vantagem crucial: sua intensidade de carbono é baixa (Figura 6), podendo emitir 1/3 das emissões do etanol de milho, e menos da metade das emissões de SAFs extraídas de canola, palma ou soja. Do jeito como os mercados LCFS estão se desenvolvendo, os SAFs de baixo carbono serão vendidos a preços mais altos que o combustível fóssil, colocando o AtJ brasileiro numa posição competitiva forte.

Figura 6. Intensidade de carbono de SAFs por matéria-prima e tecnologia



Fonte: BloombergNEF.⁵⁰

O AtJ ainda não é totalmente comercial e, portanto, o Brasil tem uma oportunidade de entrar na cadeia de valor dessa tecnologia desde o início. Também terá oportunidades para colaboração internacional com países parceiros, que podem transferir tecnologia para o Brasil. Caso o país não desenvolva a capacidade de desenvolver tecnologia de SAFs, corre o risco de exportar seu etanol para fábricas de SAFs no exterior e, posteriormente, importar os SAFs pagando pelo maior valor agregado.

Se os grandes produtores de etanol, como os EUA e o Brasil, trabalharem juntos no desenvolvimento dos SAFs, podem unir forças para enfrentar um problema comum: o mercado de etanol é suscetível a uma forte queda de demanda à medida que os veículos elétricos diminuem o consumo de gasolina. Um mercado de SAFs sólido e em expansão pode absorver o etanol produzido em ambos os países, mantendo o nível de preço do produto. Isso poderia diminuir a resistência dos produtores à transição. A brasileira Raizen, por exemplo, já está enviando etanol para uma fábrica de SAFs da LanzaJet na Geórgia, sul dos EUA.

Espera-se que o Brasil também adote uma política de incentivo aos SAFs para reduzir as emissões do setor de aviação, possivelmente a partir de janeiro de 2027, mas os detalhes dessa política ainda estão sendo discutidos.⁵¹ Por enquanto, a Lei do Combustível do Futuro apenas exige que as companhias aéreas diminuam suas emissões de carbono, começando com uma redução de 1% em 2027 e aumentando progressivamente até uma redução de 10% em 2037. Algumas empresas começaram a se mobilizar para produzir SAFs, prometendo investimentos de quase R\$ 18 bilhões até 2027. Dentre os maiores atores do mercado, a Acelen comprometeu-se a uma produção anual de 1 bilhão de litros de SAFs a partir da macaúba, com tecnologia AtJ licenciada pela Honeywell, e recebeu um empréstimo do BNDES no valor de quase R\$ 250 milhões.⁵²

O Brasil já está se tornando um ímã de investimentos em SAFs por parte de empresas petrolíferas, fundos soberanos e investidores internacionais.⁵³ A Shell e a Mubadala, companhia de investimentos baseada em Abu Dhabi, estão considerando a possibilidade de investir em plantas de produção de AtJ - a Mubadala já é proprietária da Acelen. Outro potencial ator é a Petrobras, que está desenvolvendo SAFs a partir de óleo de soja e sebo bovino.⁵⁴ Além disso, a FINEP e o BNDES lançaram uma chamada pública para financiar projetos de SAFs, oferecendo R\$ 6 bilhões em financiamento, e o edital recebeu propostas totalizando quase R\$ 120 bilhões.⁵⁵

Aerogeradores

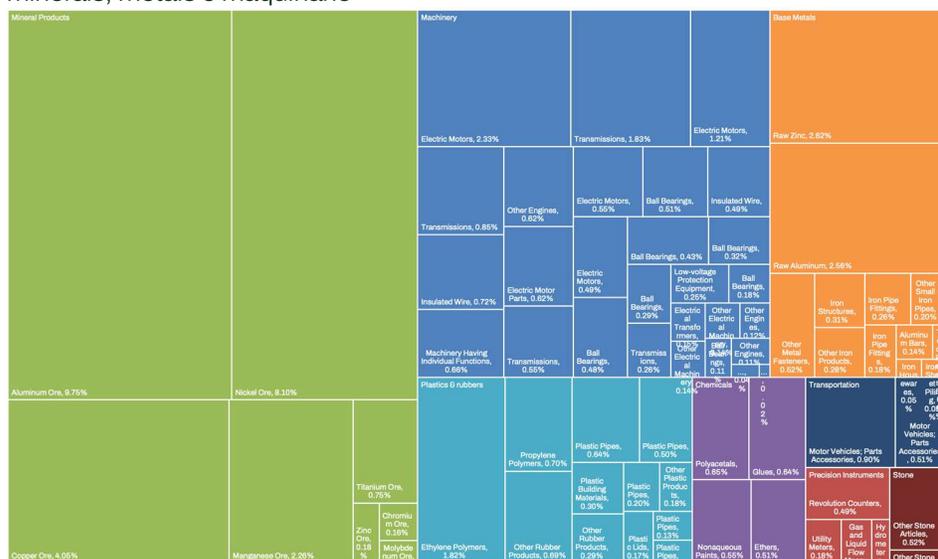
O Brasil é o terceiro maior mercado eólico do mundo, com produção de 5 GW em 2023.⁵⁶ Devido à grande dimensão dos aerogeradores, a produção de componentes críticos para a montagem final tende a ser geograficamente associada com a implantação dos parques eólicos. A produção da nacelle, a estrutura central que contém o gerador, e do rotor, a estrutura circular à qual são presas as lâminas do aerogerador, geralmente acompanha o aumento ou a redução do mercado local de aerogeradores.

Diversas empresas já produzem seus aerogeradores no Brasil, com variadas capacidades de produção de energia: Vestas (2.1 GW), GE (1.2 GW), Nordex (650 MW), Siemens Gamesa (580 MW), Goldwind (180 MW) e WEG (172 MW).⁵⁷ Contudo, do ponto de vista da política industrial, a questão central é: qual porcentagem do valor agregado destes geradores é concebida no Brasil? Numa cadeia produtiva global, componentes complexos são frequentemente importados, deixando apenas as etapas finais, mais simples, para a montagem no mercado final. Isso significa que a produção de aerogeradores pode não gerar grandes benefícios econômicos caso não venha acompanhada de políticas setoriais específicas.

O Brasil, através do BNDES, tem mirado na construção de uma cadeia produtiva local para os componentes de geradores eólicos desde 2002. Por um curto período, o Brasil teve uma tarifa *feed-in* para energia renovável que exigia ao menos 60% de conteúdo local (calculado a partir do peso).⁵⁸ Esse arranjo não foi bem sucedido e acabou sendo substituído por um sistema de leilões sem exigências de conteúdo local. Em 2012, o BNDES apresentou um novo mapeamento para o conteúdo local cobrindo torres, lâminas, rodas e naceles. No novo sistema, o BNDES ofereceria seus empréstimos em condições vantajosas, com taxas de até 2,5%, apenas para investidores que cumprissem as metas de conteúdo local. Os resultados dessa política foram mistos.⁵⁹

Por um lado, as metas de conteúdo local para torres e lâminas foram reduzidas de 60% para 30% em 2016.⁶⁰ Rodas e naceles não estão sujeitas a uma meta de valor agregado, mas devem ser montadas localmente. A redução dos requisitos reflete a falta de opções de fornecimento local. Por outro lado, os requisitos ajudaram a construir uma indústria local de lâminas, torres, rolamentos e peças de fundição.⁶¹

Figura 7. Exportações do Brasil na cadeia de suprimento de aerogeradores: vantagens em minerais, metais e maquinário



Fonte: Análise do NZIPL com dados da UN Comtrade.

A estratégia liderada pelo BNDES demonstra uma certa capacidade de adaptação das instituições brasileiras de política industrial. Dado o caráter nascente do setor - especialmente no início da implementação da política - os mecanismos de credenciamento foram alterados e tornaram-se mais flexíveis para refletir o grau de sofisticação tecnológica do setor, permitindo requisitos mais baixos de conteúdo local para os componentes mais difíceis de produzir localmente. Isso incentivou um processo de aprendizado por parte das empresas nacionais, criando importantes histórias de sucesso, como a WEG,⁶² uma grande produtora brasileira

especializada em motores elétricos, que expandiu sua atuação para a produção de peças e componentes para aerogeradores e outras usinas de energia limpa, no Brasil e na América Latina.⁶³ Como resultado, o único componente importante para os aerogeradores que o Brasil ainda importa é a caixa multiplicadora (*gearbox*), uma peça que liga as lâminas ao gerador, com o conteúdo local variando entre 85% e 95%, dependendo das especificações técnicas de cada projeto.⁶⁴

Esse foi um passo fundamental, que atraiu importantes atores internacionais e criou vínculos com produtores locais. Entretanto, uma análise mais aprofundada da base industrial brasileira revela que a estratégia para criar conteúdo local não gerou necessariamente uma indústria competitiva a nível global. As exportações brasileiras de produtos da cadeia produtiva de energia eólica demonstram uma força moderada, mas o setor é particularmente prejudicado por gargalos de infraestrutura que impedem o país de vender as grandes peças dos aerogeradores, até mesmo para países vizinhos.⁶⁵

Esses gargalos de infraestrutura não são um fenômeno natural. Antes que o Brasil se tornasse capaz de exportar volumes recordes de ferro e soja para a China, o país teve que investir na construção de cadeias produtivas e na logística para levar os produtos a portos modernos e ampliados.⁶⁶ Esse esforço começou numa fase inicial da política industrial, de modo que a infraestrutura de exportação já estivesse pronta quando a capacidade produtiva estivesse consolidada. Um nível semelhante de organização e comprometimento com o desenvolvimento de infraestrutura é necessário para gerar exportações em um setor com tantas peças grandes e complexas, como é o caso do setor eólico.⁶⁷

Atualmente, o setor de energia eólica do Brasil está passando por mudanças significativas. Como primeira resposta aos avanços na produção nacional e à queda na demanda, as tarifas de importação de aerogeradores foram aumentadas. Anteriormente, aerogeradores com capacidades acima de 3.300 kVA eram isentos de tarifas de importação devido à ausência de produtos equivalentes produzidos no país. Agora, esse limite aumentou para 7.500 kVA, e mesmo essa isenção é válida apenas até 2025. Depois disso, todas as importações serão submetidas a uma taxa de 11,2%, sempre que houver produtos equivalentes produzidos no Brasil. Paralelamente, a WEG obteve um empréstimo de pouco mais de R\$ 70 milhões do BNDES para iniciar a produção de aerogeradores onshore com capacidade de 7 MW e lâminas com diâmetro de 172 metros, com potencial de atingir o novo padrão.⁶⁸

Assim, o setor eólico continua enfrentando desafios de demanda, já que muitos projetos de energia limpa preferem a importação de painéis solares, que são mais baratos devido aos incentivos estatais ao setor. Para enfrentar esse problema, o MDIC reuniu um grupo de trabalho para formular um relatório para a Casa Civil. O

grupo identificou o Marco Legal das Eólicas Offshore como uma oportunidade estratégica para o setor elétrico brasileiro.⁶⁹

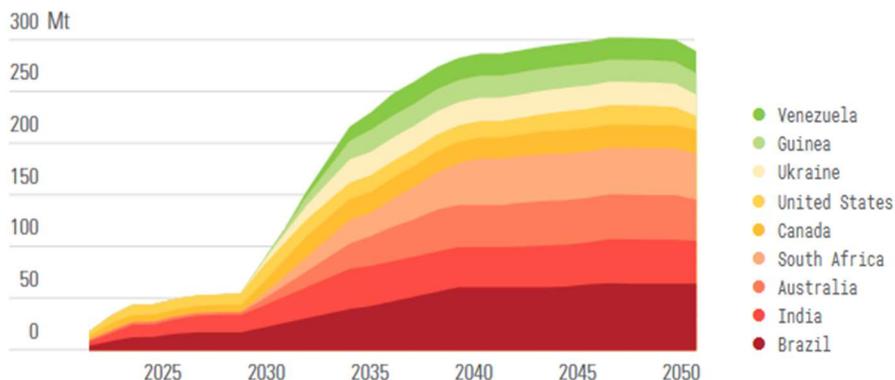
A aprovação da lei no Senado foi um importante marco, embora a versão final tenha incluído emendas controversas e não relacionadas ao tema, beneficiando usinas termelétricas que podem aumentar as emissões do país em 25%.⁷⁰ Embora essas emendas tenham sido vetadas pelo Executivo, o Congresso pode rejeitar os vetos.⁷¹ O novo marco legal é uma conquista significativa, e tem o potencial de suprir até 19% da atual demanda elétrica do país, pelo menos no cenário mais ambicioso de expansão dos parques eólicos offshore, além de servir como um importante catalizador para o crescimento da indústria doméstica de aerogeradores.⁷² Quando se leva em conta os parques eólicos offshore, o setor tem o potencial de crescer exponencialmente. Dessa forma, a política industrial deve refletir os desafios e oportunidades específicos de cada setor, usando dados para guiar as decisões. No setor de energia eólica, o Brasil deve desenvolver uma estratégia coordenada, com metas claras e forte apoio estatal, para construir um ecossistema competitivo. Isso é particularmente importante para setores maduros que ainda carecem de empresas competitivas no mercado internacional, e necessitam de uma base industrial bem integrada para sustentar o crescimento a longo prazo.⁷³

Aço de Baixo Carbono

A indústria siderúrgica existente no Brasil, juntamente com sua matriz energética limpa e seu consolidado setor de mineração, oferece uma base sólida para a produção de aço de baixo carbono a preços competitivos.⁷⁴ Há uma grande oportunidade de substituição de importações e geração de valor agregado neste setor, dado que atualmente o minério brasileiro é exportado e depois reimportado sob a forma de aço, permitindo que outros países capturem o valor agregado nas etapas intermediárias.

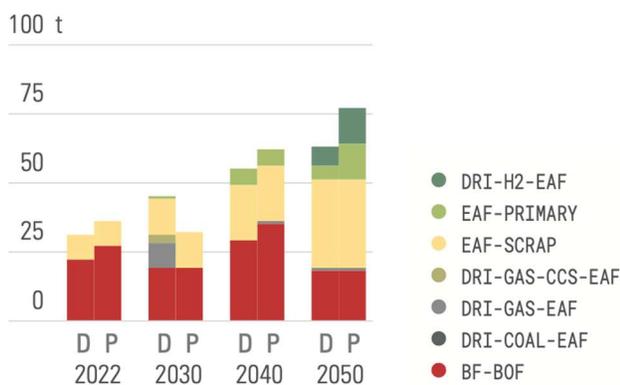
Uma análise recente do Net Zero Industry Project destaca as oportunidades do Brasil como um líder na produção de aço de baixo carbono a preços competitivos. O estudo modela um cenário em que os países do norte global criam um amplo "clube de compras de baixo carbono": um mercado compartilhado, baseado num mecanismo de ajuste fronteiro de carbono entre os países (CBAM, do inglês *carbon border adjustment mechanism*). Nesse cenário, o Brasil emerge como uma localização estratégica para a produção de ferro de baixo carbono e ferro de redução direta, um insumo crítico para o principal método de produção siderúrgica DRI-EAF (forno de arco elétrico com ferro de redução direta - ver Figura 8).

Figura 8. Produção global de ferro de baixo carbono no cenário de clube de compras amplo



Fonte: Bataille et al 2024.⁷⁵

Figure 9. Potencial do brasil para o aço de baixo carbono no cenário de um “clube de compras” amplo



Fonte: Bataille et al 2024. D é a demanda doméstica; P é a produção⁷⁶

O país também emerge como um grande exportador de aço de baixo carbono nesse modelo (Figura 9). Com baixo custo de capital e energia barata, o Brasil tem o potencial para se tornar um líder na produção de aço verde através das duas principais rotas de descarbonização do setor siderúrgico: os fornos elétricos a arco (EAF) e o ferro de redução direta (DRI) com hidrogênio.

O setor de aço também é crítico para o hidrogênio brasileiro. Na nossa análise, que foca mais na demanda por hidrogênio do que na sua produção, um setor consolidado de aço de baixo carbono cria um importante mercado para o hidrogênio. Atualmente, o tamanho do mercado internacional de hidrogênio é muito incerto, assim como a posição competitiva do Brasil nesse mercado. Portanto, o Brasil deveria focar em aumentar a escala de produção, usando a demanda doméstica para descobrir os verdadeiros custos do setor. Uma forte integração do setor de hidrogênio com o setor de aço de baixo carbono, partindo do mercado interno, é uma grande oportunidade, embora seja necessário levar em

consideração que o potencial é condicional à viabilidade comercial, ainda incerta, dessa rota de descarbonização.⁷⁷

Um elemento crítico do mercado global de aço de baixo carbono é a criação de um "clube climático" para o setor. Atualmente, o mecanismo de ajuste de fronteira de carbono (CBAM, na sigla em inglês) da União Europeia é a principal proposta nesse sentido. Embora alguns países do sul global apresentem resistência ao mecanismo, ele pode ser usado como uma oportunidade para que os países se posicionem estrategicamente.⁷⁸ As discussões internacionais sobre certificações de sustentabilidade e uma taxonomia para o aço de baixo carbono são cruciais para criar demanda por um produto potencialmente mais caro.⁷⁹

Assim, o Brasil deveria considerar implementar uma política doméstica de CBAM, alinhada com a sua Taxonomia Sustentável. Essa política poderia simultaneamente proteger a indústria brasileira de aço e manter uma pressão competitiva. Se bem ajustada, poderia maximizar as vantagens do Brasil como um produtor de energia limpa.

Nesse contexto, a janela de oportunidade do Brasil está se fechando, e alguns problemas na indústria siderúrgica doméstica devem ser resolvidos. Atualmente, 74% da produção brasileira de aço depende de alto-fornos, um processo intensivo em carbono. No entanto, existe uma oportunidade de menor curso, já que alguns produtores adotaram o uso do carvão vegetal como um primeiro passo na direção da descarbonização.⁸⁰ Um exemplo é a Vallourec, que obteve recentemente um empréstimo de pouco mais de R\$ 50 milhões do Fundo Clima do BNDES, com o objetivo de expandir sua produção com carvão vegetal.⁸¹

Apesar disso, o Brasil ainda não possui plantas DRI em operação, apesar da expertise nacional na produção de pastilhas e briquete de ferro quente (*Hot Briquetted Iron* ou HBI) pela Vale, que está fazendo parcerias com a sueca H2 Green Steel para produzir HBI com hidrogênio de baixo carbono. A Vale está construindo mega hubs equipados com fornos elétricos a arco na Arábia Saudita, nos Emirados Árabes Unidos, e em Omã.⁸²

Portanto, apesar do potencial, seguir a rota de descarbonização da redução direta a hidrogênio em fornos elétricos a arco (DRI-H2-EAF) exigiria investimentos enormes, já que o Brasil precisaria desenvolver expertise em redução direta a carvão e também estabelecer um parque industrial de eletrolizadores. Como o setor em questão é nascente e as iniciativas de localização são incipientes, este é uma rota tecnológica de mais longo prazo.⁸³

Por outro lado, o Brasil pode acelerar imediatamente seus esforços de descarbonização incentivando importantes empresas - como a Gerdau e a ArcelorMittal - a aumentar a produção de aço em fornos elétricos a arco, utilizando sucata como matéria prima. Essa abordagem usa tecnologia conhecida e

difundida, mas exige um suprimento constante de sucata, e portanto uma política abrangente para incentivar a reciclagem e o descomissionamento de plataformas de petróleo offshore.⁸⁴

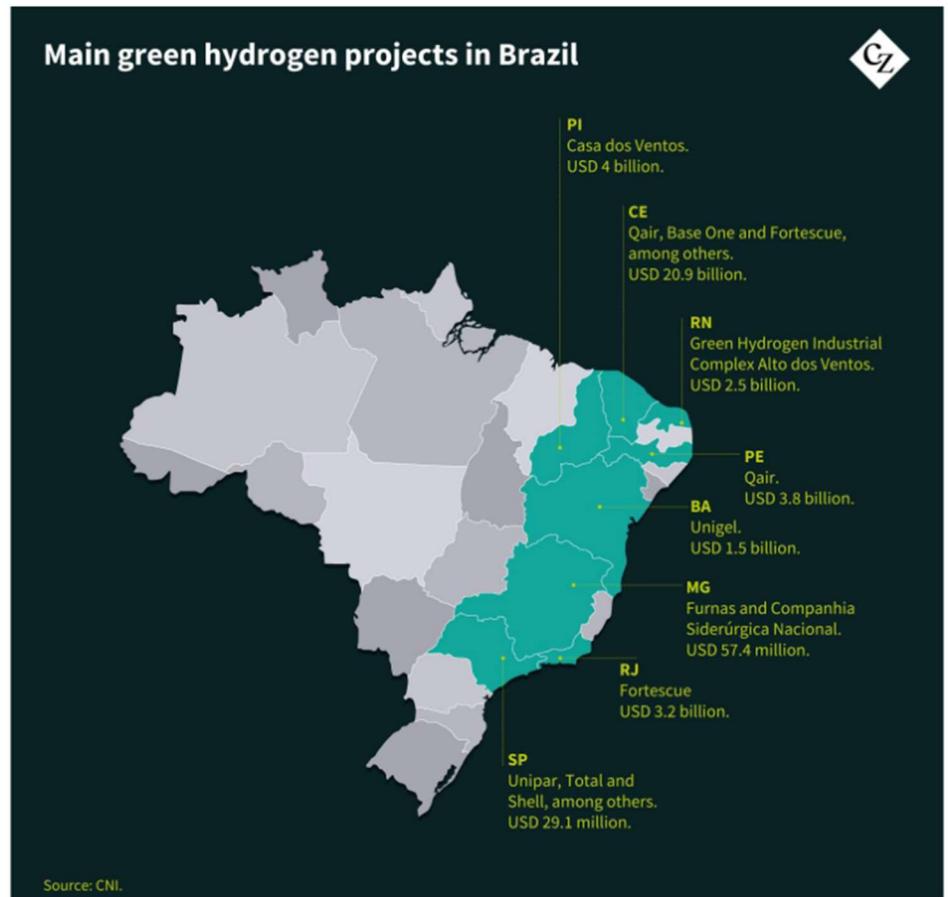
Apesar de reconhecer a importância estratégica do setor siderúrgico e até tratá-lo como um possível projeto emblemático, a atual política industrial brasileira ainda não inclui políticas específicas para o aço de baixo carbono. Até agora, o foco tem sido na proteção dos produtores domésticos, com o aumento das tarifas de importação para 25% em 11 categorias de produtos siderúrgicos, como forma de proteger o setor contra a concorrência chinesa.⁸⁵ Embora essa medida possa ajudar a estimular investimentos em um setor que sofre de excesso de capacidade ociosa, intervenções mais direcionadas são possíveis e necessárias para descarbonizar o setor e aproveitar o potencial do Brasil na produção de aço de baixo carbono.⁸⁶

Fertilizantes Verdes

O fertilizante verde é outra oportunidade promissora para o hidrogênio, além de representar uma chance de reduzir as importações. O Brasil é o maior importador de fertilizantes do mundo. Um insumo crítico para a produção de fertilizantes é o hidrogênio, que é a base da amônia (NH₄).⁸⁷



Figura 10. Projetos de hidrogênio verde com potencial para a produção de fertilizantes e aço de baixo carbono



Fonte: CNI.⁸⁸

Atualmente, os fertilizantes são predominantemente produzidos com hidrogênio cinza, obtido por meio do processo de reforma a vapor do metano (CH₄), que emite grandes quantidades de carbono. A produção de fertilizantes com hidrogênio verde reduziria drasticamente a intensidade das emissões de carbono.

Recentemente, a Atlas Agro anunciou um projeto de R\$ 7 bilhões para a produção de fertilizante verde em Uberaba.⁸⁹ O projeto utilizará 300 MW de energia limpa para produzir hidrogênio verde, amônia, e fertilizantes a base de nitrogênio.⁹⁰ Este projeto vai ajudar a reduzir as importações e gerar valor agregado, mas é importante questionar se há uma estratégia industrial mais ampla para manter esta produção competitiva e integrá-la a um ecossistema que maximize as vantagens do Brasil no longo prazo. Fertilizantes verdes são evidentes receptores de transferências de tecnologia, permitindo a inclusão de empresas nacionais ao longo de toda a cadeia de valor. Investimentos na pesquisa química e na cadeia de valor do hidrogênio e dos fertilizantes associados trarão retornos importantes ao longo de décadas. Além do projeto da Atlas Agro, outros 11 projetos foram

selecionados pelo Ministério de Minas e Energia como potenciais polos de hidrogênio de baixo carbono e possíveis beneficiários dos Fundos de Investimento Climático (CIF), demonstrando o interesse do governo no hidrogênio de baixo carbono.⁹¹

Dada sua importância para a economia brasileira, o setor siderúrgico foi incluído na Missão 1 da NIB. Apesar da discussão inicial do Conselho Nacional de Fertilizantes e Nutrição de Plantas incluir ideias para produzir fertilizantes sustentáveis a partir do processamento de resíduos do tratamento de esgoto, a rota mais tradicional para a descarbonização da produção de fertilizantes tem progredido lentamente. O marco legal para o hidrogênio verde só foi aprovado em agosto de 2024, o que atrasou a maior parte dos projetos para aproveitar as vantagens competitivas do Brasil neste setor.⁹²

Além disso, a dependência brasileira das importações de fertilizantes é difícil de romper. A criação de novas tarifas foi discutida em outubro de 2024, mas a ideia foi descartada devido ao possível aumento de custos para os produtores agrícolas, que passariam a pagar mais caro pelo fertilizante importado.⁹³ A decisão de não adotar as tarifas é contrária ao Plano Nacional de Fertilizantes, que prevê o aumento da participação de mercado dos fertilizantes produzidos no Brasil, dos atuais 15% para 55% até 2050.⁹⁴ No momento, porém, o país produz apenas um milhão de toneladas de ureia para cada 7 milhões de toneladas importadas e, até 2022, grandes produtores nacionais de fertilizantes estavam fechando a porta de algumas fábricas⁹⁵.

As iniciativas existentes têm se concentrado principalmente na localização das futuras plantas de produção de fertilizante verde, com o potencial de acelerar os esforços de descarbonização. Além da Atlas Agro, outro exemplo importante é a reativação da Araucária Nitrogenados, fábrica de fertilizantes localizada no Paraná. A Petrobras investiu pouco mais de R\$ 870 milhões no projeto⁹⁶, que conta com parcerias com a Embrapa⁹⁷ e com a norueguesa Yara para desenvolver iniciativas de descarbonização.⁹⁸ Revitalizar a capacidade produtiva nacional pode ser um primeiro passo na direção de consolidar uma indústria de fertilizantes brasileira que seja mais sustentável e descarbonizada, mas são necessários incentivos claros para aproveitar ao máximo as vantagens de cada localidade.

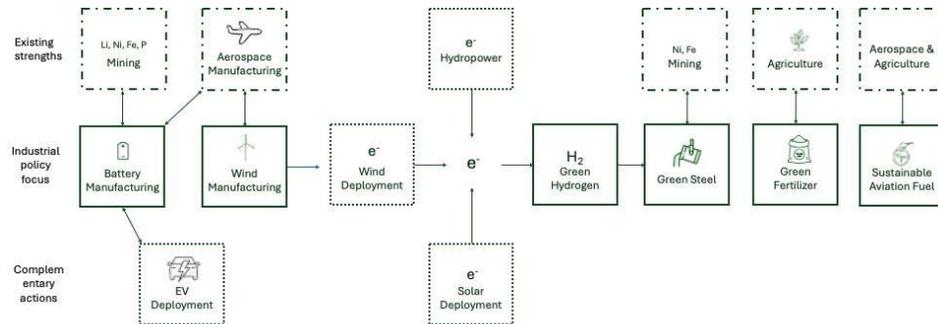
Integrando Estratégias Setoriais

Para garantir que as diversas iniciativas setoriais resultem em mais do que a soma de suas partes, deve-se levar em conta as oportunidades de integração das estratégias setoriais em um sistema coeso. No processo de impulsionar o desenvolvimento e a descarbonização, é importante pensar na transformação estrutural do sistema econômico. Parte da responsabilidade do governo é criar condições amplas para a transformação econômica, com investimentos voltados

ao futuro da infraestrutura, do capital humano, e do setor energético. A provisão de capital e de apoio técnico aos projetos, por si só, não basta.

O primeiro passo para identificar esses investimentos é mapear as cadeias de valor e investigar quais recursos serão necessário para capturar setores-chave e mantê-los competitivos no cenário global. Na Figura 11, apresentamos um ponto de partida para esse mapeamento.

Figura 11. Integrando as oportunidades setoriais do Brasil para um sistema estratégico



Investimentos Estratégicos em Educação e Inovação

Mesmo que todas as iniciativas de política industrial sejam coerentes, condicionais e bem monitoradas, polos tecnológicos necessitam de trabalhadores especializados. Isso exigirá um plano dedicado para capacitar a força de trabalho brasileira, aproveitando o enorme potencial do país e posicionando-o como um líder na geopolítica da transição energética.⁹⁹

O Mapa do Trabalho Industrial, elaborado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), estima que o Brasil precisará formar 14 milhões de pessoas para atender a demanda do mercado formal.¹⁰⁰ Isso pode ser um grande desafio, dado que o Brasil possui uma das menores taxas de matrícula em Educação Profissional e Tecnológica (EPT) dentre todos os países membros e parceiros da OCDE.¹⁰¹

As Diretrizes da Educação Profissional e Tecnológica, de 2023, pode ajudar a enfrentar este desafio. As diretrizes estabelecem um sistema de monitoramento da EPT e permite que os alunos e alunas de cursos de educação técnica possam aproveitar seus créditos para obter um diploma universitário, caso optem por isso.¹⁰² Embora os detalhes da implementação das diretrizes ainda estejam em discussão no Ministério da Educação, as mesmas farão parte da Política Nacional de Educação Profissional e Tecnológica (PNEPT).¹⁰³

Embora as melhorias da EPT possam ser consideradas uma política 'horizontal' de capital humano, o Brasil precisa direcionar seus investimentos em treinamento de

mão de obra para os setores que apresentam maior potencial de crescimento. Portanto, uma política de EPT explicitamente 'vertical' é necessária e pode ser testada em setores-chave para a descarbonização, complementando os esforços da política industrial do país.

O sistema de EPT existente no Brasil oferece uma base incompleta para a realização destes esforços. O SENAI, um dos maiores centros de EPT voltada para a indústria, desempenha um papel fundamental no treinamento de trabalhadores. Junto com o SENAC, focado em comércio e serviços, o SENAI é financiado por impostos sobre a folha de pagamento e faz parte do Sistema S. Porém, como organizações dirigidas por empresas, tanto o SENAI quanto o SENAC atendem principalmente às necessidades da atual estrutura econômica e são mais responsivos aos incentivos de mercado que às políticas do governo. Se a descarbonização se tornar central para o futuro da indústria brasileira, o SENAI provavelmente se adaptará às novas condições, mas a sua atual estrutura limita sua proatividade na promoção de mudanças.

Assim, investimentos nos Institutos Federais (IFs) podem ser a melhor forma do Brasil criar uma política focalizada de EPT. Em março de 2024, o presidente Lula anunciou recursos do novo PAC para construir 100 novos IFs, com um total de 140 mil vagas. Estes novos IFs devem destinar ao menos 80% de suas vagas à EPT - um aumento em relação aos 50% que eram exigidos dos IFs anteriormente criados. No mesmo evento, Lula declarou que o objetivo era aumentar o número de IFs de 682 para 1000.¹⁰⁴

Desde 2015, alguns desses institutos foram selecionados para receber polos de inovação da Embrapii, destacando seu potencial como nós críticos dos polos tecnológicos. Os Polos de Inovação da Embrapii já constituem importantes centros de P&D, e vários deles estão associados a Institutos Federais.¹⁰⁵

Um próximo passo crucial seria alinhar essas parcerias com a agenda de descarbonização do Brasil, incentivando o desenvolvimento de currículos e programas de treinamento específicos. Por exemplo, programas experimentais poderiam aproveitar os recentes investimentos na indústria de veículos elétricos e aerogeradores em Camaçari, adaptando o já existente programa para formar técnicos em elétrica no Instituto Federal local, para atender às demandas desses setores em crescimento. Uma vez testadas e aprimoradas, essas iniciativas poderiam ser ampliadas para outras regiões e indústrias, criando um modelo de formação técnica alinhado à estratégia industrial verde adotada pelo país.

Focando Ciência, Tecnologia e a Política de Inovação em Cadeias Produtivas Prioritárias

O Brasil tem um Marco Legal da Ciência, Tecnologia e Inovação e diversos instrumentos de políticas públicas ligados ao BNDES e à FINEP - incluindo

subsídios, subvenções, crédito subsidiado, equity, e incentivos fiscais - além de programas para estimular a formação de capital humano em indústrias estrategicamente escolhidas.¹⁰⁶ O Mais Inovação Brasil, da NIB, pretende investir pouco mais de R\$ 65 bilhões em planos estratégicos de inovação do setor privado até 2026, com o CNDI priorizando projetos relacionados às missões e eixos estruturais definidos pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI).¹⁰⁷

Historicamente, esses instrumentos e programas públicos têm levado à cooperação coordenada entre governo, indústria e universidades para o desenvolvimento e aquisição de tecnologias para setores estratégicos. Como resultado, houve um aumento sustentado na produção de patentes e de conhecimento localmente produzido nas cadeias produtivas das ilhas de excelência brasileiras: a exploração de petróleo pela Petrobras, o desenvolvimento de biocombustíveis e do agronegócio pela Embrapa, e a produção de aeronaves pela Embraer.

Agora, a questão para a Nova Indústria Brasil é se esse tipo de integração - da ciência com a inovação, das empresas com as universidades - pode ser replicado, com o devido foco, nas novas cadeias produtivas prioritárias.



Estudo de Caso Histórico

O Brasil possui casos bem-sucedidos de coordenação entre os investimentos na política industrial e nas políticas de educação e inovação focadas na criação do capital humano exigido pelas indústrias estratégicas. Os principais exemplos de criação de conhecimento estratégico e inovação foram a Embraer e a Petrobras, com suas respectivas instituições de pesquisa: o ITA (Instituto Tecnológico de Aeronáutica) e o Cenpes (Centro de Pesquisas, Desenvolvimento e Inovação Leopoldo Américo Miguez de Mello).

Embraer e ITA: o ITA é uma instituição pública de ensino superior, pertencente à Força Aérea Brasileira (FAB), com foco em engenharia aeroespacial. As origens do ITA estão entrelaçadas com a criação da FAB, na década de 1940, e com o desenvolvimento de uma indústria aeronáutica nacional. O ITA foi criado para desenvolver capital humano e incubar uma futura indústria aeronáutica nacional, em um período no qual a economia brasileira dependia fortemente de exportações agrícolas e importações de produtos industriais. Em parceria com o *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), o Brigadeiro Casimiro Montenegro Filho e sua equipe, todos ex-alunos do MIT, fundaram o ITA em 1948, com o objetivo de produzir o conhecimento necessário para desenvolver as bases da indústria aeroespacial brasileira. O ITA ficou sob a gestão do recém-criado Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (CTA). Em 1968, o Bandeirante, primeiro avião do CTA, foi construído por engenheiros do ITA. Na época, o Brasil estava sob a Ditadura Militar (1964-1985). Após a construção do Bandeirante, a questão central tornou-se o estabelecimento de um complexo de produção em massa de aeronaves, para aproveitar economias de escala. Assim, em 1969, a Embraer foi fundada como uma sociedade de economia mista dedicada à produção de aeronaves em São José dos Campos, contando com financiamento do BNDES para o seu primeiro grande contrato de venda de jatos da Embraer à American Airlines. O governo também apoiou a Embraer através da compra de 80 Bandeirantes, 112 aeronaves militares, e 50 aeronaves agrícolas. Atualmente, o ITA e a Embraer cooperam em cursos de pós-graduação voltados para a pesquisa em engenharia. Ambas as instituições criam as condições de possibilidade para a existência mútua.

Petrobras e Cenpes: outro exemplo de um investimento bem-sucedido da política industrial e da política de capital humano é a criação do Cenpes e da Petrobras. A Petrobras, que já foi totalmente estatal, é a maior empresa de petróleo e gás do Brasil, criada em 1953 pelo Presidente Getúlio Vargas. Na época, a produção de petróleo no Brasil estava focada principalmente na extração de petróleo bruto e na sua exportação, sobretudo para os Estados Unidos. A Petrobras foi uma iniciativa para criar condições estruturais que possibilitassem a extração e o processamento nacional de petróleo, desenvolvendo uma produção voltada para o mercado interno. A necessidade de mão de obra qualificada levou à criação do Cenpes, em 1963, como um centro de pesquisa aplicada focado em pesquisa e desenvolvimento de tecnologia para o setor de petróleo. Sediado no Rio de Janeiro, próximo à sede da Petrobras, o Cenpes trabalha em parceria com universidades brasileiras, bem como centros de pesquisa nacionais e internacionais. O Cenpes adapta o foco das suas pesquisas com base nas necessidades estratégicas da Petrobras e na posição relativa do Brasil no mercado global de petróleo. Inicialmente, durante as décadas de 1960 e 1970, o foco do Cenpes era desenvolver tecnologia para o refino de petróleo. Quando as reservas do pré-sal foram descobertas pela Petrobras, nos anos 2000, o foco estratégico do Cenpes passou a ser a pesquisa e desenvolvimento de técnicas de extração de petróleo em grande profundidade a partir de plataformas offshore.

Considerações finais

O Brasil possui grande potencial para assumir uma posição de destaque na nova ordem geopolítica mundial. À medida que o sistema energético global muda, os países mais importantes serão aqueles capazes de aproveitar suas dotações de recursos naturais para construir indústrias com alto valor adicionado e setores de serviço com alta geração de empregos. O Brasil já reúne as condições necessárias para se tornar um líder industrial nos sete setores analisados neste relatório: extração de minerais críticos, fabricação de baterias e veículos elétricos, produção de aerogeradores, bioquerosene, aço de baixo carbono, e fertilizantes.

Para aproveitar essas oportunidades, a política industrial brasileira deve ter três características essenciais:

1. Foco: a política industrial deve definir metas claras para um número limitado de setores, levando em consideração quais são as oportunidades de cada subsetor. A Nova Indústria Brasil começou como uma política muito ampla e pouco direcionada. O Plano de Transformação Ecológica apresenta uma abordagem mais segmentada. Entretanto, é necessário estabelecer metas quantitativas robustas para guiar decisões difíceis que deverão ser tomadas em um contexto de escassez de recursos.
2. Coordenação dos processos: políticas industriais bem-sucedidas dependem de fluxos eficazes de troca de informações entre o governo, a indústria, e os especialistas, além da coordenação entre diferentes níveis de governo.
3. Investimentos estruturais em educação e inovação: o Brasil precisa construir uma base de inovação para competir com outras economias que estão tomando a dianteira na nova geopolítica energética. Sem um esforço altamente focalizado para gerar conhecimento em áreas específicas, a política industrial brasileira não alcançará o seu potencial.

O Brasil, como todos os países em desenvolvimento, enfrenta restrições fiscais durante a transição energética. Mas mesmo na ausência de um grande orçamento para a política industrial, o país pode conduzir investimentos estratégicos a partir do BNDES, através de linhas de financiamento com taxas de juros mais baixas. No entanto, é importante garantir que a política industrial siga um plano coeso, e não consista em um arremedo de projetos desconexos.

Rodrik e Stiglitz recentemente argumentaram que a tradicional receita de desenvolvimento econômico baseado na industrialização e na exportação de produtos industriais tem se tornado mais difícil.¹⁰⁸ A indústria já não absorve grandes contingentes de mão de obra, e a dominância chinesa criou um cenário altamente competitivo. Como resultado, ambos os economistas enfatizam a importância crucial dos setores de serviços no desenvolvimento. Mesmo assim, eles notam que "aumentar a produtividade em setores de serviços que absorvem grandes contingentes de mão de obra é provavelmente mais difícil do que aumentar a produtividade na indústria de manufatura" e que "a expansão dos

setores de serviços que não podem ser exportados, justamente aqueles que mais geram empregos, acaba sendo limitada pelo tamanho do mercado doméstico."¹⁰⁹ Isso sugere que existem importantes restrições ao potencial de uma trajetória de crescimento econômico liderada por serviços.

Existe, porém, um caminho alternativo, proposto por Carlota Perez. Ela argumenta que um país pode construir indústrias complexas e dinâmicas a partir de sua dotação de recursos naturais.¹¹⁰ O essencial é evitar a primarização da economia e a dependência da produção de commodities. Ela sugere que este objetivo pode ser alcançado através de políticas industriais que foquem no desenvolvimento de redes de produção intensivas em tecnologia, diversificando a economia para além da produção de commodities. Os recursos naturais seriam um "trampolim para a industrialização e o desenvolvimento econômico", desde que o setor de commodities desenvolva e mantenha vínculos com cadeias industriais mais complexas.¹¹¹ Criar esses vínculos envolve desafios econômicos e políticos, mas pode ser conseguido através de políticas econômicas focalizada.¹¹²

Há uma rota evidente de crescimento econômico para o Brasil. A força do país na agricultura e nos setores de minerais críticos fornecem uma base para investimento produtivo em indústrias correlatas. Uma política industrial bem pensada, fomentando os vínculos entre estes setores estratégicos, pode permitir que o país aproveite as sinergias entre os setores de recursos naturais, a indústria e um crescente setor de serviços, promovendo uma transformação estrutural ampla.

Anexo Metodológico

Metodologia para a Figura 1 - O potencial brasileiro em recursos naturais na nova geopolítica energética

Potencial solar: obtido a partir da base de dados *World Bank SolarGIS*, usando o indicador de Nível 1 para o potencial de geração de energia fotovoltaica em larga escala.¹¹³ Esse indicador exclui áreas consideradas inadequadas para a instalação de grandes usinas fotovoltaicas devido a características do terreno ou restrições ao uso do solo.

Potencial eólico: medida baseada em dados fornecidos por Tonelli et al. (2023), que estimam a capacidade máxima (em TWh/ano) que um país pode produzir em energia solar ou eólica onshore.¹¹⁴ O estudo considera um cenário no qual 100% de toda a área adequada para a geração de energia eólica é dedicada para este fim, excluindo áreas florestais, agrícolas ou urbanas. Na análise, 10% das terras florestais e 70% das terras agrícolas foram consideradas adequadas para a instalação de aerogeradores. Para o potencial de geração de energia eólica offshore, nos baseamos em indicadores do Banco Mundial.¹¹⁵

Potencial de eletrólise verde: este indicador foi estimado usando a média do potencial máximo de produção de hidrogênio verde a partir da eletrólise da água usando apenas energia eólica ou solar, considerando como únicos limites a disponibilidade de eletricidade e água. Para isso, usamos as estimativas de potencial solar e elétrico para determinar o potencial de produção de hidrogênio com essas fontes, descontando a demanda nacional por energia elétrica.¹¹⁶ Na análise, supomos que o processo de eletrólise tenha uma eficiência de 50kWh por quilo de hidrogênio, e que a eletrólise a partir da energia solar ou eólica exige, respectivamente, 32 ou 22 quilos de água para cada quilo de hidrogênio produzido.¹¹⁷ Para os países com difícil acesso ao mar, a disponibilidade de água foi calculada como o total da água disponível menos o consumo nacional; para países com acesso fácil ao mar, a disponibilidade de água não foi considerada uma limitação devido à possibilidade de combinar processos de dessalinização com eletrólise. A distinção entre acesso "difícil" ou "fácil" ao mar foi baseada na extensão do litoral de cada país.¹¹⁸ Em todos os casos, o potencial de produção de hidrogênio verde foi estimado considerando qual fator era mais limitante: a disponibilidade de água ou de energia eólica/solar. O indicador final consiste na média entre a estimativa de produção de hidrogênio verde a partir de energia eólica e a estimativa de produção de hidrogênio verde a partir de energia solar. Nos casos em que a estimativa de disponibilidade de água para eletrólise era negativa, supomos um potencial de produção de hidrogênio igual a zero.

Potencial de minerais críticos: este indicador foi calculado pelo NZIPL com base nas reservas nacionais conhecidas de sete minerais (cobalto, cobre, lítio, níquel, manganês, fosfato e bauxita), conforme dados do USGS.¹¹⁹ Para cada mineral, calculamos as reservas nacionais como uma porcentagem de todas as reservas globais. Depois, calculamos a média dessas porcentagens para cada país, e aplicamos uma escala logarítmica.

Biocapacidade nacional: este indicador se baseia nos dados da Global Footprint Initiative, da Universidade de York.¹²⁰ Os dados consistem em estimativas da produtividade biológica por hectare. Na nossa análise, calculamos a soma da biocapacidade de terras agrícolas, florestais e de pastagem em 2022.

Reservas de petróleo e gás: usamos dados da US Energy Information Administration, aplicando uma escala logarítmica.¹²¹

Metodologia para a Figura 2 - O potencial de manufatura avançada do Brasil na nova geopolítica energética

Complexidade das exportações: indicador obtido a partir do ranking do *Observatory of Economic Complexity* para o ano de 2021.¹²²

Exportações de produtos industriais verdes: índice obtido a partir do valor em dólares de todas as exportações nacionais no período de 2016 a 2022 na base de dados *Comtrade*, da ONU, que discrimina os produtos exportados em diversas categorias. Seleccionamos apenas as categorias que correspondem a uma tecnologia de energia limpa, conforme definido pelo banco de patentes da IRENA, e somamos o valor total dessas exportações.

Patentes de energias renováveis: o número de patentes foi obtido a partir do banco de dados da IRENA, que continha informações sobre patentes para o período 2000-2021, por país de origem. Os dados incluem patentes nas seguintes categorias (lista em inglês): Batteries, Biofuels, CCUS, Crosscutting, Electromobility-Charging Stations, Electromobility - Energy Storage, Electromobility - Information/Communication Technologies, Electromobility - Machine related technology, Energy Efficiency, Energy Storage - General, Fuel Cells, Fuel from waste, Geothermal Energy, Green hydrogen (water electrolysis), Heat pumps, Hydrogen (storage and distribution and applications), Hydropower, Mechanical energy storage (e.g. flywheels or pressurized fluids) Ocean Energy, Others, PV, PV - Thermal Hybrid, Smart Grids, Solar Thermal, Thermal energy storage, Ultracapacitors, supercapacitors, double-layer capacitors, Wind Energy.

P&D: medida calculada como a porcentagem de gastos com P&D sobre o PIB, obtida em base de dados do Banco Mundial, para o período 2016-2022.

Educação: medida calculada com base na taxa bruta de matrícula no Ensino Superior, medindo a proporção do total de matrículas no ensino superior sobre a população na faixa etária mais propensa a estar matriculada. Usando dados do Banco Mundial, calculamos a média deste indicador para o período 2016-2022.

Preço da eletricidade residencial e comercial: dados obtidos a partir do *Global Petrol Prices* para os meses de março de 2023 (para a eletricidade residencial) e dezembro de 2023 (para a eletricidade comercial).¹²³

Redes de energia de zero carbono: indicador calculado com base na intensidade de carbono das redes elétricas nacionais, com dados obtidos da Our World in Data, medindo a porcentagem de energia renovável e nuclear na matriz elétrica de cada país no ano de 2021.

Notas

1 <https://www.irena.org/publications/2019/Jan/A-New-World-The-Geopolitics-of-the-Energy-Transformation>

2 Para a metodologia do ranking do NZIPL, veja o anexo. A mesma metodologia foi aplicada a todos os países, e o ranking global será divulgado em um relatório futuro

3 Para maiores detalhes, veja o anexo metodológico. Não incluímos o potencial eólico offshore nesta figura devido a limitações dos dados, mas este potencial é incluído na nossa análise do setor.

4 Arbache, Jorge e Luíz Esteves (2023). Resiliência com eficiência: Como o powershoring pode colaborar para a descarbonização e o desenvolvimento econômico da América Latina e Caribe. Caracas: Banco de Desenvolvimento da América Latina e Caribe.

<https://scioteca.caf.com/handle/123456789/2078>; Arbache, Jorge (2022). "Powershoring". CAF, Banco de Desenvolvimento da América Latina. Vídeo:

<https://www.caf.com/pt/conhecimento/visoes/2022/11/powershoring/>; Jiajun Xu, e Régis Marodon. 2023. Public Development Banks and Development Financing Institutions Database. Peking University Open Research Data Platform. <https://doi.org/10.18170/DVN/VLG6SN>.

5 <https://www.wsj.com/articles/a-factory-exodus-is-hollowing-out-brazils-industrial-heartland-83505647>

6 Morceiro, Paulo e Joaquim Guilhoto (2023). Sectoral deindustrialization and long-run stagnation of Brazilian manufacturing. *Brazilian Journal of Political Economy* Vol. 43, No. 2.

<https://www.scielo.br/j/rep/a/jyQCmYg8BPPFWbFRjG7tGSq/>; Nassif, André e Paulo Morceiro (2021). Industrial policy for prematurely deindustrialized economies after the Covid-19 pandemic crisis: Integrating economic, social and environmental goals for Brazil. Artigo apresentado na 25th Conference of the Forum for Macroeconomics and Macroeconomic Policies (FMM), Berlin.

https://www.anpec.org.br/encontro/2022/submissao/files_/i9-df470b3fce623cb2fd47e912dc8d96d8.pdf;

Palma, José Gabriel (2005). Four sources of “de-industrialization” and a new concept of the “Dutch disease.” IN José Antonio Ocampo (ed.) *Beyond reforms: structural dynamics and macroeconomic vulnerability*. Washington, DC: Stanford University Press e Banco Mundial, p. 71-116; Rodrik, Dani (2016). *Premature Deindustrialization*. *Journal of Economic Growth*, Vol. 21: 1-16.

7 Jenkins, Rhys (2015). Is Chinese Competition Causing Deindustrialization in Brazil? *Latin American Perspectives* Vol. 42, No. 6, pp. 42-63. <https://www.jstor.org/stable/24574023>

8 <https://comexstat.mdic.gov.br/en/geral>

9 Jenkins (2015), p. 43.

10 Como consequência, alguns especialistas argumentam que a China é responsável pela "primarização" da economia brasileira, reduzindo-a a uma exportadora de commodities (Jenkins 2015, p. 55). A desindustrialização e primarização podem ter consequências econômicas negativas ao aumentar a volatilidade da moeda nacional (que passa a ter seu valor vinculado aos preços das commodities) e a desigualdade (diminuindo a disponibilidade relativa de postos de emprego com salários mais elevados e aumentando o poder de mercado das grandes produtoras de commodities). Além disso, dado que a indústria é importante para o processo de desenvolvimento como um todo (ao absorver mão de obra, aumentar a produtividade do trabalho e criar maior potencial de exportações), a desindustrialização pode limitar o processo de transformação estrutural (ver Rodrik (2016); Chang, Ha Joon, Antonio Andreoni e Ming Leong Kuan (2013). *International industrial policy experiences and the lessons for the UK. Future of Manufacturing Project: Evidence Paper 4*).

11 [https://unfccc.int/sites/default/files/2024-](https://unfccc.int/sites/default/files/2024-11/Brazil_Second%20Nationally%20Determined%20Contribution%20%28NDC%29_November2024.pdf)

[11/Brazil_Second%20Nationally%20Determined%20Contribution%20%28NDC%29_November2024.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/2024-11/Brazil_Second%20Nationally%20Determined%20Contribution%20%28NDC%29_November2024.pdf)

12 De Gaspi, Renato H. (2024). Forging Alliances: Political Competition and Industrial Policy in Democratic Brazil *Third World Quarterly* Vol. 45, No. 5, pp. 981–1002.

<https://doi.org/10.1080/01436597.2023.2283466>; De Gaspi, Renato H. (2024). Developmental Channels: (Incomplete) Development Strategies in Democratic Latin America. *Regulation & Governance* Vol.18, No.4, pp. 1210–31. <https://doi.org/10.1111/rego.12575>.

13 O mapeamento das cadeias produtivas é o mesmo para ambos os setores, pois é feito com base na análise das matrizes insumo-produto destes mercados. Ainda não foram divulgados maiores detalhes sobre esses mapeamentos.

14 https://www.youtube.com/watch?v=bY9IS1_8lZA

15 <https://www.youtube.com/watch?v=9p3p5z5vNoY>

16 <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/2024/dezembro/cndi-instala-gt-para-desenho-de-novas-cadeias-produtivas-no-ambito-da-nova-industria-brasil>;

<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-ce/cndi/mdic-n-6-de-29-de-outubro-de-2024-594313857>

17 https://www.gov.br/gestao/pt-br/assuntos/comissao-interministerial-de-contratacoes-publicas-para-o-desenvolvimento-sustentavel/RESOLUCAO_SEGES_CICS_MGI_N_2_DE_2_DE_JULHO_DE_2024__RESOLUCAO_SEGES_CICS_MGI_N_2_DE_2_DE_JULHO_DE_2024__DOU__Imprensa_Nacional.pdf;

<https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202409/esther-dweck-destaca-avancos-em-contratacoes-publicas-e-transformacao-digital-do-estado-para-impulsionar-a-industria-brasileira>

18 De Gaspi, Renato H., e Pedro Perfeito Da Silva (2024). "The Sectoral Politics of Industrial Policy Making in Brazil: A Polanyian Interpretation." *Development and Change* 55 (3): 398–428.

<https://doi.org/10.1111/dech.12835>

19 https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/l14993.htm

20 <https://normas.leg.br/?um=urn:lex:br:federal:lei:2024-08-02;14948>

21 Esse tipo de coordenação é crucial para políticas industriais democráticas, como demonstrado amplamente por diversos artigos recentes. Ver Bulfone, Fabio, Timur Ergen e Erez Maggor (2024). *The Political Economy of Conditionality and the New Industrial Policy*. Max Planck Institute Discussion Paper, 6.



- 22 <https://www.systemiq.earth/wp-content/uploads/2024/12/2024-12-10-EU-CRM-Innovation-Roadmap-vFinal-1.0-1.pdf>
- 23 <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/latest-news-headlines/us-government-investing-25m-in-brazilian-nickel-cobalt-project-8211-ft-60603071>
- 24 <https://www.mining.com/sigma-lithium-project-in-brazil-just-got-27-bigger/>
- 25 <https://www.mining.com/sigma-lithium-receives-preliminary-approval-for-grota-do-cirilo-funding/>
- 26 US Geological Survey. 2024. Mineral Commodities Summary. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2024/mcs2024.pdf>
- 27 <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/metals/061423-appian-seeks-location-for-brazil-graphite-processing-supercycle-continues-ceo>; <https://www.southstarbattery.com/2021/06/29/south-star-battery-metals-announces-positive-production-of-battery-grade-coated-spherical-purified-graphite/>
- 28 <https://carnegieendowment.org/2023/05/03/friendshoring-critical-minerals-what-could-u.s.-and-its-partners-produce-pub-89659>
- 29 Bloomberg New Energy Finance (2023). Electric Vehicle Outlook.
- 30 <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/pnm-2050/sobre-o-pnm-2050>
- 31 Os seguintes minerais estratégicos foram selecionados: alumínio, cobalto, cobre, estanho, grafite, lítio, manganês, metais do grupo da platina (MGPs), molibdênio, nióbio, níquel, silício, tântalo, terras raras, titânio, tungstênio, urânio, vanádio e zinco. Ver: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/fundo-de-minerais-criticos-deve-destinar-ate-r-1-bilhao-para-pesquisa-de-minerais-estrategicos-para-a-transicao-energetica-e-seguranca-alimentar>
- 32 <https://www.gov.br/secom/pt-br/assuntos/obrasilvultou/desenvolvimento/conselho-nacional-de-politica-mineral-cnpm-e-restruturado>; <http://www.finep.gov.br/chamadas-publicas/chamadapublica/753>; <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/pnm-2050/sobre-o-pnm-2050>
- 33 <https://inventuspower.com/capabilities/brazil-solutions/>; <https://www.borgwarner.com/newsroom/press-releases/2022/11/28/borgwarner-announces-battery-systems-factory-in-brazil>
- 34 Espera-se uma capacidade de mais de 8000 GWh, com uma demanda totalizando 4000 GWh em 2030. Ver: Bloomberg New Energy Finance (2024). Long-term EV Outlook; https://transitionaccelerator.ca/wp-content/uploads/2023/05/A-Roadmap-for-Canadas-Battery-Value-Chain_FULL.pdf; <https://www.energypolicy.columbia.edu/publications/the-ira-and-the-us-battery-supply-chain-background-and-key-drivers/>
- 35 <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/economia/audio/2024-07/imposto-sobre-importacao-de-carro-eletrico-aumenta-para-18>
- 36 [https://www.swissinfo.ch/por/bndes-aprova-financiamento-de-r\\$304-mi-para-volkswagen-no-brasil/87631556](https://www.swissinfo.ch/por/bndes-aprova-financiamento-de-r$304-mi-para-volkswagen-no-brasil/87631556)
- 37 A Mercedes manteve algumas das suas operações no setor de ônibus e caminhões. <https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/us/en/news/2021/01/11/ford-advances-south-america-restructuring.html>; <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/mercedes-benz-lay-off-3600-workers-brazil-2022-09-06/>.
- 38 <https://valorinternational.globo.com/business/news/2024/03/07/analysis-brazil-remains-one-of-the-worlds-biggest-vehicle-producers.ghtml>
- 39 <https://www.autodata.com.br/noticias/2024/10/21/toyota-e-renault-colocam-as-suas-fichas-nos-hibridos-flex/79453/>
- 40 FENABRAVE. 2024. Informativo FENABRAVE - Dezembro 2024.

- 41 <https://robbieandrew.github.io/carsales/>
- 42 <https://www.gov.br/planalto/pt-br/acompanhe-o-planalto/noticias/2024/04/presidente-lula-reforca-estimulo-a-industria-automotiva-que-investira-r-125-bi-no-brasil-ate-2033>
- 43 Este problema tem sido apontado desde a década de 1970. Ver: Evans, Peter (1979) Dependent Development: the alliance of multinational, state, and local capital in Brazil.
- 44 <https://www.cnnbrasil.com.br/auto/imposto-de-35-sobre-eletricos-atende-veiculos-a-combustao-e-frustra-planos-de-baixa-emissao-diz-setor/>
- 45 https://liftoff.energy.gov/wp-content/uploads/2024/11/Pathways-to-Commercial-Liftoff_Sustainable-Aviation-Fuel.pdf; <https://modern diplomacy.eu/2024/08/22/chinas-new-policy-on-sustainable-aviation-fuel-saf-a-step-towards-greener-future/>
- 46 <https://rsb.org/wp-content/uploads/2021/04/RSB-SAF-Feedstock-availability-in-Brazil.pdf>; <https://fapesp.br/publicacoes/flightpath-to-aviation-biofuels-in-brazil-action-plan.pdf>
- 47 <https://rsb.org/wp-content/uploads/2021/04/RSB-SAF-Feedstock-availability-in-Brazil.pdf>
- 48 Espera-se que a fábrica da Brasil BioFuels tenha uma capacidade de produção de SAFs de 280 milhões de litros por ano, e que os principais compradores serão a Latam, a Gol e a Azul. Ver: Bloomberg New Energy Finance (2024). Global Renewable Fuels Projects Tracker.; <https://www.spglobal.com/commodityinsights/es/oil/refined-products/jetfuel/051822-brazil-saf-mandate-to-target-emissions-reductions-starting-in-2027>
- 49 <https://www.agweb.com/markets/pro-farmer-analysis/shell-backed-ethanol-firm-considers-making-saf-brazil>
- 50 Bloomberg New Energy Finance. 2024. Sustainable Aviation Fuel Outlook.
- 51 <https://www.spglobal.com/commodityinsights/es/oil/refined-products/jetfuel/051822-brazil-saf-mandate-to-target-emissions-reductions-starting-in-2027>
- 52 <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/negocios/brasil-estima-produzir-16-bi-de-litros-de-combustivel-sustentavel-de-aviacao/>
- 53 <https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-10-31/big-oil-sees-brazil-becoming-major-global-hub-for-clean-jet-fuel>
- 54 <https://valor.globo.com/empresas/noticia/2023/12/31/petrobras-compra-tecnologia-para-produzir-bioquerosene-de-aviacao-e-diesel-renovavel-com-oleo-de-soja-e-sebo-bovino.ghtml>
- 55 <http://www.finep.gov.br/chamadas-publicas/chamadapublica/746>; <https://valor.globo.com/publicacoes/especiais/revista-inovacao/noticia/2024/12/19/empresas-aceleram-para-produzir-combustivel-sustentavel-de-aviacao-em-2027.ghtml>
- 56 Bloomberg New Energy Finance (2024). 2023 Global Wind Turbine Market Shares: Boom in China.
- 57 Dados do NZIPL, obtidos a partir de declarações das empresas do setor.
- 58 https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2013/GWEC/GWEC_Brazil.pdf?la=en&hash=536D559594CEC6820C897026415CA78287726696
- 59 <https://www.bloomberg.com/news/articles/2012-12-13/bndes-raises-local-content-requirement-for-brazil-wind-turbines>; <https://www.bloomberg.com/news/articles/2012-08-09/rousseff-solar-push-thwarted-by-bndes-loan-ban-corporate-brazil>
- 60 Bazilian, Morgan, Victoria Cuming, e Thomas Kenyon (2020). Local-content rules for renewables projects don't always work. Energy Strategy Reviews, Volume 32, 100569. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X2030122X>
- 61 Bazilian et al. (2020), p. 4.

- 62 Ferraz, João Carlos, Luma Ramos, e Bruno Plattek (2022). Development finance innovations and conditioning factors: The case of the Brazilian Development Bank and sustainable industries Brazilian Journal of Political Economy, Vol. 42, No. 4, pp. 977–997. <https://www.scielo.br/jj/rep/a/tB5zt8v5XzhT9Mfjnk5FRFC/?lang=en>
- 63 WEG (2024). Manufacturing Sites. https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h53/hde/50022688_english_web.pdf
- 64 <https://valor.globo.com/publicacoes/suplementos/noticia/2022/06/30/importacao-de-equipamentos-encarece-projetos.ghtml>
- 65 Os gargalos de infraestrutura constituem um problema geral que afeta todas as exportações brasileiras. Ver: Fall, Falilou, Priscilla Fialho e Tony Huang (2024). Scaling-up infrastructure investment to strengthen sustainable development in Brazil. OECD Economics Department Working Papers 1790.
- 66 Wang, Zhan, Geraldo Martha Jr., Jing Liu, Cicero Lima e Thomas Wertel. (2024). Planned expansion of transportation infrastructure in Brazil has implications for the pattern of agricultural production and carbon emissions. Science of the Total Environment. Vol. 928.
- 67 Santos, Rosana. E+
- 68 <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/2023/dezembro/recomposicao-tarifaria-estimula-producao-nacional-de-paineis-solares-e-aerogeradores>; <https://renewablesnow.com/news/bndes-finances-development-of-7-mw-onshore-wind-turbine-by-weg-822816/>
- 69 <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/2024/junho/relatorio-do-gt-de-energia-eolica-com-propostas-para-o-setor-e-encaminhado-a-casa-civil>
- 70 <https://emaisenergia.org/artigo-de-opiniao/emendas-ao-pl-576-21-ameacam-protagonismo-do-pais-na-transicao-energetica/>
- 71 <https://www.cnnbrasil.com.br/politica/lula-veta-jabutis-do-setor-eletrico-no-pl-das-eolicas-offshore/>
- 72 Vale a pena mencionar que a metodologia de radar usada no presente relatório (ver Figura 1) não leva em consideração o potencial eólico offshore, de modo que o potencial eólico do Brasil é subestimado - para mais detalhes, ver o anexo metodológico. Ver: Banco Mundial (2024). Scenarios for Offshore Wind Development in Brazil.
- 73 Allan, Bentley e Jonas Nahm (2024). Strategies of green industrial policy: how states position firms in global clean energy supply chains. American Political Science Review. <https://doi.org/10.1017/S0003055424000364>
- 74 Bataille, Chris, Seton Stiebert e Francis G. N. Li (2024). Facility level global net-zero pathways under varying trade and geopolitical scenarios. Global Energy Monitor. <http://netzerosteel.org>.
- 75 Bataille et al 2024, 44.
- 76 Bataille et al. (2024), p. 7. A legenda contém sete siglas representativas de metodologias de produção de aço. Na ordem em que aparecem: Redução Direta a Hidrogênio - Forno de Arco Elétrico, Forno de Arco Elétrico com utilização de ferro briquetado a quente (HBI) como matéria prima, Forno de Arco Elétrico com utilização de sucata como matéria-prima, Redução Direta com Gás – Captura e Armazenamento de Carbono – Forno de Arco Elétrico, Redução Direta a Gás Natural - Forno de Arco Elétrico, Redução Direta a Carvão - Forno de Arco Elétrico, Alto-fornos
- 77 Relva, Stefania, Clauber Leite, Rosana Santos, Fabian Barrera, Leandro Janke, Karina Marzano, Camilla Oliveira, Kathrin Gretener, Bruno Naredo, Ennio Peres da Silva e Jorge Boeira (2024). 12 Insights sobre Hidrogênio. Relatório conjunto da E+, Agora Industry e Cognition Consultoria.
- 78 Kumar, Manoj e Ohri Nikunj (2024). “India Sees EU Carbon Tax Proposal as Unfair and Not Acceptable, Official Says.” Reuters. <https://www.reuters.com/world/india/india-sees-eu-carbon-tax-proposal-unfair-not-acceptable-official-says-2024-07-29/>.

- 79 E+ (2024). Strategies for Strengthening Green Iron and Steel Trade Agreements.
- 80 Global Energy Monitor (2024). Forging a sustainable future: Brazil's opportunity to lead in steel decarbonization.
- 81 <https://agenciadenoticias.bndes.gov.br/detalhe/noticia/BNDES-aprova-primeira-operacao-de-carvao-vegetal-do-Fundo-Clima/>
- 82 <https://vale.com/w/vale-advances-on-mega-hubs-project-by-signing-off-take-agreement-with-essar-group-to-supply-iron-ore-agglomerates>
- 83 <https://eixos.com.br/hidrogenio/incentivos-para-hidrogenio-devem-olhar-fabricantes-nacionais-de-equipamentos-defende-hytron/>; <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/alexandre-silveira-destaca-vanguarda-do-pais-em-inauguracao-de-centro-de-hidrogenio-verde>
- 84 Isto é particularmente importante devido às dificuldades enfrentadas por coletores de sucata. Ver: <https://oeco.org.br/reportagens/porque-o-brasil-recicla-somente-um-quarto-de-sucata-ferrosa-e-a-cadeia-opera-na-ociosidade/>; <https://valorinternational.globo.com/business/news/2024/09/20/dismantling-oil-platforms-could-generate-r300bn.ghtml>
- 85 <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/camex/atas-e-resolucoes/gecex/extratos/deliberacoes-da-219a-reuniao-ordinaria-do-comite-executivo-de-gestao-gecex-1>
- 86 <https://eixos.com.br/transicao-energetica/governo-defende-aco-verde-como-carro-chefe-para-brasil-ganhar-mercado-internacional/>
- 87 <https://oec.world/en/profile/bilateral-product/fertilizers/reporter/bra>
- 88 <https://www.czapp.com/analyst-insights/green-hydrogen-law-a-boon-for-brazilian-agribusiness/>
- 89 <https://www.atlasagro.ag/atlas-agros-uberaba-green-fertilizer-project-selected-to-join-global-effort-to-decarbonize-accelerate-industrial-energy-transition/>
- 90 <https://www.icis.com/explore/resources/news/2024/10/31/11046102/atlas-agro-and-casa-dos-ventos-to-develop-green-fertilizer-project-in-brazil/>
- 91 Projeto H2Orizante Verde – Grupo CSN (RJ); DRHy – EDP Renováveis Brasil (CE); Camaçari H2V HUB – Neoenergia (BA); Uberaba Green Fertilizer (UGF) – Atlas Agro (MG); Hub de Hidrogênio Verde – São Paulo – Petrobras (SP); H2 Açu Hub – Prumo Logística (RJ); B2H2 – Copel GET (PR); H2AL-BRUK – Solatio (SP); Cubatão H2V Hub – Eletrobras (SP); Hub de Hidrogênio e Amônia Verdes em MG – Cemig (MG); Projeto H2V – Ecohydrogen Energy S.A. (BA); Suape TE HUB – Complexo Industrial Portuário de Suape (PE)
- <https://fuelcellworks.com/2025/01/01/news/brazil-mme-announces-the-selection-f-12-projects-for-the-creation-of-hydrogen-hubs>
- 92 <https://eixos.com.br/hidrogenio/brasil-precisa-avancar-na-regulacao-do-hidrogenio-para-viabilizar-producao-de-fertilizantes-verdes-diz-diretora-do-bndes/>
- 93 <https://exame.com/agro/camex-mantem-tarifa-sobre-importacao-de-fertilizante-isenta/>
- 94 https://portal.apexbrasil.com.br/regulatory_report/the-federal-government-enacted-the-2022-2050-national-fertilizer-plan-seeking-to-reduce-the-brazilian-dependency-on-imported-fertilizers-currently-supplying-more-than-80-of-demand-among-its-goals/
- 95 Gomes, Ieda, Aliaksei Patonia, Agustín Gogorza, Luciano Caratori, Hernan Carlino, Nathalia Gama, Luis Diazgranados, Nuria Hartmann e Hans Kulenkampff (2024). Hydrogen for the ‘Low Hanging Fruits’ of South America: Decarbonising Hard-to-Abate Sectors in Brazil, Argentina, Colombia, and Chile. OIES Paper ET 33. Oxford: The Oxford Institute for Energy Studies.
- 96 <https://www.worldfertilizer.com/project-news/16082024/petrobras-starts-reactivation-process-for-fertilizer-plant-in-araucaria-parana-state/>
- 97 <https://agencia.petrobras.com.br/en/w/negocio/petrobras-e-embrapa-assinam-cooperacao-para-pesquisas-em-produtos-de-baixo-carbono-e-fertilizantes>

- 98 <https://brazilenergyinsight.com/2024/11/18/petrobras-and-yara-sign-agreements-for-technical-cooperation-and-industrialization-of-arla-32/>
- 99 Esta seção oferece uma avaliação preliminar da política de Educação Profissional e Técnica e da política de inovação. Pretendemos investigar esses temas de forma mais aprofundada em um trabalho futuro.
- 100 <https://www.portaldaindustria.com.br/canais/observatorio-nacional-da-industria/produtos/mapa-do-trabalho-industrial-2025-2027/>
- 101 OCDE (2022). Engaging Employers in Vocational Education and Training in Brazil: Learning from International Practices. <https://doi.org/10.1787/d76a2fe6-en>
- 102 <https://www.folhape.com.br/colunistas/blogdafolha/lula-sanciona-o-marco-legal-do-ensino-tecnico-projeto-de-joao-campos/38889/>
- 103 <https://www.gov.br/mec/pt-br/pnept>
- 104 <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202403/lula-e-com-a-educacao-que-a-gente-vai-ser-um-pais-de-primeiro-mundo>
- 105 <https://embrapii.org.br/en/unidades-embrapii/>
- 106 https://www.gov.br/inpi/pt-br/inpi-data/indice-brasil-de-inovacao-e-desenvolvimento-ibid/IBID2024_ENfinal.pdf
- 107 O Mais Inovação Brasil tem um orçamento de R\$ 61 bilhões até 2026, dos quais R\$ 41 bilhões são para empréstimos a taxas de referência - R\$ 21 bilhões correspondem a financiamentos do BNDES, e R\$ 20 bilhões correspondem a financiamento da Finep. A Finep também está disponibilizando R\$ 20 bilhões adicionais em fundos não-reembolsáveis. <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2023/08/mcti-vai-aportar-r-41-bilhoes-no-programa-mais-inovacao-brasil>
- 108 Stiglitz, Joseph e Dani Rodrik (2024). A new growth strategy for developing nations. <https://drodrik.scholar.harvard.edu/publications/new-growth-strategy-developing-nations>
- 109 Stiglitz e Rodrik (2024), p. 12.
- 110 Perez, Carlota (2017). Could technology make natural resources a platform for industrialization? Identifying a new opportunity for Latin America (and other resource-rich countries). IN Akbar Noman e Joseph E. Stiglitz (eds.). Efficiency, Finance, and Varieties of Industrial Policy: Guiding Resources, Learning, and Technology for Sustained Growth, pp. 353-389. Columbia University Press.
- 111 Perez (2017), p. 362.
- 112 Hirschman, Albert (2014). A Generalized Linkage Approach to Development, with Special Reference to Staples. IN Jeremy Adelman (ed.). The Essential Hirschman. Princeton, NJ Oxford: Princeton University Press, 155–94.
- 113 <https://documents1.worldbank.org/curated/en/466331592817725242/pdf/Global-Photovoltaic-Power-Potential-by-Country.pdf>
- 114 Tonelli, Davide, Lorenzo Rosa, Paolo Gabrielli, Ken Caldeira, Alessandro Parente e Francesco Contino (2023). Global land and water limits to electrolytic hydrogen production using wind and solar resources Nature Communications, Vol. 1, 5532. <https://www.nature.com/articles/s41467-023-41107-x>
- 115 Banco Mundial (2024). Scenarios for Offshore Wind Development in Brazil
- 116 A demanda nacional por energia elétrica também foi obtida a partir do estudo de Tonelli et al. (2023), que forneceu as estimativas do potencial eólico e solar de cada país.
- 117 Henriksen, Megan S., H. Scott Matthews, John White, Liam Walsh, Eric Grol, Matthew Jamieson e Timothy J. Skone (2024). Tradeoffs in Life Cycle Water Use and Greenhouse Gas Emissions of Hydrogen Production Pathways International Journal of Hydrogen Energy Vol. 49, January 2, pp. 1221–34. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.08.079>.

118 Usando dados de Tonelli et al. (2023).

119 <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/mineral-commodity-summaries>

120 https://data.footprintnetwork.org/?_ga=2.131142797.343727173.1695998929-1528741181.1695238799#/compareCountries?type=BCtot&cn=all&yr=2022

121 <https://www.eia.gov/international/data/world/petroleum-and-other-liquids/annual-crude-and-lease-condensate-reserves>

122 Dados do Observatory of Economic Complexity.

123 https://www.globalpetrolprices.com/gasoline_prices/

