

DECARBONIZATION IN THE STEEL INDUSTRY: AN OPPORTUNITY TO ADD VALUE AND INCREASE COMPETITIVENESS

Patrícia Dias Fernandes

Pedro Paulo Dias Mesquita

Adriano dos Reis Miranda Laureno Oliveira

Rodrigo José Márcio Mendes

Amynthas Gallo

*Bruno Hirth de Lira**

Keywords: steel industry; steel; competitiveness; decarbonization; green hydrogen.

* Respectively, managers, economists, administrator, and intern of the Basic and Extractive Industries Department of the BNDES's Productive Development and Innovation Division.

Resumo

A indústria siderúrgica é estratégica para a transição rumo a uma economia de baixo carbono. Por um lado, o setor é o maior emissor de carbono da indústria pesada. Por outro lado, produz insumos essenciais às tecnologias renováveis. As rotas de transformação da siderurgia para uma atividade de baixo carbono ressaltam vantagens comparativas do Brasil, que poderá assumir posição de destaque na oferta de materiais metálicos para descarbonização. A competitividade mineral do país e o acesso diferenciado a recursos energéticos de baixo carbono, como biocombustíveis e hidrogênio, devem impulsionar relevantes investimentos para o desenvolvimento de novas capacidades produtivas. Este estudo apresenta a dinâmica do mercado siderúrgico nacional e do comércio internacional, analisa os fatores e as perspectivas para a competitividade das plantas siderúrgicas brasileiras, além de discutir as oportunidades que poderão surgir a partir de mudanças regulatórias nos países desenvolvidos.

Abstract

The steel industry plays a strategic role in the transition toward a low-carbon economy. On the one hand, the sector emits the most carbon in heavy industry. On the other hand, it supplies essential inputs for renewable technologies. Transformation pathways for steelmaking to a low-carbon activity highlight Brazil's comparative advantages, positioning the country to assume a prominent role in supplying metallic materials for decarbonization. Brazil's mineral competitiveness and its differentiated access to low-carbon energy resources, such as biofuels and hydrogen, drive significant investments in developing new productive capabilities. This study analyzes the dynamics of the domestic steel market and international trade, the factors and outlook driving the competitiveness of Brazilian steel plants, and outlines the opportunities that regulatory changes in developed countries may generate.

Introdução

O aço é um insumo básico para diversos setores industriais e para a construção civil, valorizado por sua alta resistência, adaptabilidade, durabilidade e capacidade de reciclagem. Suas aplicações abrangem desde produtos metálicos, eletrodomésticos e equipamentos, até meios de transporte – como carros, caminhões, navios e ferrovias – e infraestrutura. De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA, 2020a), outros materiais oferecem alternativas ao aço em várias aplicações, mas a facilidade de uso na fabricação e seu custo relativamente baixo tornam improvável sua substituição completa no futuro próximo.

Durante as fases de industrialização e urbanização de uma economia, o consumo de aço cresce rapidamente, impulsionado pelo aumento da demanda por bens duráveis e pela expansão do setor de construção. Para garantirem um fluxo contínuo e confiável desse insumo estratégico ao desenvolvimento econômico e à soberania nacional, muitos países priorizaram o estabelecimento de indústrias siderúrgicas. Esse foi o caso do Brasil, com o financiamento obtido por Getúlio Vargas junto aos Estados Unidos da América (EUA) para a construção da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), em 1941.

Desde a década de 1980, o consumo mundial de aço *per capita* aumentou 67%, liderado pelos países em desenvolvimento, com exceção do Brasil, que, em virtude de sua baixa taxa de investimento e desindustrialização recente, manteve seu consumo relativamente estável. Esse foi um movimento comum no Norte global, em que a transição dos países desenvolvidos para economias predominantemente orientadas ao setor de serviços gerou uma redução natural na intensidade de uso do aço. Ainda assim, a contínua necessidade de substituir o estoque

de aço que chega ao fim de sua vida útil e o crescimento da economia global deverão elevar o consumo do aço em 20%, até 2050 (World Steel Association, c2025a). A Tabela 1 apresenta os dados do consumo *per capita* de produtos de aço.

Tabela 1 | Consumo *per capita* de produtos de aço (kg por habitante)

País	1980	2000	2024
China	32	96,9	601,1
Coreia do Sul	134,4	808,3	923,5
Japão	605,2	596,7	419
EUA	377,4	425,6	260,6
Alemanha	369,3	473,6	312,7
Espanha	200,5	425,4	283,9
Brasil	100,6	92,6	120
Índia	12,7	26,3	102,6
Chile	52,5	96	116,4
México	115	136,4	213,5
Mundo	128,3	122	214,3

Fonte: Adaptado de IABr ([2025a]).

O caráter estratégico da produção de aço é reforçado pelo ambiente geopolítico instável e pelo papel central que essa indústria terá no esforço de descarbonização global, representado nas metas do Acordo de Paris. Atualmente, cerca de 8% das emissões globais de CO₂ são geradas pela indústria do aço e mais de 98% da produção global desse produto é realizada em países que já têm metas de neutralidade de carbono (World Steel Association, c2025a).

O custo da transição verde na cadeia produtiva do aço é estimado entre US\$ 3,5 trilhões e US\$ 5,5 trilhões, sendo US\$ 1,2 trilhão diretamente na sua produção (World Steel Association, c2025a). Tais cifras

atraem investidores a países com firmas globalmente competitivas na cadeia do aço, com reservas abundantes de minério de ferro de alta qualidade e matriz energética predominantemente renovável, que viabilizem a produção de aço “verde”.¹

Para o Brasil, é a oportunidade de se posicionar na liderança de um mercado com maior valor agregado, alinhando-se, desde já, às exigências regulatórias que os países ricos, que também são os maiores importadores líquidos de aço, irão impor gradativamente para proteger seus mercados internos em um contexto de crescentes disputas geopolíticas. O desafio será garantir recursos financeiros e incentivos para que a competitiva indústria siderúrgica nacional lidere o estabelecimento de novas tecnologias, enquanto o mercado nacional enfrenta um forte aumento das importações de origem chinesa.

Mercado siderúrgico brasileiro

Estrutura da indústria siderúrgica

Os produtos siderúrgicos são classificados em aços planos e longos.² Os planos, que incluem chapas e bobinas, são amplamente usados nos setores automotivo, de bens de capital e na construção civil. Sua produção é dominada pela rota integrada, também chamada de produção primária de aço. Esse processo utiliza, sobretudo, minério de ferro, ainda que a sucata geralmente se situe entre 15% e 25% do insumo metálico empregado. Nessa etapa, o carvão metalúrgico

1 Ainda não há uma definição consensual de aço “verde”. Em termos gerais, trata-se de aço produzido com baixa emissão de carbono. Os parâmetros de referência usados neste artigo são detalhados na seção “Produção de baixo ou zero carbono”.

2 Para mais detalhes sobre a classificação dos produtos siderúrgicos, ver Fernandes *et al.* (2024).

atua como principal fonte de energia e agente redutor, com o alto-forno sendo o equipamento-chave utilizado para a transformação do minério em ferro.

Já os aços longos, como barras, perfis e vergalhões, são essenciais em construções estruturais, como edifícios e pontes. Em geral, tais aços são fabricados via rota semi-integrada, caracterizada pelo uso de fornos elétricos a arco (*electric arc furnace – EAF*). Esse processo, conhecido como produção secundária, utiliza a sucata metálica³ como principal matéria-prima e consome cerca de um oitavo da energia da produção primária. Além disso, emprega a eletricidade como principal fonte de energia, em vez de carvão.

A siderurgia brasileira é composta por 31 usinas (15 integradas e 16 semi-integradas), distribuídas por dez estados brasileiros, e com capacidade instalada de 51 milhões de toneladas de aço bruto por ano. Essas unidades são administradas por 11 grupos empresariais, entre os quais se destacam ArcelorMittal, CSN, Gerdau e Ternium (Tabela 2).

Tabela 2 | Produção de aço bruto por empresa (mil toneladas)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Aço Verde do Brasil	338	321	345	388	386	498
Aperam	688	696	754	691	726	575
ArcelorMittal Aços Longos e ArcelorMittal Sul Fluminense	3.590	3.744	4.072	4.053	3.740	3.945

(Continua)

³ O EAF usa principalmente sucata metálica, mas também pode empregar ferro-gusa, ferro-esponja (*direct reduced iron – DRI*) ou minério de ferro previamente beneficiado. Como o EAF não realiza a redução do minério, esse só é utilizado após pré-processamento.

(Continuação)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024
ArcelorMittal Pecém	2.866	2.743	2.811	2.794	3.045	3.036
ArcelorMittal Tubarão	6.268	4.973	7.089	6.641	6.604	6.936
CSN	3.043	3.810	4.260	3.773	3.062	3.349
Gerdau	6.301	6.220	6.974	6.496	5.843	6.139
SIMEC	671	988	848	873	911	965
Sinobras	345	330	367	392	475	504
Ternium Brasil	4.379	4.138	4.529	4.424	4.372	3.973
Usiminas	3.264	2.760	3.178	2.655	2.069	3.186
Vallourec	705	588	710	776	684	664
Villares Metals	111	104	134	133	113	110
Total	32.569	31.415	36.071	34.089	32.030	33.880

Fonte: Adaptado de IABr (2025b).

Conforme se pode observar na Figura 1, há uma predominância de usinas na região Sudeste, devido à localização das minas do quadrilátero ferrífero no centro-sul de Minas Gerais, principal região produtora de minério de ferro na época de construção dessas unidades. As usinas de aços planos, que seguem a rota integrada, estão posicionadas para ter fácil acesso às principais matérias-primas, aos maiores mercados consumidores e à infraestrutura integrada (mina-ferrovia-porto), fatores essenciais para competir no mercado internacional.

Figura 1 | Parque siderúrgico brasileiro 2024



Fonte: Elaboração própria com base em IABr (2024).

Também se nota uma concentração de usinas na costa, voltadas ao atendimento do mercado internacional por meio de exportações. Além disso, o crescimento da produção de minério de ferro na região de Carajás estimulou o surgimento de novas usinas nas regiões Norte e Nordeste.

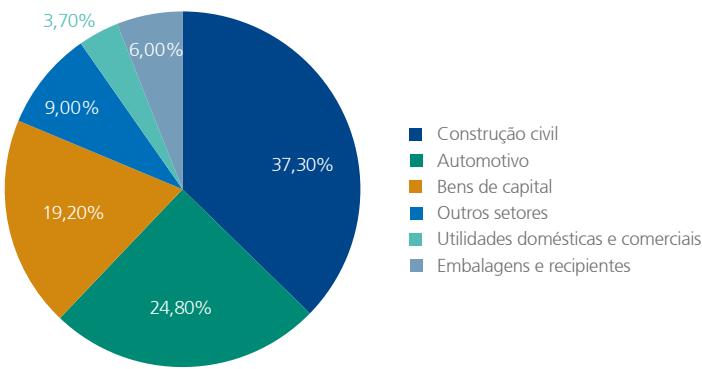
Já as usinas de aços longos, que utilizam a rota semi-integrada, tendem a se localizar mais próximas ao mercado consumidor e a pontos de abastecimento de sucata, o que reduz custos logísticos e proporciona mais agilidade no atendimento às demandas locais.

Em 2024, o Brasil produziu 33,7 milhões de toneladas de aço bruto, ocupando a nona posição no *ranking* mundial. Mesmo mantendo sua posição entre os maiores produtores globais, a participação brasileira diminuiu de 2,3% em 2010 para 1,8%⁴ da produção mundial de aço bruto, que alcançou 1,9 bilhão de toneladas em 2024.

Desempenho do mercado interno: consumo e produção

No Brasil, os principais consumidores de produtos siderúrgicos são os setores de construção civil, automotivo e de bens de capital. Juntos, representaram 81,3% do consumo de aço em 2024. Embora tenha perdido 1,6 ponto percentual de participação no consumo aparente⁵ em relação a 2023, a liderança segue com a construção civil, com 37,3% (Gráfico 1).

Gráfico 1 | Participação dos consumidores finais de produtos siderúrgicos 2024



Fonte: Adaptado de IABr ([2025a]).

4 Ainda assim, no mesmo ano, a indústria siderúrgica brasileira representou 76,2% da produção sul-americana, consolidando-se como a maior produtora de aço bruto da região, segundo a World Steel Association (c2025b).

5 O consumo aparente é a soma das vendas internas com as importações de distribuidores e consumidores.

Tabela 3 | Capacidade, produção, vendas, importações, consumo e capacidade instalada de aço do Brasil (mil toneladas)

Produção	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Aço bruto	33.897	33.258	31.642	34.778	35.407	32.569	31.415	36.071	34.089	32.030	33.880
Semicabados para venda	7.876	9.829	10.698	11.639	11.971	10.900	9.101	10.575	10.502	11.393	10.671
Laminados planos	14.229	13.388	12.273	13.687	14.257	13.246	12.355	15.150	13.665	12.640	13.683
Laminados longos	10.677	9.283	8.848	9.003	9.439	9.242	9.452	10.605	9.801	9.255	10.111
Vendas internas	21.709	18.173	16.828	17.247	18.920	18.799	19.462	22.303	20.326	19.537	21.279
Vendas externas (exportação*)	9.781	13.726	13.432	15.351	13.945	12.805	10.538	10.975	11.941	11.714	9.571
Importações	3.978	3.210	1.879	2.329	2.407	2.365	2.037	4.974	3.350	5.024	5.958
Consumo aparente	25.606	21.295	18.520	19.523	21.207	20.977	21.449	26.337	23.534	23.980	26.108
Importações/consumo (%)	15,54%	15,07%	10,15%	11,93%	11,35%	11,27%	9,50%	18,89%	14,23%	20,95%	22,82%
Capacidade instalada de aço bruto	47.412	47.457	51.450	51.450	51.450	50.950	50.950	50.950	50.950	50.950	50.950

Fonte: Adaptação de ABF (2025).

* Proxy das exportações considera vendas faturadas peças usinadas.

O volume da produção, do consumo aparente e das vendas internas de aço encontra-se atualmente em um patamar semelhante ao de dez anos atrás (Tabela 3). Já as importações subiram significativamente, passando a representar 22,8% do consumo, ante 15,6% em 2014. Considerando a queda de 3,9% na produção de laminados planos e de 5,3% nos laminados longos nesse decênio, o avanço das importações contribuiu, até certo ponto, para o equilíbrio do mercado, na medida em que ajudou a conter a alta dos preços do aço em momentos de pico. Por outro lado, o aumento de produtos chineses no mercado limitou a rentabilidade dos produtores nacionais.

A produção de semiacabados, por sua vez, seguiu tendência oposta à dos laminados, em função da implantação das usinas Companhia Siderúrgica do Atlântico (CSA), em 2010, e da Companhia Siderúrgica de Pecém (CSP), em 2016, ambas destinadas à produção de placas⁶ de aço (semi acabados) voltadas para exportação. Esses investimentos foram fundamentais para o aumento de 35,5% da produção de semiacabados nos últimos dez anos, mitigando a contração da produção nacional de aço.

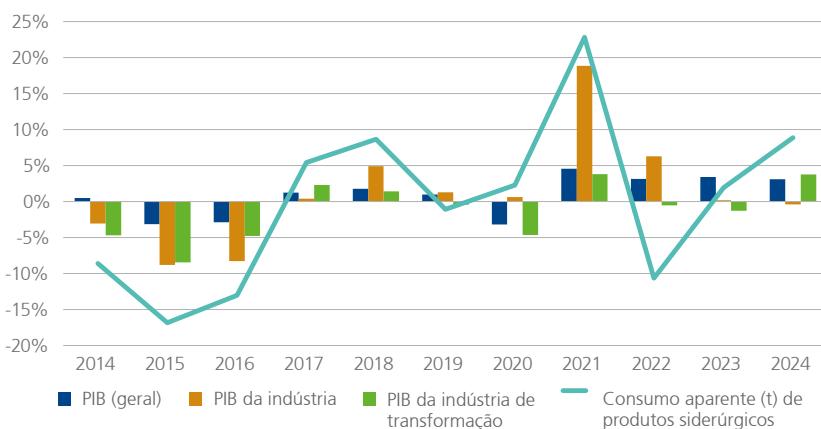
O movimento da demanda por aço refletiu a forte correlação do setor siderúrgico com o produto interno bruto (PIB), que, entre crises e retomadas, ultrapassou o nível alcançado em 2014 apenas em 2022.⁷ A correlação é ainda mais estreita para a taxa de variação do PIB da indústria de transformação, com coeficientes acima de 0,80 na comparação com a taxa de variação do consumo aparente e

6 A placa é considerada um produto siderúrgico semi acabado, utilizado, basicamente, como matéria-prima para a laminação de produtos planos. A CSA e a CSP possuem, respectivamente, 5 milhões e 3 milhões de t/ano de capacidade produtiva instalada. Hoje, as usinas se chamam Ternium Brasil e ArcelorMittal Pecém.

7 Conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) disponíveis em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9300-contas-nacionais-trimestrais.html?=&t=resultados>. Acesso em: 30 set. 2025.

para as vendas internas de produtos siderúrgicos, entre 2014 e 2024, conforme se observa no Gráfico 2.

Gráfico 2 | Taxas de variação real anual do PIB geral, da indústria e da indústria de transformação comparadas à taxa de variação real anual do consumo aparente de produtos siderúrgicos



Fonte: Elaboração própria com base em dados do IABr (2024), IBGE e IPEA Data. Estes últimos disponíveis, respectivamente, em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9300-contas-nacionais-trimestrais.html?=&t=resultados;> e <https://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>. Acesso em: 30 set. 2025.

Formação de preços

O custo do minério de ferro, como principal insumo siderúrgico e *commodity* internacional, é destaque na formação dos preços do aço, ao lado do carvão e da sucata. No período de 2011 a 2024, a correlação entre o preço do minério de ferro (62%) e o preço de bobinas e vergalhões foi de cerca de 72%. Quando somamos o preço do minério ao do carvão metalúrgico no período de 2018 a 2024, a correlação alcança 80%. Detalhes da correlação entre os preços dos insumos siderúrgicos e dos produtos são apresentados no Gráfico 3.

Cenário macroeconômico recente e seus reflexos na indústria siderúrgica

A economia brasileira vem enfrentando diversos desafios na última década. O período de 2014 a 2020 inicia-se com a crise econômica do segundo governo Dilma e se encerra com a crise global provocada pela pandemia de Covid-19.

Após essa fase, caracterizada por recessão e baixo crescimento econômico, a economia passou a apresentar melhor desempenho. A forte recuperação observada em 2021 foi seguida por anos de crescimento econômico moderado. Dessa forma, o PIB fechou o período 2013-2023 com crescimento médio de 0,5% ao ano.

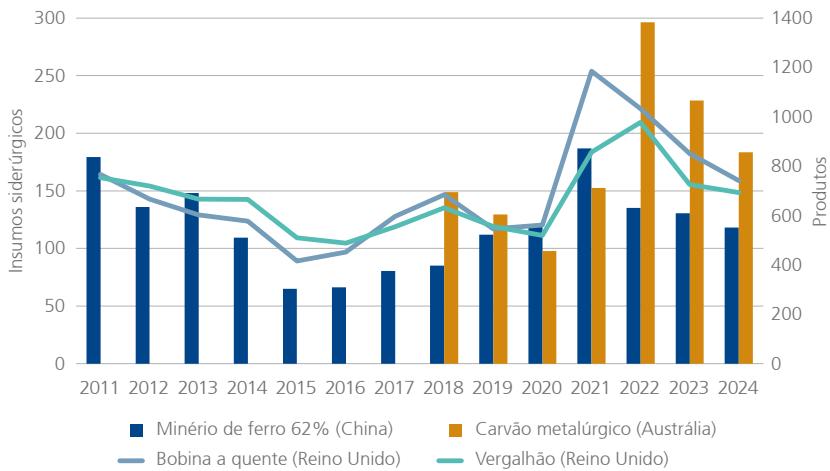
Apesar do desempenho de 2023 ter sido acima dessa média (2,9%), impulsionado, sobretudo, pelos setores agropecuário e de serviços, a indústria de transformação, que impacta mais diretamente o setor de aço, apresentou queda de 1,3% em relação a 2022. Sua recuperação veio apenas no segundo semestre de 2024, com auge de 4% de crescimento anual, registrado no primeiro trimestre de 2025.

Tal aceleração acompanhou o bom resultado do PIB de 2024 (3,4%), mas já mostra sinais de moderação. A manutenção de taxas de juros reais acima de 9%, derivadas de uma taxa de inflação acima da meta, é um obstáculo significativo.

Cabe destacar que a aceleração da inflação a partir de 2021 foi um fenômeno global. A pandemia de Covid-19 gerou interrupção na cadeia de suprimentos, com desequilíbrios de oferta e demanda, além da necessidade de estímulos fiscais e monetários para ampliar a demanda agregada e enfrentar a forte crise econômica.

A crise energética, que elevou os preços de combustíveis; a guerra na Ucrânia, que impactou a oferta global de alimentos e energia; e eventos climáticos extremos, que prejudicaram a produção agrícola, compuseram o atual quadro inflacionário.

Gráfico 3 | Preços dos insumos siderúrgicos e dos produtos (US\$/tonelada)



Fonte: Elaboração própria com base em CRU (2025).

São as condições do mercado doméstico, no entanto, que determinam a capacidade do setor em repassar aumentos de custo e, quando possível, incrementar as margens. Isso porque a demanda por aço é relativamente inelástica,⁸ em função da baixa flexibilidade de projetos em andamento de infraestrutura, construção e manufatura para substituir o aço ou reduzir seu uso, independentemente das oscilações conjunturais nos preços. Por outro lado, a rentabilidade das siderúrgicas é limitada por desacelerações na economia ou por mudanças bruscas na demanda.

⁸ A associação entre preço e demanda (consumo aparente) é dada pela correlação entre essas variáveis. Já a elasticidade-preço da demanda indica a sensibilidade da demanda à variação do preço, ou seja, o quanto o vendedor consegue absorver ou repassar aumentos de custos.

Comércio internacional de aço

A parcela de produtos acabados e semiacabados de aço exportada no mundo foi de 25,5% do total produzido em 2024 (World Steel Association, c2025b). A China liderou as exportações líquidas, com 108,4 milhões de toneladas em 2024, volume suficiente para abastecer os 18 maiores importadores líquidos globais somados. O Brasil ocupou a sétima posição nas exportações líquidas, com 3,9 milhões de toneladas, e a 12^a nas exportações totais, com 10,3 milhões (Tabela 4).

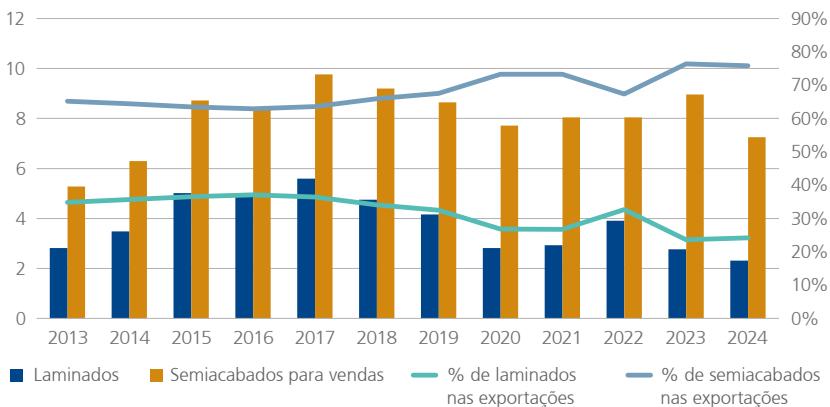
Tabela 4 | Maiores exportadores de aço 2024 (milhões de toneladas)

Ranking	País	Exportações totais
1	China	117,1
2	Japão	31,2
3	Coreia do Sul	28
4	Alemanha	22,6
5	Turquia	17
6	Bélgica	15,4
7	Itália	15
8	Vietnã	13,4
9	Rússia	12,3
10	Indonésia	11,4
11	Irã	10,8
12	Brasil	10,3
13	França	9,8
14	Índia	9,7
15	Malásia	9,4

Fonte: Adaptado de World Steel Association (c2025b).

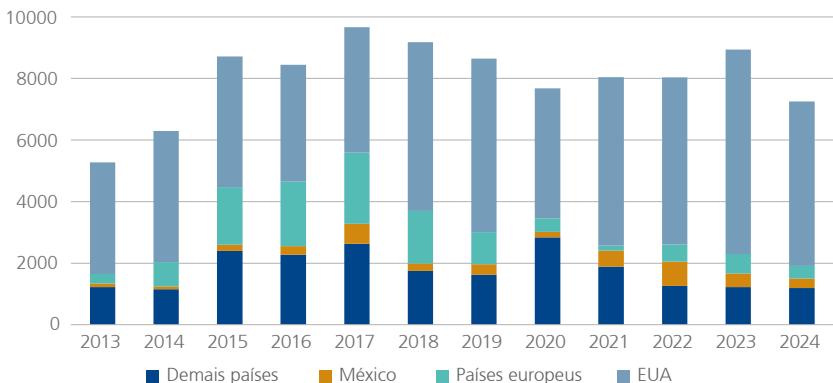
O perfil das exportações brasileiras de aço mudou na última década. Conforme indicado na seção “Desempenho do mercado interno: consumo e produção”, a instalação das plantas da CSA e da CSP expandiu a exportação de produtos semiacabados, que passaram a representar 76% do total das exportações de produtos siderúrgicos. Contudo, o ano de 2024 foi desfavorável tanto para os semiacabados quanto para os laminados, registrando o pior resultado para o volume total exportado desde 2013 e queda de 18,8% comparado a 2023 (Gráfico 4).

Gráfico 4 | Exportações brasileiras de produtos siderúrgicos (milhões de toneladas)



Fonte: Adaptado de IABr (2025b).

Ao observarmos o destino das exportações brasileiras de semiacabados (Gráfico 5), vemos que as principais perdas estão no mercado europeu. Entre 2015 e 2024, o volume de exportações para a Europa caiu 88,5%, e a participação desse mercado no total das exportações brasileiras recuou mais de 15 pontos percentuais. A maior parte desse movimento é explicada pela venda da CSA para a Ternium, que transferiu as vendas de cerca de 40% da produção da companhia da Europa para o mercado estadunidense. Outro fator negativo é que o volume de vendas para o restante do mundo também caiu 42% no período.

Gráfico 5 | Exportações brasileiras de semiacabados (mil toneladas)

Fonte: Adaptado de IABr (2025b).

Esse aumento da exposição dos exportadores de aço semiacabado aos EUA, que alcançou 73,6% das exportações em 2024, tornou-se motivo de apreensão a partir de 2018. Ainda que diferentes governos estadunidenses aplicassem, desde os anos 1990, tarifas *antidumping* a produtos específicos de aço brasileiro, como tubos, chapas de aço carbono cortadas e aço laminado a frio, foi o governo Trump, em 2018, que utilizou a Seção 232 do Ato de Expansão do Comércio⁹ para elevar as tarifas sobre o aço importado a 25%. Graças a um acordo firmado pelo Brasil no mesmo ano, que garantiu cotas de exportação isentas de tarifas, os impactos foram mitigados.

Como observado no Gráfico 4, no entanto, houve queda de 58,6% nas exportações de laminados no período 2017-2024. A preocupação com esse movimento aumentou em fevereiro de 2025, quando o novo governo Trump anunciou tarifas de 25% sobre as importações de aço – inclusive as provenientes do Brasil. Em junho, tais tarifas foram majoradas a

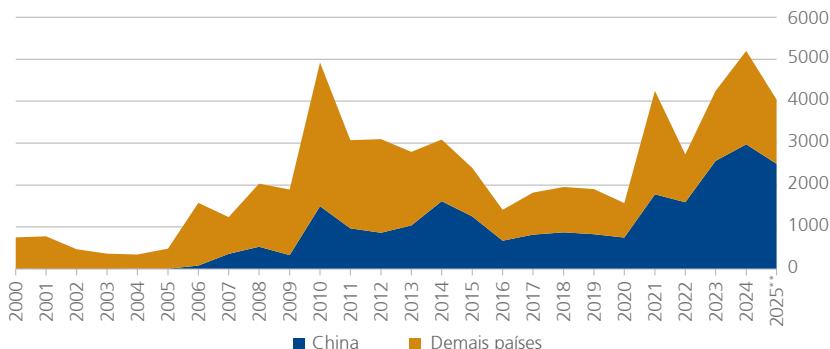
⁹ A Seção 232 do Ato de Expansão do Comércio de 1962 dos EUA autoriza a restrição de importações para a proteção da segurança nacional. Exemplo da incidência da norma é a elevação das tarifas de importação de aço e alumínio em 2018, reiteradas em 2020, pelo Departamento de Comércio (DOC, na sigla em inglês) dos EUA.

50% e, em agosto, outros quatrocentos produtos, como vagões de trem e equipamentos de construção, foram incluídos nessa lista.

As dificuldades enfrentadas pelos produtores nacionais no comércio internacional se somam aos desafios domésticos. Por um lado, observa-se a estagnação da demanda no Brasil, conforme mencionado na seção “Desempenho do mercado interno: consumo e produção”. Por outro lado, há o avanço das importações de origem chinesa.

Analizando o Gráfico 6, podemos dividir a participação chinesa no mercado brasileiro de aço em quatro períodos: de 2000-2006, quando era praticamente irrelevante; de 2007-2013, quando passou a representar cerca de um terço do mercado; a partir de 2014, quando o patamar subiu para metade das importações; e a partir de 2023, quando o nível subiu para cerca de 60%. Vale notar ainda que, entre 2018 e 2024, o aumento no volume importado pelo Brasil teve 64,5% de origem chinesa.

Gráfico 6 | Participação chinesa nas importações de aço planos e longos do Brasil (mil toneladas)*



Fonte: Elaboração própria com base nos dados de exportação e importação divulgados pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC) por meio do Comex Stat. Disponível em: <https://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em: 24 set. 2025.

* Foram considerados os produtos de aço mais representativos (códigos SH4 7207, 7208, 7209, 7210, 7219, 7225, 7213, 7217, 7228, 7216, 7214 e 7222).

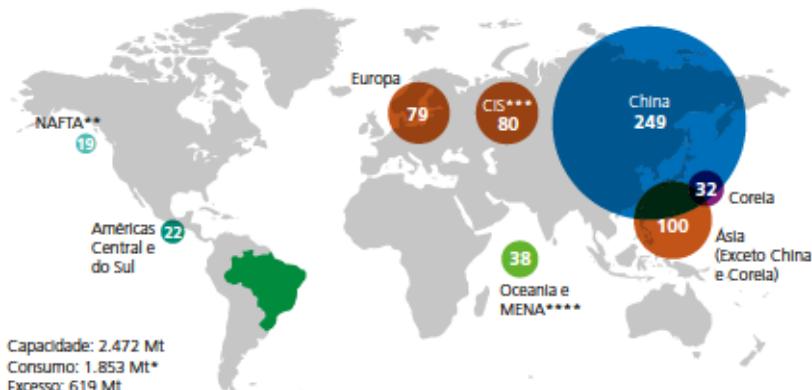
**Dados até agosto de 2025.

Para mitigar os impactos desse movimento sobre a indústria siderúrgica nacional, que chegou a ficar abaixo dos 63% de utilização da capacidade na produção de aço bruto em 2023 (IABr, 2025b), o Comitê Executivo de Gestão da Câmara de Comércio Exterior (Gecex-Camex) instituiu cotas de importação, acima das quais passou a incidir tarifa de 25%, em 11 categorias de mercadorias classificadas pela Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM) ligadas ao aço, em abril de 2024. Visando preservar empregos e impulsionar investimentos, o número de NCMs subiu para 23, e a alíquota foi renovada por mais 12 meses, em maio de 2025.

A tarifa de 25% dialoga com os valores obtidos ao segregar por país os preços de importação dos laminados planos:¹⁰ os produtos chineses tendem a custar 30% menos em relação a outros grandes *players*. Isso não impressiona, considerando o excesso de capacidade de produção e as margens de retorno frequentemente próximas de zero praticadas pela siderurgia chinesa. Como resultado, surgem alegações de práticas de comércio desleal. A China foi responsável por 27% das medidas *antidumping* e de direitos compensatórios que alcançaram decisões finais afirmativas entre 2019 e 2023 (Carvalho; Pazos, 2024).

10 Conforme dados da plataforma Comex Stat para o período de 2018-2023. Disponível em: <https://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>. Acesso em: 25 set. 2025.

Figura 2 | Excesso de capacidade na indústria siderúrgica por país/região (em milhões de toneladas)



Fonte: Adaptado de IABr ([2025a]).

*Consumo de aço bruto equivalente.

** Acordo de Livre Comércio da América do Norte (NAFTA, na sigla em inglês): tratado comercial cujos signatários foram Canadá, EUA e México. Vigorou de 1994 a 2020 e foi substituído em 2020 pelo United States-Mexico-Canada Agreement (USMCA).

*** Comunidade dos Estados Independentes (CIS, na sigla em inglês): organização regional formada por antigas repúblicas soviéticas após a dissolução da União Soviética em 1991.

**** Oriente Médio e Norte da África (MENA, na sigla em inglês): região que inclui países do Oriente Médio e do Norte da África.

Análise de competitividade entre países

Fatores para a competitividade do Brasil

O Brasil é um polo competitivo da siderurgia mundial, com a maior parte de sua produção situada no primeiro e no segundo quartis de custos na produção de aço bruto. Com matérias-primas que incluem minério de ferro, redutores e ligas, o custo brasileiro na rota integrada está em US\$ 383/t, diante de US\$ 411,7/t na média mundial. Segundo o grupo de consultoria CRU (2024c), os destaques de custos nacionais são

a usina de Monlevade e as plantas mais recentes, Arcelormittal Pecém¹¹ e Ternium Brasil (antiga CSA).

Além do bom posicionamento nos custos,¹² a produção nacional apresenta as seguintes vantagens competitivas:

- grande ocorrência de minério de ferro de alto teor e reduzido índice de impurezas, em território nacional;
- integração da infraestrutura e eficiência logística entre produção e comercialização de aço (sistemas mina-ferrovia-porto);
- disponibilidade e, em muitos casos, autogeração de energia elétrica. Na rota integrada, o custo da energia está em US\$ 28,6/t, diante de US\$ 51,7/t na média global;
- disponibilidade de recursos humanos qualificados;
- processo produtivo atualizado em termos tecnológicos e com grande abrangência do conjunto de produtos; e
- boa escala de produção, decorrente do tamanho do mercado interno e da possibilidade de acessar outros mercados por meio da estrutura portuária.

11 Em março de 2023, a Arcelormittal concluiu a aquisição da CSP, renomeada Arcelormittal Pecém, por um valor empresarial em torno de US\$ 2,2 bilhões. A CSP é uma operação de classe mundial, produzindo placas de alta qualidade a um custo globalmente competitivo. A planta, inaugurada em 2016, opera um alto-forno com capacidade de 3 milhões de toneladas e tem acesso, por meio de correias transportadoras, ao porto do Pecém, com águas profundas de grande escala, localizado a dez quilômetros. A aquisição oferece sinergias e traz o potencial para futuras expansões, como a opção de adicionar capacidade de produção primária de aço (incluindo ferro de redução direta) e capacidade de laminatura e acabamento. A CSP também pode se tornar um polo de aço de baixo carbono, aproveitando a ambição do Ceará de desenvolver um polo de hidrogênio verde de baixo custo em Pecém.

12 A vantagem de custo era maior no começo dos anos 2000, quando as empresas brasileiras tinham operações de siderurgia e mineração integradas, possibilitando que o preço do minério de ferro praticado *intercompany* fosse inferior ao preço de mercado, favorecendo o resultado da siderurgia.

Como desvantagens estão a dependência de importação de carvão mineral, a tributação alta e complexa,¹³ o baixo crescimento do mercado doméstico e os custos de transporte marítimo do aço para outras regiões do mundo. Este último fator protege o mercado interno, mas exerce pressão sobre os preços de exportação.

Perspectivas para a competitividade

Para 2035, o CRU (2024a) projeta que o custo do aço bruto produzido no Brasil estará no primeiro quartil global. Ou seja, há expectativa de que as vantagens comparativas da produção nacional se mantenham, com o custo do aço bruto produzido permanecendo entre os 25% mais baratos do mundo. O destaque seria a redução relativa nos custos de matéria-prima, com o Brasil subindo da quarta para a segunda posição mundial. Isso porque o México deverá passar pela reabertura de um produtor inativo de alto custo, e a Rússia deverá ser afetada pela intensidade de uso do processo que combina o método de redução direta de ferro (*direct reduced iron – DRI*), também conhecido como ferro esponja, ao método EAF, que verá aumento nos prêmios das pelotas de redução direta (*direct reduction – DR*) usadas como matéria-prima. O Gráfico 7 apresenta a composição do custo estimado para a produção de aço bruto por país.

13 A reforma tributária dos impostos indiretos (Emenda Constitucional 132, de 20 de dezembro de 2023) reduzirá essa complexidade, ao unificar, até 2033, o Programa de Integração Social (PIS), a Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (Cofins), o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), o Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISS) e o Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI).

Índia e Rússia: concorrentes siderúrgicos de baixo custo

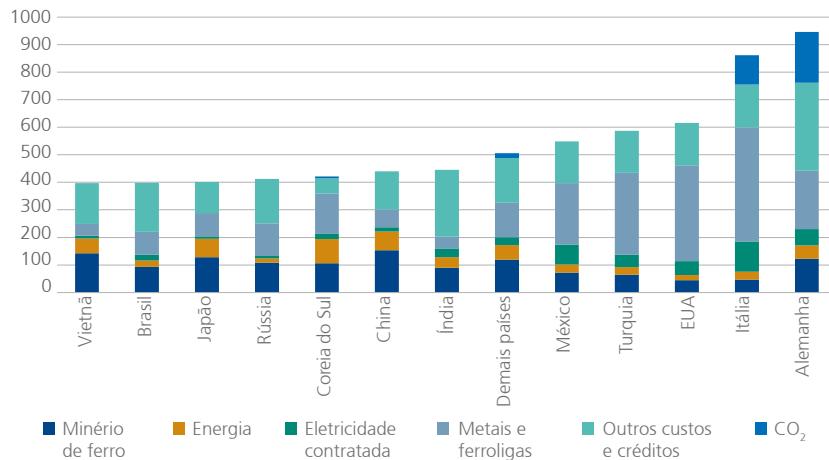
A indústria siderúrgica Indiana teve crescimento notável nos últimos vinte anos, passando de 27 milhões de toneladas em 2000 para 136 milhões de toneladas de aço bruto em 2023, consolidando-se como a segunda maior indústria siderúrgica do mundo, atrás apenas da China. Sua vantagem competitiva no cenário global é atribuída à ampla disponibilidade de mão de obra de baixo custo e à presença de abundantes reservas de minério de ferro – a Índia possui a quinta maior reserva de minério de ferro mundial (IBEF, 2025).

Esses fatores, aliados ao forte crescimento do mercado doméstico e a políticas governamentais favoráveis, como a National Steel Policy, que visa promover a autossuficiência do país em aço até 2030 (300 Mt), reforçam a competitividade da Índia na indústria siderúrgica global nos próximos anos.

A produção siderúrgica russa foi de 75 milhões de toneladas de aço bruto por ano em 2023, e sua capacidade atual é de 88 milhões de toneladas por ano. É uma indústria competitiva devido ao baixo custo e à abundância de carvão metalúrgico e de minério de ferro no mercado doméstico. A Rússia é o quinto maior produtor de minério de ferro do mundo, com 107 milhões de toneladas produzidas em 2021. Além disso, o país é o segundo maior exportador de carvão metalúrgico e o terceiro maior exportador de carvão térmico, com uma participação global de 16% e 17%, respectivamente, em 2021 (CRU, 2022).

Com vastas reservas e proximidade das minas às siderúrgicas, a Rússia consegue alcançar baixos custos de produção, aumentando a eficiência e a competitividade global de seus produtos de aço.

Gráfico 7 | Composição do custo estimado para a produção de aço bruto por país 2035 (US\$/mt)



Fonte: Elaboração própria com base em CRU (2024a).

O ganho de competitividade do Brasil se estende às primeiras etapas de produção do aço, a partir da redução dos custos das matérias-primas. Assim, a “parte quente” da produção siderúrgica brasileira, fundamental na atração de investimentos para a produção de placas de aço para exportação, nos anos 2010, seguirá competitivamente robusta.

Produção de baixo ou zero carbono

A produção de ferro-gusa, aço e ferro-ligas foi responsável por 6,2% do total de energia consumida no Brasil em 2024, e 19,7% do consumido pela indústria (EPE, 2025). No mundo, o percentual consumido pelo setor de ferro e aço é ainda maior, de 8% (IEA, 2020a). Há, no entanto, importância fundamental dessa indústria para a própria transição energética, ao fornecer aços leves e resistentes para tecnologias de energia renovável, veículos

elétricos, construções eficientes e ligas de aço que reduzem emissões de gases de efeito estufa (GEE) ao longo das cadeias produtivas.

Conforme mencionado na seção “Estrutura da indústria siderúrgica”, o aço é produzido por meio das rotas integrada ou semi-integrada. Os produtores de usinas integradas operam as três principais etapas do processo siderúrgico: redução, refino e laminação. Isso significa que, na rota integrada, o aço é produzido a partir da redução do minério de ferro, principal fonte de insumo metálico nos altos-fornos (*blast furnace – BF*), tendo o carvão (mineral ou vegetal) como agente redutor. O resultado da redução é o ferro-gusa, que segue para refino em um conversor a oxigênio (*basic oxygen furnace – BOF*) para posterior laminação. Cabe ressaltar que o carvão vegetal só é usado em altos-fornos de menor capacidade.

Os produtores de usinas semi-integradas operam apenas duas etapas do processo siderúrgico: refino e laminação. Nessa rota, não há a redução, etapa na qual o minério de ferro é transformado em ferro-gusa. Na rota semi-integrada, os insumos metálicos são a sucata de aço, o ferro-gusa ou o DRI, usados para alimentar as aciarias elétricas, instalação industrial em que o EAF é o equipamento principal.

Cerca de 70% do aço bruto mundial (IEA, 2020a) é produzido¹⁴ a partir do minério de ferro na rota integrada (BF-BOF), sendo que cerca de 80% das emissões de GEEs da siderurgia são provenientes da etapa de redução do minério de ferro no alto-forno. Logo, a produção via rota semi-integrada, por não ter a etapa de redução, é menos emissora de GEE.

Os aços produzidos a partir da rota integrada tradicional ou da rota semi-integrada com DRI a carvão mineral como carga metálica têm nível de emissões superior a 1,4 tCO₂e/t aço bruto. Já o aço produzido a partir

14 Sendo o percentual restante produzido pela rota semi-integrada.

da rota semi-integrada tem nível de emissões entre 0,2 e 1,4 tCO₂e/t aço bruto, dependendo da carga metálica utilizada (como sucata e/ou DRI a gás natural). No Brasil, o Instituto Aço Brasil estima que suas associadas tenham nível de emissões de CO₂e (tCO₂e/t aço bruto) de 2,2 para as integradas a coque, de 0,7 para as integradas a carvão vegetal e de 0,4 para as semi-integradas (Fernandes *et al.*, 2024).

Tabela 5 | Categorias de aço de acordo com as emissões de CO₂ (tCO₂e/t aço bruto)

	Aço com nível de emissões padrão	Aço com nível de emissões reduzidas	Aço com nível de emissões baixas	Aço “verde”
Emissões de escopo 1	>1,4	0,6-1,4	0,2-0,6	<0,2
Emissões de escopo 1-3	>1,7	0,8-1,7	0,4-0,8	<0,4
	BF-BOF	BF-BOF com CCUS*	H2 BF-BOF	H2 DRI-EAF
	DRI (a carvão mineral) EAF	H2 DRI BF-BOF	BF-BOF a carvão vegetal	H2 DRI-SAF-BOF
Rotas tecnológicas	DRI (a gás natural) BF-BOF	DRI (a gás natural) EAF EAF	DRI (a gás natural) EAF DRI (a gás natural) SAF-BOF	
				Todos + CCUS*

Fonte: Elaboração própria com base em dados do CRU (2024b).

* Sigla em inglês para captura, utilização e armazenamento de carbono (*carbon capture, utilization and storage*).

Para cumprir as metas de aquecimento global do Acordo de Paris, a produção global de aço precisaria se enquadrar na categoria de aço “verde”.¹⁵ Segundo o CRU (2024b), cerca de 75% da atual produção global de aço está na categoria de emissões-padrão, e apenas 2% é classificada como aço “verde”. O desafio é complexo, considerando que as rotas

¹⁵ Hoje não há uma definição legalmente aceita de aço “verde” ou “de baixo carbono”, mas o produto provavelmente estará associado a emissões abaixo de 200 kg CO₂/t de aço bruto para o escopo 1 e abaixo de 400 kg CO₂/t de aço bruto para os escopos 1-3. O escopo 1 engloba emissões diretas de fontes controladas pelas empresas, como o processo industrial em si. O escopo 2 abrange emissões indiretas da energia adquirida. Já o escopo 3 inclui as demais emissões indiretas da cadeia de valor, como matérias-primas e descarte de resíduos.

tecnológicas adequadas para redução de emissões serão específicas, a depender dos custos regionais de matérias-primas, e a adoção de tecnologias disruptivas dependerá das escolhas sobre a tributação do carbono.

Projetos de expansão da produção

A longa vida útil dos equipamentos siderúrgicos torna sua substituição um desafio complexo e custoso. Como esses ativos geralmente duram décadas e representam grandes investimentos, a tendência é de que, no curto e médio prazos, a adoção de novas rotas tecnológicas ocorra em projetos *greenfield* de adição de capacidade, e não na substituição direta de equipamentos existentes.

Essa perspectiva encontra respaldo nas previsões do CRU (2025) para o período de 2025 a 2029, segundo as quais as adições de capacidade se darão cada vez mais via rota semi-integrada, em detrimento da rota integrada, caracterizando o movimento de transição climática na siderurgia. Conforme ilustrado pelo Gráfico 8, está prevista a adição de 41,5 milhões de toneladas até 2029.

Gráfico 8 | Variação na capacidade de produção de aço por tecnologia 2025-2029 (milhões de toneladas)



Fonte: Elaboração própria com base em dados do CRU (2025).

A exceção deverá se ater aos países do Sul e do Sudeste Asiático. Com mercados internos crescentes e pouco expostos à tributação sobre o carbono das nações ocidentais, países como a Índia deverão priorizar os custos reduzidos de capital (Capex) e operação (Opex) da rota integrada. As novas plantas semi-integradas de DR, por sua vez, deverão ser instaladas em maior diversidade de locais, com destaque a países com oferta abundante de gás natural, como os do Oriente Médio e o México, ou com metas rígidas de redução de emissões, como os da Europa e do Reino Unido.

Vale notar que, para o Brasil, essa é uma alternativa interessante de transição: usinas com processo de DR podem ter seu abastecimento alternado do gás natural para o hidrogênio verde sem necessidade de elevados investimentos. Com um gás competitivo, o qual já reduziria emissões, as usinas poderiam iniciar sua produção utilizando esse combustível e eventualmente migrar, a depender do prêmio oferecido pelo mercado ao aço “verde” e dos créditos de carbono. Por oportunidades como essa, e considerando uma maior disponibilidade futura de sucata no período até 2050, espera-se que a participação dos EAFs na produção global de aço bruto aumente até atingir 53%, em comparação com 28% em 2023 (Tabela 6). Esse crescimento será puxado pelas regiões desenvolvidas e pela China, onde haverá substituição da produção de aços longos via rota integrada (BF-BOF) pela rota semi-integrada baseada em sucata gerada pelo país asiático ao longo dos últimos 25 anos.

Tabela 6 | Proporção de EAF na produção de aço bruto mundial

País ou região	2024	2025	2030	2035	2040	2045	2050
América do Norte	68%	73%	75%	76%	80%	82%	84%
União Europeia e Reino Unido	42%	43%	54%	59%	71%	76%	82%
China	9%	9%	16%	26%	32%	36%	40%
Índia	51%	50%	47%	47%	46%	45%	44%
América Latina	47%	47%	49%	50%	50%	51%	51%
Mundo	28%	29%	36%	44%	49%	51%	53%

Fonte: Elaboração própria com base em dados do CRU (2024b).

As regiões desenvolvidas migrarão a produção de aços planos para a rota semi-integrada, já que a maior parte de sua produção de aços longos já utiliza a rota EAF. Tal expansão, baseada em DRI, será mais desafiadora dadas as limitações técnicas e de matérias-primas. Nesse caso, a rota DRI-melter-BOF¹⁶ poderá surgir como uma alternativa, com taxa composta de crescimento anual (CAGR) esperada de 16% entre 2030 e 2050.¹⁷ No entanto, essa participação na produção total será limitada, e o crescimento futuro dependerá de escalabilidade, desempenho técnico e viabilidade econômica.

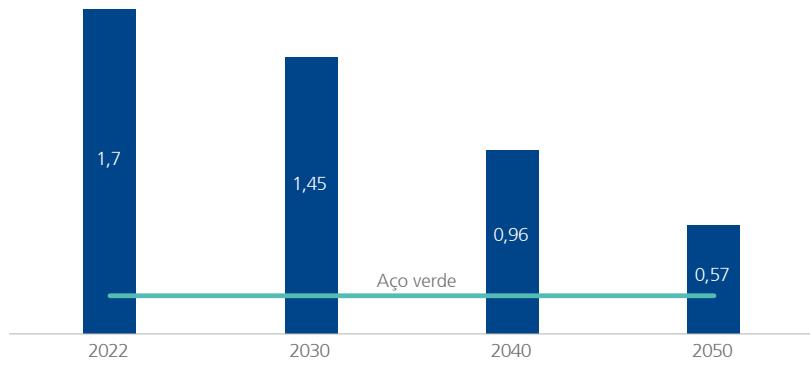
Projeções e metas de descarbonização

Conforme ilustrado no Gráfico 9, a combinação de tecnologias conhecidas e novas permitirá reduzir as emissões de escopo 1 da siderurgia em cerca de 67% até 2050, segundo dados do CRU (2024b), e de 54%, se considerarmos a análise da IEA (2020b).

¹⁶ Tecnologia que utiliza DRI de baixa qualidade e um forno elétrico de fusão para produzir metal líquido, substituindo o alto-forno convencional.

¹⁷ Em 2050, espera-se que a produção de aço utilizando DRI-melter-BOF totalize 144 milhões de toneladas, ou 14% da produção total de BOFs e cerca de 7% da produção global de aço bruto.

Gráfico 9 | Intensidade de emissões (tCO₂e/t de aço bruto – escopo 1)



Fonte: Adaptado do CRU (2024b).

Embora as estimativas atuais indiquem que as três principais rotas tecnológicas (BF-BOF, DRI-EAF e DRI-melter-SAF) dominarão a produção mundial, com o uso mais intensivo das últimas duas liderando a descarbonização, a evolução da indústria, entretanto, dependerá da disponibilidade de recursos e das políticas locais de apoio específico. No Brasil, assim como em outras regiões com abundância de energia de baixo carbono, é razoável apostar na implantação de tecnologias como a eletrólise da água e a redução com hidrogênio. Além disso, considerando a capacidade de produção de biomassa de baixo custo no país, avanços regulatórios podem impulsionar a adoção de soluções com biomassa sustentável, para substituir o carvão mineral em processos siderúrgicos específicos.¹⁸

No entanto, a aceleração da descarbonização da indústria siderúrgica enfrenta alguns fatores limitantes, entre os quais podem ser destacados:

- restrições de fornecimento de minério de ferro de alta pureza, que limitam o uso da rota DRI-EAF;

¹⁸ Para mais detalhes, ver Fernandes *et al.* (2024).

- prontidão tecnológica da rota DRI-melter-BOF, que permite o uso de minério de ferro de menor pureza, limita o aumento de sua participação e, portanto, de sua contribuição na redução de emissões de GEE; e
- limitações técnicas e de custo que limitam o uso e o alcance do CCUS.

Até o momento, os resultados dos esforços da indústria para resolver essas restrições não foram suficientes para gerar otimismo quanto ao cumprimento das metas definidas pelo Acordo de Paris para a indústria siderúrgica até 2050.

Exportações sob o mecanismo de ajuste de fronteira de carbono

A proximidade dos prazos do Acordo de Paris deverá pressionar por novos esforços de descarbonização, incluindo regulamentações ambientais mais rigorosas. É provável que esse esforço dialogue com medidas protecionistas para evitar a fuga de carbono¹⁹ e se traduza em novas políticas e sistemas de comércio de emissões (*emissions trading system –ETS*) semelhantes ao mecanismo europeu de ajuste de fronteira de carbono (*carbon border adjustment mechanism – CBAM*),²⁰ contribuindo para regionalizar o comércio siderúrgico.

Entre outubro de 2023 e o fim de 2025, vigora a fase introdutória do CBAM, em que importadores de cimento, ferro, aço, alumínio, fertilizante, eletricidade e hidrogênio relatam as emissões incorporadas

¹⁹ A fuga de carbono se dá quando medidas adotadas para reduzir as emissões de carbono em uma região incentivam o aumento das emissões em outra, seja pela migração de indústrias intensivas em carbono para locais em que as regulamentações são mais brandas, seja pelo aumento das importações.

²⁰ O CBAM é um mecanismo aduaneiro de taxação de carbono para produtos exportados à União Europeia, cujo objetivo é igualar o preço do carbono das importações ao que pagariam no regime de comércio de licenças de emissão caso fossem produzidos em território europeu.

em seus produtos, sem implicações financeiras, para aprimorar a metodologia. As compras de certificado, que implicarão cobrança pelas emissões de carbono nas exportações à Europa em valor equivalente aos preços do ETS, começarão em 2026 e deverão se tornar mais caras e abrangentes setorialmente até a plena implementação, em 2034.

Isso encarecerá gradativamente a importação de produtos de aço de países com perfil de emissões mais alto na indústria siderúrgica, como Índia, Rússia e China.

A longo prazo, um maior comércio intrarregional e um fornecimento mais cativo se tornarão propostas de valor atraentes para os importadores europeus de aço semiacabado. Mesmo assim, uma vez que os investimentos previstos não indicam que a participação das importações no consumo total europeu será alterada até 2050, a região deverá continuar sendo uma importadora líquida de produtos semiacabados. Se isso se confirmar, o fornecimento será transferido para novas fontes ou se tornará mais caro.

Segundo estimativas do CRU (2024a), entre 2026 e 2035 o custo das emissões tende a aumentar, com o fim das alocações gratuitas. Como a União Europeia continuará sendo um importador líquido, projeta-se que os preços de importação impactem o mercado internacional.

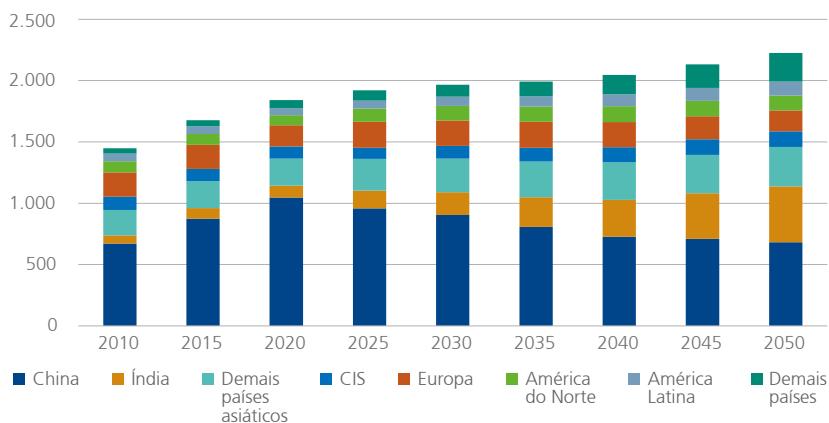
Tendências para a siderurgia mundial

Espera-se que as mudanças climáticas impactem negativamente o crescimento econômico global, especialmente nas regiões emergentes mais afetadas, como Índia e Oriente Médio. No entanto, a produção industrial deverá ser menos afetada do que o PIB, já que a necessidade

de adaptação a eventos climáticos extremos e ao aumento do nível do mar impulsionará investimentos e construções.

Nesse cenário, a produção global de aço bruto deverá atingir cerca de 2,2 bilhões de toneladas em 2050, ao passo que se reverterá a tendência dos últimos 25 anos, marcada pelo crescimento liderado pela China. A produção chinesa deverá sofrer uma queda, enquanto países em desenvolvimento, como a Índia, terão crescimento significativo (Gráfico 10).

Gráfico 10 | Produção de aço bruto (milhões de toneladas)*

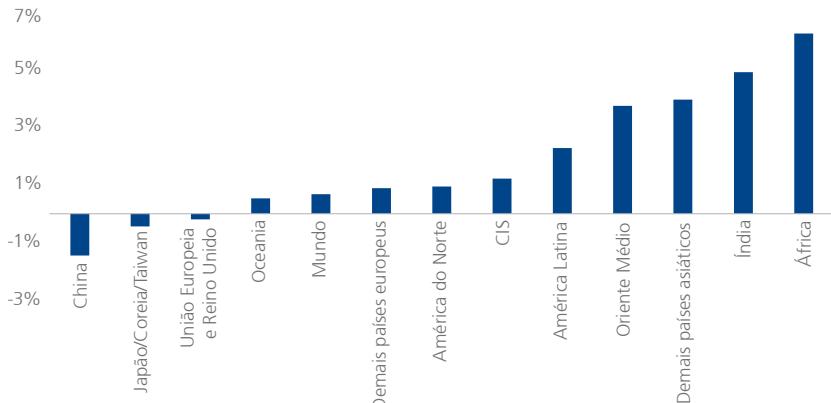


Fonte: Elaboração própria com base em dados do CRU (2024b).

*Valores para 2025 a 2050 foram estimados.

Como resultado, estima-se que a participação da China na produção global de aço bruto diminuirá de 50%, em 2025, para 31%, em 2050. Já a participação somada da Índia, da América Latina e da África terá crescimento de 12% para 30%, puxado por uma demanda dos países em desenvolvimento típica de movimentos de industrialização e expansão da infraestrutura (CRU, 2024b).

**Gráfico 11 | Crescimento da demanda por produtos semiacabados de aço
2022-2050 (CAGR %)**



Fonte: Elaboração própria com base em dados do CRU (2024b).

Apesar do crescimento da demanda por aço, conforme observado no Gráfico 11, a taxa de crescimento da produção de aço global tende a desacelerar, tendo em vista o impacto da queda esperada na produção chinesa – ainda muito representativa e que continuará como a maior produtora mundial de aço.

Nas regiões desenvolvidas, a produção de aço alcançou seu ápice em 2007. Desde então, passou por oscilações conforme o ciclo econômico global, mas nunca retornou aos níveis anteriores à crise financeira. A expectativa é de que esses patamares fiquem no passado, mas ainda assim a produção de aço bruto nessas áreas poderá apresentar crescimento entre 2025 e 2040, impulsionado pela demanda adicional do setor energético. A transição para energias renováveis e hidrogênio, intensivas no uso do aço, pode estimular o aumento da demanda na América do Norte, na União Europeia e no Reino Unido.

Com metas mais rigorosas de descarbonização e com ferramentas de mercado para garantir seu cumprimento, a produção siderúrgica nos

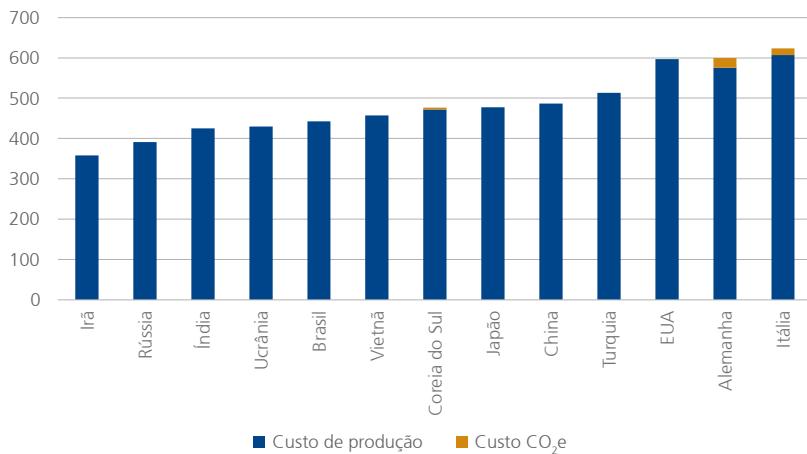
países desenvolvidos deverá enfrentar custos de produção mais altos, passando por substanciais investimentos relacionados à adoção de novas tecnologias descarbonizantes.

Para contrapor esse desafio, movimentos protecionistas podem aumentar. Governos como os do Reino Unido, da Sérvia, da Turquia, da Austrália e da China já começaram a desenvolver esquemas domésticos de precificação e comércio de carbono para garantir condições de concorrência equitativas e proteger seus produtores nacionais. O comércio global do aço também poderá sofrer com a perspectiva de expansão da capacidade produtiva em regiões como a Ásia, o Oriente Médio e a América do Norte, conforme buscam atender ao crescimento de suas demandas internas e diminuem sua necessidade de importações.

Rússia, Comunidade dos Estados Independentes (CIS, na sigla em inglês),²¹ Índia e Oriente Médio devem aumentar suas participações nas exportações globais, sendo fornecedores de menor custo, conforme se observa nos gráficos 12 e 13. O perfil dessas exportações, no entanto, poderá diferir entre casos em que o aço de baixa emissão de carbono será uma alternativa competitiva, como no Oriente Médio, e outros em que a competição de preço pelos produtos tradicionais deve predominar, como na CEI, que expandirá sua posição de exportadora líquida de aço, sem perspectivas de que haja ambição política ou prêmios suficientes pagos pelos produtos de baixa emissão nos mercados desenvolvidos, para tornar atrativa a readequação de suas plantas.

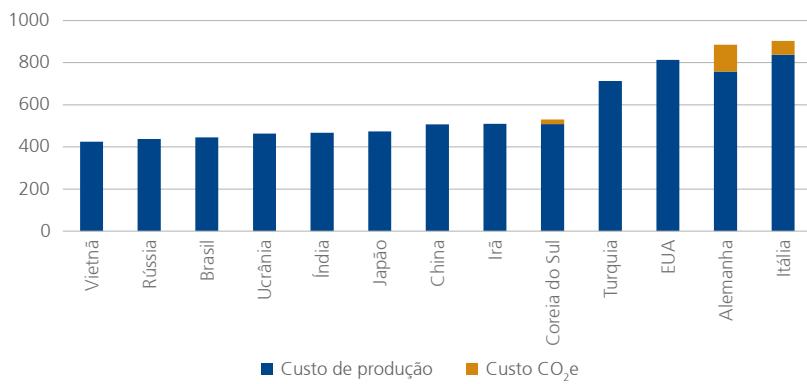
21 Os Estados-membros da CIS incluem: Rússia, Armênia, Azerbaijão, Bielorrússia, Cazaquistão, Quirguistão, Moldávia, Tadziquistão e Uzbequistão. Turcomenistão participa como membro associado.

Gráfico 12 | Custo médio de aço bruto por país 2024 (US\$/tonelada)



Fonte: Elaboração própria com base em dados do CRU (2024c).

Gráfico 13 | Custo médio de aço bruto por país 2035 (US\$/tonelada)



Fonte: Elaboração própria com base em dados do CRU (2024c).

As exportações chinesas, por outro lado, devem cair significativamente no longo prazo, à medida que o país transita de um modelo de crescimento liderado por investimentos para um modelo liderado por serviços e produtos de maior valor adicionado. A expectativa do

CRU (2024b) é de que as exportações chinesas atinjam 22% do total global de exportações líquidas em 2050, de um pico histórico de 57%.

Considerações finais: visão e oportunidades para a siderurgia brasileira

A indústria siderúrgica brasileira está bem posicionada em dois caminhos principais: fortalecimento do mercado doméstico, a partir da retomada do crescimento industrial e de grandes investimentos projetados em infraestrutura, com ampliação da oferta de produtos competitivos no mercado; e posicionamento estratégico como plataforma de soluções verdes para mercados internacionais que serão importadores líquidos na cadeia do aço, como deve ser o caso da União Europeia, diante das barreiras associadas às políticas de descarbonização.

Essas são perspectivas bem fundamentadas não apenas pela competitividade de custos, característica da siderurgia brasileira e que tende a ser ainda mais favorável nos próximos anos, mas também pelo potencial destacado do país para produzir ferro e aço de baixo carbono. Esse potencial decorre de fatores como: matriz energética predominantemente renovável, comprovada capacidade de produzir biomassa certificada de baixo custo em escala, abundantes reservas de minério de ferro de alta qualidade e vantagens competitivas para a produção de hidrogênio de baixo carbono, principalmente pela disponibilidade de oferta contínua de energia renovável de baixo custo em função do sistema elétrico integrado e da matriz energética diversificada com elevada presença de geração hídrica.

Fortalecimento do mercado doméstico

Nos próximos anos, o comércio global de aço deve seguir marcado por instabilidades. Compradores de metade do aço brasileiro, os EUA deverão seguir com uma postura protecionista oscilante e imprevisível. Na Europa, o monitoramento dos avanços regulatórios e a garantia de que as certificações ambientais brasileiras sejam aceitas cumprirão papel cada vez mais central no acesso ao principal mercado importador de aço do mundo. Enquanto isso, a China deverá seguir inundando os mercados globais com o aço excedente que produz – ainda que de forma decrescente.

Dante desse cenário, e após uma década de relativa estagnação no mercado interno que gerou ociosidade na indústria siderúrgica, o Brasil deve buscar fortalecer os canais de direcionamento da demanda nacional para o aço doméstico. Isso se manterá como fator primordial para garantir a saúde financeira das siderúrgicas instaladas em território nacional, impulsionando sua capacidade de investimento, bem como a das cadeias produtivas relacionadas, em um momento de transição tecnológica no setor.

A elevação para 25% do imposto de importação sobre categorias de mercadorias ligadas ao aço, a partir de abril de 2024, sobre o volume excedente às cotas de importação se insere nesse contexto. E a interlocução entre indústrias e agentes de governo deve fundamentar a busca por uma dinâmica de mercado que favoreça todo o setor industrial brasileiro, considerando os custos do protecionismo e visões de curto, médio e longo prazos.

Dessa interação, espera-se que as produtoras de aço ganhem previsibilidade sobre o cenário prospectivo e avancem em investimentos de expansão, modernização e melhoria de eficiência operacional,

contribuindo diretamente para a redução de emissões de GEE. Para isso, será importante que os investimentos públicos e privados sejam planejados e direcionados de forma a atender a uma agenda de desenvolvimento produtivo e descarbonização. Também será necessário manter o diálogo aberto com o setor produtivo sobre os possíveis impactos gerados pela edição de atos normativos que imponham custos adicionais aos investimentos em usinas de ferro e aço verdes, como é o caso da exigência de criação de novas fontes de energia renovável em projetos nas zonas de processamento de exportação (ZPE), prevista na recente Medida Provisória 1.307/2025.

Com metas definidas de redução de emissões e atribuição de custos associados à regulamentação de mercados de carbono, também aumentará a exigência de avançar em políticas e soluções de mercado que impulsionem a elevação da disponibilidade e uso de sucata, promovam uma maior inserção e sustentabilidade da biomassa e assegurem a disponibilidade de gás natural competitivo.

Plataforma para produtos siderúrgicos verdes

Diversas vantagens comparativas colocam o Brasil em boa posição para a oferta de soluções globais para descarbonização da siderurgia por meio da produção de ferro e aço verdes. Afinal, o país agrupa um longo histórico de exportador líquido de ferro e aço aos novos fatores competitivos da indústria verde (Quadro 1), principalmente de placas semiacabadas, com base na competitividade de custo da produção nacional.

Quadro 1 | Fatores-chave, oportunidades e desafios para o Brasil produzir ferro e aço verdes

Fatores-chave	Oportunidade	Desafio
Matriz energética predominantemente renovável do Brasil	<ul style="list-style-type: none"> Energia de menor intensidade de emissão de carbono, proporcionando uma produção via EAF mais verde do que os pares consumidores de energia de origem fóssil. Uso de energia elétrica para a redução do minério de ferro por meio de um processo baseado em eletrólise. 	<ul style="list-style-type: none"> Geração limitada de sucata no país para aumento da produção via EAF. Comprovação de escala comercial do processo de eletrólise de ferro fundido.
Capacidade de produzir biomassa certificada em escala	<ul style="list-style-type: none"> Uso como insumo sustentável no processo produtivo advindo da captura biogênica das florestas plantadas com essa finalidade. 	<ul style="list-style-type: none"> Escassez de áreas disponíveis para o plantio de florestas dentro de um raio econômico viável. Limitação da capacidade de produção dos altos-fornos a carvão vegetal devido às características de friabilidade do carvão vegetal.
Reservas abundantes de minério de ferro de alta qualidade	<ul style="list-style-type: none"> Otimização da composição da carga metálica que alimenta o alto-forno na produção de ferrogusa pode resultar na redução do consumo de carvão como agente redutor. Matéria-prima essencial para a produção de ferro via DRI. 	<ul style="list-style-type: none"> Elevar a oferta atual diante de restrições relacionadas a licenciamento e viabilização econômico-financeira de projetos dependentes de novas infraestruturas.
Tecnologia de autorredução	<ul style="list-style-type: none"> Redução de consumo energético, uma vez que os aglomerados autorredutores são produzidos e curados a frio. Possibilidade de uso de biomassa como fonte energética. 	<ul style="list-style-type: none"> Escalabilidade.
Hidrogênio de baixo carbono	<ul style="list-style-type: none"> Substituição do carbono como fonte de calor e agente de redução por hidrogênio de carbono zero obtido pela eletrólise ou de baixo carbono derivado da reforma do metano a vapor. 	<ul style="list-style-type: none"> Redução de custos, escalabilidade, infraestrutura de distribuição.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados de Fernandes et al. (2024).

A crescente demanda por produtos siderúrgicos semiacabados, atrelada a medidas de protecionismo ambiental, constitui uma oportunidade estratégica para a indústria siderúrgica brasileira se inserir na cadeia produtiva europeia, aproveitando sua vantagem competitiva nesse setor.

Outra oportunidade, ainda com bastante expressividade na Europa, mas que poderá atender ao mercado global de forma mais ampla, é a oferta de ferro primário verde. Para o Brasil, esse produto agrupa valor em relação ao cenário de exportações predominantemente concentradas no minério de ferro. É provável, ainda, que diversos países se esforcem para manter bases consistentes na indústria siderúrgica, mas não possuam condições favoráveis, em termos de reservas de minério e energia limpa, para serem autossuficientes no ferro verde.

Nesse sentido, a Plataforma Brasil de Investimentos Climáticos e para a Transformação Ecológica (BIP)²² já contempla um projeto com Capex de US\$ 2,5 bilhões, da empresa Vale, e outro com Capex de US\$ 2,9 bilhões, da empresa Stegra, para construção de polos industriais para produção de hidrogênio verde e ferro briquetado a quente (HBI) para descarbonização da siderurgia. Esse tipo de iniciativa contribui para viabilizar a inserção internacional da indústria e ampliar suas condições de competição, ao fomentar a inovação e adaptar-se às crescentes demandas internacionais por sustentabilidade. Em um contexto mais específico, a instalação de usinas de grande porte para produção de ferro e aço verdes representará relevante contribuição para o desenvolvimento da cadeia de hidrogênio de baixo carbono no

22 Iniciativa conjunta do Ministério da Fazenda (MF), Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA), Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC) e Ministério de Minas e Energia (MME), no âmbito do Novo Brasil – Plano de Transformação Ecológica, que busca mobilizar capitais público e privado para o financiamento de projetos que contribuam para a transição climática. Mais informações sobre a BIP estão disponíveis em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/transformacao-ecologica/bip>.

Brasil, devido à maior eficiência da produção integrada de hidrogênio aplicado diretamente a produtos de baixo carbono.

A produção de ferro e aço verdes deve ser impulsionada pela implantação de um sistema de precificação de carbono no Brasil, incentivando a adoção de tecnologias necessárias para a descarbonização e adequando a produção nacional às exigências para obtenção de certificados de emissões embutidas. Ao comprovar o pagamento das emissões de carbono no país de origem, o CBAM permite que esse valor seja deduzido para o importador na União Europeia, evitando a dupla cobrança. Além disso, quando a transação pelo carbono emitido é realizada no país, a receita gerada permanece dentro das fronteiras nacionais.

Para facilitar o acesso a mercados internacionais, o governo brasileiro poderia promover a aproximação comercial com empresas europeias em busca de fontes externas de produtos siderúrgicos verdes, incentivando o intercâmbio de investimentos e tecnologias. Também deve estar na agenda a negociação de acordos bilaterais que reconheçam as siderúrgicas brasileiras como fornecedoras qualificadas de produtos siderúrgicos semiacabados verdes, simplificando o processo de importação pelos parceiros europeus.

Por outro lado, o atraso na implementação de um sistema nacional de precificação de carbono e a ausência de um mecanismo de ajuste de fronteira no Brasil podem deixar o país vulnerável ao aumento da importação de produtos siderúrgicos com maior intensidade de carbono. Esse cenário é agravado pelo excesso mundial de capacidade de produção de aço. Isso porque, ao enfrentarem dificuldades de comercialização em mercados com regulamentação ambiental mais rígida, produtos com alta intensidade carbônica e preços abaixo do custo de produção doméstica podem invadir o mercado de países menos regulados.

Um dos principais riscos desse cenário é que o aumento das importações reduza o mercado interno em um momento-chave de transição regulatória e tecnológica da siderurgia global, consolidando uma perda de escala da siderurgia brasileira e dificultando a manutenção de sua viabilidade operacional, antes de completar a transição para a neutralidade carbônica.

A prioridade da descarbonização está expressa na Missão 5 da política industrial brasileira, a Nova Indústria Brasil (NIB), e vem avançando com o apoio do BNDES. O Programa Fundo Clima, por exemplo, aplica a parcela de recursos reembolsáveis do Fundo Nacional sobre Mudança do Clima para apoiar a aquisição de máquinas e equipamentos, a implantação de empreendimentos e o desenvolvimento tecnológico relacionados à redução de emissões de GEE e à adaptação às mudanças climáticas e aos seus efeitos. Outro exemplo é o BNDES Mais Inovação, que apoia investimentos e projetos voltados à inovação e à digitalização, com recursos do Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT) remunerados pela Taxa Referencial (TR).

Nesse contexto, garantir o estabelecimento do Brasil como plataforma de produção siderúrgica competitiva de baixo carbono é uma oportunidade não apenas de agregar valor ao minério de ferro exportado, como também de impulsionar a produção industrial no país. Alinhado às diretrizes da NIB e do Plano de Transformação Ecológica, o sucesso nesse objetivo gerará empregos de maior qualificação, nacionalizará a produção de conhecimento científico e terá impactos positivos na balança comercial. Será necessário, no entanto, estar atento aos obstáculos derivados do crescente protecionismo global.

Referências

CARVALHO, A.; PAZOS, R. *Global Forum on Steel Excess Capacity (GFSEC): Steel Exports, Trade Remedy Actions and Sources of Excess Capacity.* [S. l.]: GFSEC, 2024. Disponível em: www.steelforum.org/content/dam/steel-forum/en/publications/gfsec-steel-exports-trade-remedy-actions-and-sources-of-excess-capacity_0525.pdf. Acesso em: 4 set. 2025.

CRU – COMMODITIES RESEARCH UNIT GROUP. *Russian Invasion Means Big Global Supply Gaps.* London: CRU, 2022. Disponível em: <https://cruonline.crugroup.com/analysis/article/141687/russian-invasion-means-big-global-supply-gaps>. Acesso em: 30 set. 2024.

CRU – COMMODITIES RESEARCH UNIT GROUP. *Crude Steel Market Outlook Report: Emerging Asian Production Growth Will Be Driven by BF-BOF.* London: CRU, 2024a. Disponível em: <https://cruonline.crugroup.com/analysis>. Acesso em: 30 set. 2024.

CRU – COMMODITIES RESEARCH UNIT GROUP. *Steel Long Term Market Outlook Report: Steel Value Chain Prices Set to Rise with Green Transition.* London: CRU, 2024b. Disponível em: <https://cruonline.crugroup.com/analysis>. Acesso em: 30 set. 2024.

CRU – COMMODITIES RESEARCH UNIT GROUP. *Benchmarking – Compare Metrics.* London: CRU, 2024c. Disponível em: <https://assetplatform.crugroup.com/>. Acesso em: 30 out. 2024.

CRU – COMMODITIES RESEARCH UNIT GROUP. *Steel Long Term Market Outlook Report: Europe Starts Shifting Towards More EAF-Based Production in the Medium Term.* London: CRU, 2025. Disponível em: <https://cruonline.crugroup.com/analysis>. Acesso em: 30 set. 2025.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Balanço Energético Nacional 2025.* Brasília, DF: EPE, 2025. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2025>. Acesso em: 24 set. 2025.

FERNANDES, P. D. et al. *Descarbonização da indústria de base: sumário executivo*. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2024. 39 p. Disponível em: <http://web.bnDES.gov.br/bib/jspui/handle/1408/25327>. Acesso em: 24 set. 2025.

IBEF – INDIA BRAND EQUITY FOUNDATION. Indian Steel Industry Analysis. IBEF, New Delhi, 2025. Disponível em: ibef.org/industry/steel-presentation. Acesso em: 4 set. 2025.

IABR – INSTITUTO AÇO BRASIL. *Mercado brasileiro de aço 2024*. Rio de Janeiro: IABr, 2024. Disponível: https://www.acobrasil.org.br/site/wp-content/uploads/2024/08/MBA_Edicao-2024.pdf. Acesso em: 4 set. 2025.

IABR – INSTITUTO AÇO BRASIL. *Aço e economia 2025*. Rio de Janeiro: IABr, [2025a]. Disponível em: https://www.acobrasil.org.br/site/wp-content/uploads/2025/09/Folder_AcoBrasil_Ecnomia_2025.pdf. Acesso em: 4 set. 2025.

IABR – INSTITUTO AÇO BRASIL. *Anuário Estatístico*. Rio de Janeiro: IABr, 2025b. Disponível em: https://www.acobrasil.org.br/site/wp-content/uploads/2025/08/AcoBrasil_Anuario_2025-1.pdf. Acesso em: 4 set. 2025.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Iron and Steel Technology Roadmap: Towards More Sustainable Steelmaking*. Paris: IEA, 2020a. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/iron-and-steel-technology-roadmap>. Acesso em: 30 set. 2025.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Iron and Steel Sector Direct CO₂ Emission Reductions by Current Technology Maturity Category in the Sustainable Development Scenario, 2019-2050*. Paris: IEA, 2020b. Disponível em: iea.org/data-and-statistics/charts/iron-and-steel-sector-direct-co2-emission-reductions-by-current-technology-maturity-category-in-the-sustainable-development-scenario-2019-2050. Acesso em: 4 set. 2025.

WORLD STEEL ASSOCIATION. #steelFacts. *Worldsteel Association*, Brussels, c2025a. Disponível em: <https://worldsteel.org/about-steel/facts/steelfacts/>. Acesso em: 4 set. 2025.

WORLD STEEL ASSOCIATION. World Steel in Figures 2025. *Worldsteel Association*, Brussels, c2025b. Disponível em: <https://worldsteel.org/data/world-steel-in-figures/world-steel-in-figures-2025/>. Acesso em: 4 set. 2025.