

TEXTO PARA DISCUSSÃO

3182

**IMPORTAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE
BAIXO CARBONO PELA ECONOMIA
BRASILEIRA: O QUE É POSSÍVEL
DIZER SOBRE TRANSIÇÃO
ENERGÉTICA?**

**TAINARI TAIOKA
CARLOS RENATO UNGARETTI
MARCO AURÉLIO ALVES DE MENDONÇA**

ipea

Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

**IMPORTAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE
BAIXO CARBONO PELA ECONOMIA
BRASILEIRA: O QUE É POSSÍVEL DIZER
SOBRE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA?**

TAINARI TAIOKA¹

CARLOS RENATO UNGARETTI²

MARCO AURÉLIO ALVES DE MENDONÇA³

1. Assistente de pesquisa plena do Programa de Incentivo à Pesquisa Aplicada (Pipa) na Diretoria de Estudos Internacionais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dinte/Ipea). Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9035-0626>. E-mail: tainari.taioka@ipea.gov.br.

2. Assistente de pesquisa pleno do Pipa na Dinte/Ipea. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1599-2941>. E-mail: carlos.ungaretti@ipea.gov.br.

3. Técnico de planejamento e pesquisa na Dinte/Ipea. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7806-4942>. E-mail: marco.mendonca@ipea.gov.br.

Governo Federal

Ministério do Planejamento e Orçamento

Ministra Simone Nassar Tebet

ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada ao Ministério do Planejamento e Orçamento, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiros – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidenta

LUCIANA MENDES SANTOS SERVO

Diretor de Desenvolvimento Institucional

FERNANDO GAIGER SILVEIRA

**Diretora de Estudos e Políticas do Estado,
das Instituições e da Democracia**

LUSENI MARIA CORDEIRO DE AQUINO

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas

CLÁUDIO ROBERTO AMITRANO

**Diretor de Estudos e Políticas Regionais,
Urbanas e Ambientais**

ALEXANDRE DOS SANTOS CUNHA

**Diretor de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação,
Regulação e Infraestrutura**

PEDRO CARVALHO DE MIRANDA

Diretora de Estudos e Políticas Sociais

LETÍCIA BARTHOLO DE OLIVEIRA E SILVA

Diretora de Estudos Internacionais

KEITI DA ROCHA GOMES

Chefe de Gabinete

SHEILA CRISTINA TOLENTINO BARBOSA

**Coordenadora-Geral de Imprensa e
Comunicação Social**

GISELE AMARAL DE SOUZA

Ouvidoria: <https://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

URL: <https://www.ipea.gov.br>

Texto para Discussão

Publicação seriada que divulga resultados de estudos e pesquisas em desenvolvimento pelo Ipea com o objetivo de fomentar o debate e oferecer subsídios à formulação e avaliação de políticas públicas.

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2025

Taioka, Tainari

Importação de tecnologias de baixo carbono pela economia brasileira : o que é possível dizer sobre transição energética? / Tainari Taioka, Carlos Renato Ungaretti, Marco Aurélio Alves de Mendonça. – Brasília, DF: Ipea, 2026.

43 p.: il.; gráfs. – (Texto para Discussão ; n. 3182).

Inclui Bibliografia.

ISSN 1415-4765

1. Tecnologias de Baixo Carbono. 2. Matriz Insumo-Produto. 3. BRICS. 4. Transição Energética. I. Ungaretti, Carlos Renato. II. Mendonça, Marco Aurélio Alves de. III. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. IV. Título.

CDD 333.794

Ficha catalográfica elaborada por Elizabeth Ferreira da Silva CRB-7/6844.

Como citar:

TAIOKA, Tainari; UNGARETTI, Carlos Renato; MENDONÇA, Marco Aurélio Alves de. **Importação de tecnologias de baixo carbono pela economia brasileira**: o que é possível dizer sobre transição energética? Brasília, DF: Ipea, jan. 2026. 43 p.: il. (Texto para Discussão, n. 3182). DOI: <https://dx.doi.org/10.38116/td3182-port>

JEL: F18, O13, O25.

As publicações do Ipea estão disponíveis para *download* gratuito nos formatos PDF (todas) e ePUB (livros e periódicos).

Acesse: <https://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério do Planejamento e Orçamento.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO	6
2 COMÉRCIO INTERNACIONAL DE LCT	8
3 BREVE ANÁLISE DESCRITIVA PARA O CASO BRASILEIRO	14
4 METODOLOGIA E TRATAMENTO DE DADOS	16
5 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	20
5.1 Perfil de importação brasileiro de LCT	20
5.2 Intensidade de emissões: análise a partir de dados de consumo e produção.....	24
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
REFERÊNCIAS	30
APÊNDICE A	33
APÊNDICE B	39
APÊNDICE C	43

SINOPSE

Este estudo analisou o perfil de importação de tecnologias de baixo carbono (*low-carbon technologies* – LCT) entre o Brasil e os países do BRICS, União Europeia, Estados Unidos e Mercosul. Foram utilizados dados do UN Comtrade, produzidos pela Organização das Nações Unidas (ONU), para os anos de 2010, 2015 e 2021, e foi realizada a compatibilização com a matriz insumo-produto (MIP) brasileira. A partir disso, identificaram-se os principais setores demandantes e as regiões fornecedoras de LCT. Em seguida, estimou-se a intensidade de emissões associada ao consumo e à produção dos dez maiores setores importadores. Os resultados indicaram avanço expressivo da China como principal fornecedora de LCT, especialmente nos setores de Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos e Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros. A análise revelou ainda que houve redução da intensidade de emissões nos setores de Fabricação de produtos químicos, Geração de eletricidade e Agropecuária. Este resultado indica possível transição energética para estes setores.

Palavras-chave: tecnologias de baixo carbono; matriz insumo-produto; BRICS; transição energética.

ABSTRACT

This article analyzed the import profile of low-carbon technologies (LCT) between Brazil and the BRICS countries, the European Union, the USA, and Mercosur. Data from UN *Comtrade* were used for the years 2010, 2015, and 2021, along with a harmonization procedure with the Brazilian Input-Output Matrix (IOM). Based on this approach, the main demanding sectors and supplying regions of LCT were identified. Subsequently, the emission intensity associated with the consumption and production of the ten largest importing sectors was estimated. The results indicate a significant increase in China's role as the main LCT supplier, particularly in the sectors of Manufacturing computer equipment, electronic and optical products, as well as the Manufacturing of organic and inorganic chemicals, resins, and elastomers. The analysis also revealed a reduction in emission intensity in the sectors of Chemical products manufacturing, electricity generation, and Agriculture, suggesting a potential energy transition within these sectors.

Keywords: low-carbon technologies; input-output matrix; BRICS; energy transition.

1 INTRODUÇÃO

O combate às mudanças climáticas e às suas consequências adversas sobre o planeta é essencial para mitigar as catástrofes ambientais, cujos impactos recaem de forma desigual entre as nações e populações. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) (IPCC, 2024), este é um momento crítico para a reversão do ritmo de aquecimento global. No ano de 2025, o Brasil sedia a Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (COP30), e os países deverão apresentar novas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC) com metas de mitigação para 2035, a fim de se manter viável o objetivo do Acordo de Paris de limitar o aquecimento global em níveis inferiores a 2 °C, com esforços adicionais para manter em 1,5 °C, em comparação aos níveis pré-industriais (1850-1900). Para alcançar essa trajetória, será necessário reduzir as emissões globais em 42%, até 2030, e em 57% até 2035, atingindo emissões líquidas zero até 2050 (IPCC, 2024).

De acordo com o IPCC (2024), metas ambiciosas são insuficientes sem ações concretas. O documento alerta que, caso as emissões em 2030 se mantenham nos níveis projetados pelas políticas atuais, será impossível cumprir o acordado em Paris. Diante disso, as próximas NDC deveriam representar um salto substancial de ambição, acompanhado de ações de mitigação aceleradas ainda nesta década.

Alcançar emissões líquidas zero exige a redução máxima das emissões de gases de efeito estufa (GEE) e a remoção permanente do excedente atmosférico. Tal processo implica mudanças estruturais profundas nos padrões de produção e de consumo, e mesmo no comércio internacional. Nesse contexto, o papel do comércio, das políticas comerciais e da cooperação internacional torna-se central na viabilização da transição para uma economia de baixo carbono (WTO, 2022).

A expansão e o incentivo à adoção de tecnologias de baixo carbono (*low-carbon technologies* – LCT)¹ emergem como uma resposta estratégica para mitigação dos impactos ambientais e promoção do desenvolvimento sustentável (Pigato *et al.*, 2020; Willems *et al.*, 2020; Howell *et al.*, 2023; Pienknagura, 2024). Essas tecnologias, por serem menos poluentes que as tradicionais, têm como principal objetivo a redução das emissões de dióxido de carbono (CO₂) e de GEE, sendo, portanto, essenciais no combate à crise climática.

A difusão de LCT é particularmente necessária em economias em desenvolvimento, que, em geral, não dominam seu processo produtivo e apresentam maiores emissões por unidade de produção, quando comparadas aos países desenvolvidos (Capelle, Zhang e Santos, 2023). No entanto, a contabilização dessas emissões é ambígua, podendo

1. São classificadas como LCT tecnologias como turbinas eólicas, painéis solares, sistemas de biomassa e equipamentos de captura de carbono (IMF, 2021).

TEXTO para DISCUSSÃO

capturar o lado produtivo, como nas estruturas fornecidas por acordos internacionais (Protocolo de Quioto e Acordo de Paris), ou o lado do consumo.

Quando as emissões são contabilizadas pela ótica da produção, um aumento no consumo de bens intensivos em carbono por um país não se reflete necessariamente em um aumento de suas emissões territoriais. Isso ocorre porque as emissões associadas à produção desses bens são registradas nos países onde são fabricados. Assim, países desenvolvidos conseguem reduzir suas emissões locais, ao mesmo tempo que transferem a carga de carbono para países em desenvolvimento. Por seu turno, a contabilização pelo lado do consumo considera as emissões incorporadas aos bens e serviços consumidos internamente, independentemente do local onde foram produzidos. Dessa forma, compartilham a responsabilidade pelas emissões globais, ao se revelar a dependência dos países ricos em relação às cadeias de produção intensivas em carbono situadas no Sul Global (Makarov, Khlebnova e Shuranova, 2024).

Embora se compreenda a importância do debate de corresponsabilização pelas emissões entre países produtores e consumidores de carbono, este trabalho observa a ótica da produção. Neste sentido, a adoção e a produção de LCT, nos países do Sul Global, podem não apenas gerar reduções significativas nas suas emissões, como também oferecer vantagens comparativas no comércio internacional. Além disso, a expansão dessas tecnologias pode contribuir para uma transição justa, articulando desenvolvimento sustentável, combate à pobreza e à desigualdade, especialmente quando acompanhada de cooperação financeira internacional.

Diante desse cenário, é relevante compreender o perfil de importação de LCT do Brasil e suas relações comerciais com os demais países do BRICS – tanto os membros fundadores (China, Índia, Rússia e África do Sul), quanto os novos integrantes (Arábia Saudita,² Etiópia, Egito, Emirados Árabes Unidos, Indonésia e Irã); além de outros blocos econômicos estratégicos, como União Europeia, Estados Unidos, Mercado Comum do Sul (Mercosul) e o resto do mundo. Essa análise permitirá identificar os principais fornecedores de tecnologias limpas ou verdes para o Brasil, bem como verificar se há algum indício de transição energética nos setores produtivos importadores de LCT.

Portanto, este texto para discussão tem um duplo objetivo: primeiro, analisar o perfil de importação de LCT do Brasil, com foco específico nos países e blocos econômicos mencionados. Para isso, foram utilizados dados do UN Comtrade referentes aos anos de 2010, 2015 e 2021. A escolha desses anos se justifica pela disponibilidade de dados da matriz de insumo-produto (MIP) divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

2. Parece-nos importante levar em conta a Arábia Saudita, embora esse país não tenha confirmado formalmente seu ingresso no grupo, pois a adesão formal pode se dar a qualquer momento.

(IBGE) até 2015, e estimada para o ano de 2021, a partir da Tabela de Recursos e Usos (TRU). A identificação dos bens classificados como LCT foi baseada na classificação desenvolvida por Pigato *et al.* (2020) e estendida pelo Fundo Monetário Internacional (FMI). Para este estudo, utilizou-se a classificação do FMI, que possibilitou os cálculos dos percentuais de importação e incorporação nas MIPs brasileiras para os respectivos anos. A partir dessa metodologia, tornou-se possível identificar os principais países e blocos que exportam LCT para o Brasil, incluindo-se os setores produtivos de destino.

O segundo objetivo foi calcular a intensidade de emissões de CO₂ para consumo de energia e produção, nos principais setores que empregam LCT, para o período de 2010 a 2023. Dessa forma, foi possível traçar um paralelo para verificar se o aumento da utilização de LCT, nos setores econômicos, resultou em redução na intensidade de emissões. Este esforço dialoga com o debate sobre transição e adição energéticas³ (York e Bell, 2019) e permite entender se os setores que mais importam LCT apresentam processos de descarbonização estrutural ou se somente indicam mudanças incrementais no perfil de intensidade de emissões. Para atingir este objetivo, foram compatibilizados dados de consumo e emissões da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) e dados de produção do IBGE, Ember, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e Anuário Mineral Brasileiro (AMB).

Este texto se estrutura com mais outras cinco seções, além desta introdução e das considerações finais. A seção 2 descreve o comércio internacional de LCT; a seção 3 faz uma breve análise descritiva para o Brasil; a quarta seção descreve a metodologia; e a quinta apresenta os setores que mais empregam LCT. A sexta e última mostra o panorama relacionado à intensidade de emissões dos setores selecionados, e nela se discute se é possível sugerir a existência de transição energética nos setores analisados.

2 COMÉRCIO INTERNACIONAL DE LCT

As mudanças climáticas ocasionadas pelo aquecimento global resultam sobretudo das emissões de GEE provenientes da queima de combustíveis fósseis. Este entendimento tem impulsionado a busca por alternativas menos poluentes nos processos produtivos.

3. O debate entre “transição” e “adição” energética destaca que o crescimento das fontes renováveis de energia não tem, historicamente, substituído o uso de combustíveis fósseis, mas ampliado o volume total de energia consumida. Diferentemente de uma transição, que pressupõe a substituição progressiva de fontes de energia, o que se observa atualmente é a adição de novas fontes ao sistema, com manutenção e até mesmo aumento do uso de fontes fósseis. Trata-se de uma distinção relevante, pois a simples expansão das fontes renováveis, sem progressos na restrição do uso de combustíveis fósseis, tende a reforçar padrões de produção e consumo de energia incompatíveis com as metas climáticas internacionalmente acordadas (York e Bell, 2019).

TEXTO para DISCUSSÃO

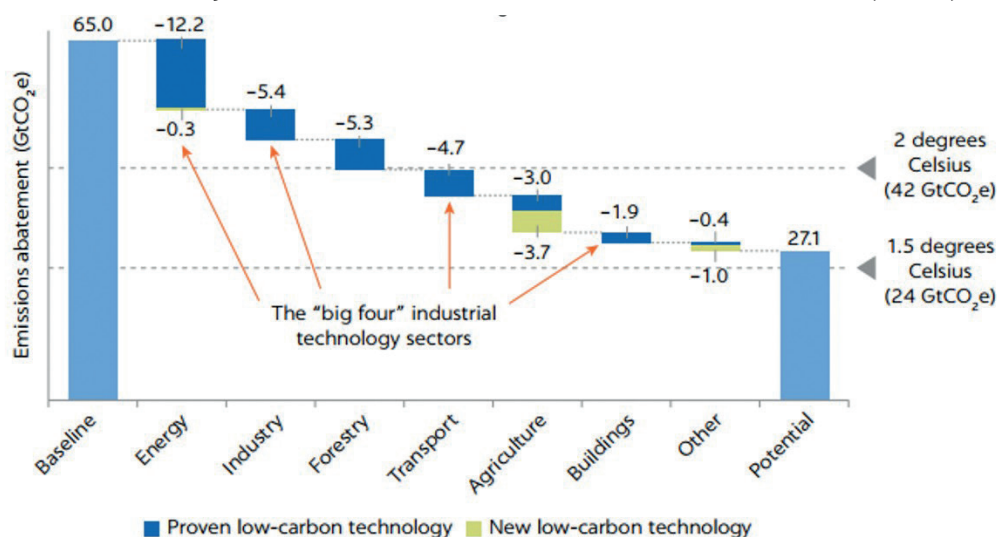
A necessidade de transição para fontes energéticas sustentáveis vem sendo reforçada por preocupações ambientais e por compromissos firmados em acordos internacionais, como o Acordo de Paris e as Conferências das Partes (COP), cujo objetivo é mitigar os impactos da crise climática.

Segundo Pigato *et al.* (2020), as LCT disponíveis atualmente representam cerca de dois terços do esforço necessário para alcançar emissões líquidas zero.⁴ Essas tecnologias estão concentradas, principalmente, em quatro setores estratégicos: energia, indústria, transportes e construção. O gráfico 1 mostra que a maior parte da redução nas emissões pode ser obtida por meio da implantação das LCT já existentes e da ampliação da sua difusão por meio da comercialização em escala global. Apenas uma fração menor do total necessário dependeria do surgimento de inovações futuras.

Por outro lado, na ausência de novos esforços de mitigação, o cenário mais provável seria um aumento das emissões para cerca de 65 gigatoneladas de CO₂ equivalente (GtCO₂e) até 2030 – montante significativamente superior aos atuais 41 GtCO₂e e muito acima do limite estimado de 24 GtCO₂e necessário para conter o aquecimento global (UNEP, 2017).

GRÁFICO 1

Potencial de redução de emissões de GEE em todos os setores (2030)



Fonte: Pigato *et al.* (2020).

Obs.: Ilustração reproduzida conforme o original (nota do Editorial).

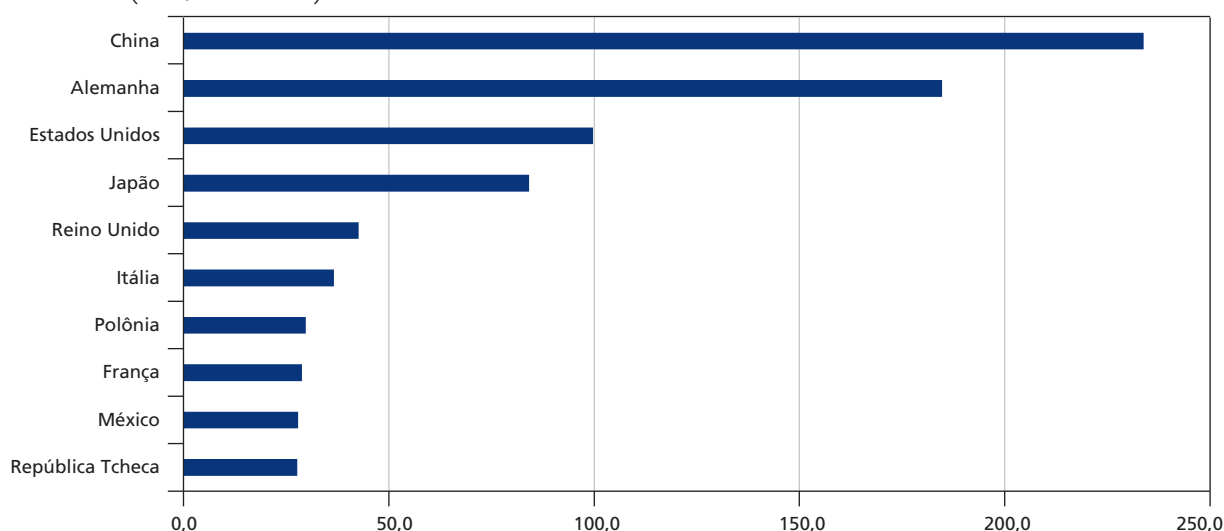
4. Emissões líquidas zero (ou net zero emissions) referem-se ao estado em que as emissões de dióxido de carbono (CO₂) geradas por ações humanas são completamente equilibradas pelas remoções desse mesmo CO₂ da atmosfera durante um período específico. Esse conceito é central para limitar o aquecimento global a 1,5 °C ou 2 °C, conforme estabelecido pelo Acordo de Paris (IPCC, 2023).

Com base em dados recentes do FMI,⁵ foi possível elaborar um *ranking* das dez economias com os maiores volumes de comércio de LCT em 2023. O gráfico 2 mostra que a China lidera as exportações, com US\$ 233,8 bilhões, o equivalente a 20,7% das exportações globais do setor. Em seguida, destacam-se a Alemanha (US\$ 184,8 bilhões; 16,4%), os Estados Unidos (US\$ 99,7 bilhões; 8,8%) e o Japão (US\$ 84,1 bilhões; 7,4%). Reino Unido, Itália, Polônia, França, México e República Tcheca também figuram entre os dez maiores exportadores, embora com volumes inferiores a US\$ 50 bilhões (cada um desses países com menos de 4% do total).

GRÁFICO 2

As dez principais economias exportadoras de LCT (2023)

Em (US\$ 1 bilhão)



Fonte: IMF. Disponível em: <https://climatedata.imf.org/documents/db7225ef9451443cb6907e880e43cd71/about>. Acesso em: 10 set. 2023.

Elaboração dos autores.

No que se refere às importações, os Estados Unidos aparecem como o maior importador de LCT, com US\$ 177,4 bilhões (16,4% do total global), seguidos pela Alemanha (US\$ 85,5 bilhões; 11,1%) e pela China (US\$ 85,8 bilhões; 7,9%). Reino Unido, França, Itália, Canadá, México, Bélgica e Holanda também integram o grupo dos maiores importadores, todos com valores inferiores a US\$ 50 bilhões.

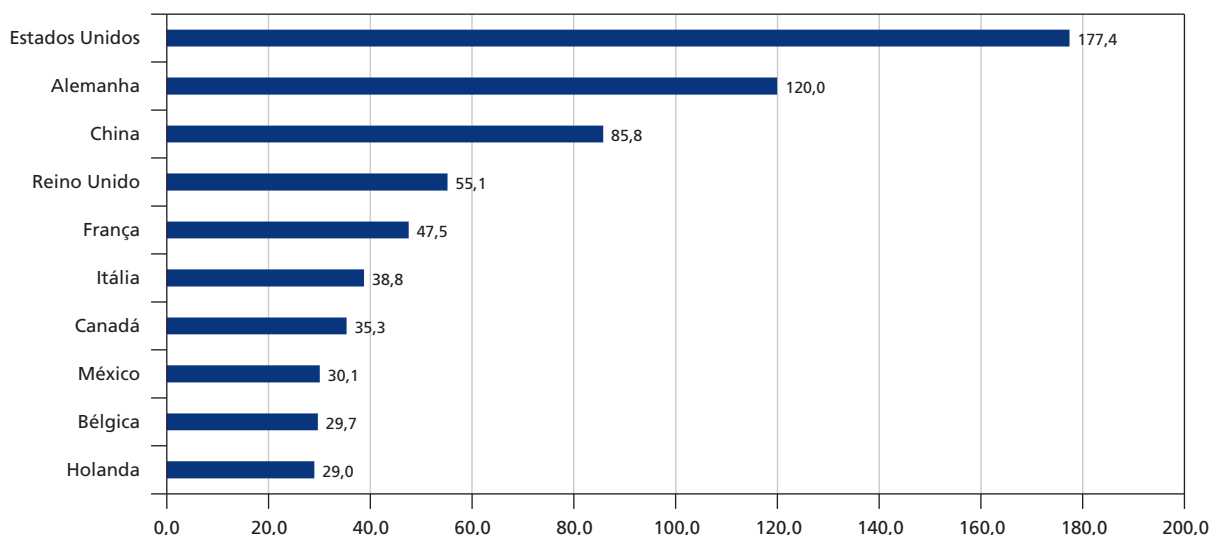
5. Disponível em: <https://climatedata.imf.org/documents/db7225ef9451443cb6907e880e43cd71/about>. Acesso em: 10 set. 2023.

TEXTO para DISCUSSÃO

GRÁFICO 3

As dez principais economias importadoras de LCT (2023)

(Em US\$ 1 bilhão)



Fonte: IMF. Disponível em: <https://climatedata.imf.org/documents/db7225ef9451443cb6907e880e43cd71/about>. Acesso em: 10 set. 2023.

Elaboração dos autores.

Esses dados evidenciam o papel central exercido pelas grandes economias nos esforços relacionados à transição para uma economia de baixo carbono. A China, por exemplo, embora seja atualmente o maior emissor de GEE, comprometeu-se a alcançar o pico de suas emissões até 2030 e atingir a neutralidade de carbono até 2060. Simultaneamente, o país tem assumido uma posição de liderança no comércio internacional de LCT, sendo o maior exportador e o terceiro maior importador (Wimbadi, Djalante e Mori, 2021; IMF, 2023).⁶

O gráfico 4 apresenta os dados de comércio de LCT para os BRICS (excluindo a China) para 2021. A Índia lidera tanto em importações (US\$ 18,9 bilhões) quanto em exportações (US\$ 9,3 bilhões), ocupando a 30ª e a 20ª posição no *ranking* global, respectivamente. A Rússia importou US\$ 16 bilhões e exportou US\$ 4,1 bilhões (34ª e 21ª posições, respectivamente). A África do Sul⁷ é a 36ª exportadora, com US\$ 3,5 bilhões, e a 47ª importadora (US\$ 3,1 bilhões). O Brasil importou US\$ 13,1 bilhões e exportou

6. Base de dados do FMI consultada está disponível em: <https://www.imf.org/en/home>.

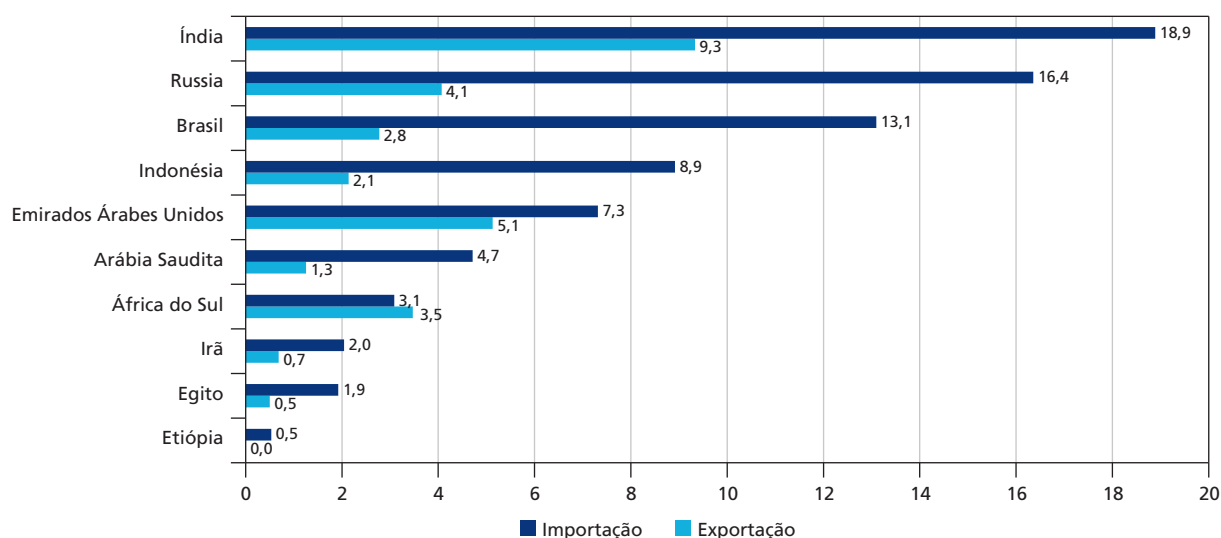
7. Embora o país seja um exportador líquido de LCT, a participação da África do Sul no comércio global dessas tecnologias é limitada. A produção local concentra-se principalmente em componentes e montagem, sendo pouco expressiva a exportação de produtos finais. Além disso, a infraestrutura e os investimentos necessários para a produção em larga escala ainda estão em desenvolvimento (Elliott e Lang, 2025; Ukoba, Jen e Yusuf, 2025).

US\$ 2,8 bilhões, figurando na 39ª posição como exportador e na 26ª como importador. A Indonésia importou US\$ 8,9 bilhões e exportou US\$ 2,1 bilhões, ocupando as posições 33ª e 35ª. Os Emirados Árabes aparecem em seguida, com US\$ 7,3 bilhões importados e US\$ 5,1 bilhões exportados, ocupando as posições 33ª e 35ª. Os demais países do bloco apresentam volumes menos expressivos.

GRÁFICO 4

Exportação e importação de LCT por países do BRICS (2021)

(Em US\$ 1 bilhão)



Fonte: IMF. Disponível em: <https://climatedata.imf.org/documents/db7225ef9451443cb6907e880e43cd71/about>. Acesso em: 10 set. 2023.

Elaboração dos autores.

Obs.: Foram utilizados os dados mais recentes disponíveis para todos os países.

Nesse contexto, observa-se que, com exceção da China, os demais membros do BRICS, todos considerados emergentes, possuem uma participação bastante modesta no comércio internacional de LCT. Portanto, a cooperação entre os membros do bloco pode ajudar a difundir e intercambiar tecnologias e melhores práticas, bem como fomentar investimentos conjuntos em infraestrutura ambientalmente sustentável. Vale destacar que a transferência de conhecimento técnico e produtivo, característica das novas tecnologias, exige cadeias produtivas mais complexas e mão de obra mais qualificada, o que tende a beneficiar países com maior sofisticação tecnológica (Howell *et al.*, 2023, cap. 9).

Por esse motivo, a transição para uma economia de baixo carbono requer políticas de capacitação de mão de obra e incentivo à transferência de LCT dos países desenvolvidos para os países em desenvolvimento. Esse processo de *spillover* tecnológico

TEXTO para DISCUSSÃO

do Norte Global para o Sul Global é fundamental, uma vez que, embora hoje os países do Norte sejam os principais emissores, espera-se que, com a adoção das LCT nesses países, o protagonismo das emissões se desloque para os países do Sul (Howell *et al.*, 2023, cap. 9). Essa realidade já pode ser observada, como no caso do BRICS, bloco cujos países estão classificados entre os vinte principais emissores globais. Assim, é urgente adotar medidas que reduzam os custos de capital para a implantação dessas tecnologias nas economias em desenvolvimento.

Embora grande parte da literatura sobre emissões incorporadas no comércio concentre-se nas trocas entre países do Norte e do Sul, estudos recentes destacam a crescente relevância das emissões oriundas do comércio Sul-Sul (Meng *et al.*, 2018; Lin e Xu, 2019; Kim e Tromp, 2021). Entre 2005 e 2015, as emissões incorporadas no comércio entre países em desenvolvimento aumentaram 57%, superando o ritmo de crescimento do comércio internacional no mesmo período. Com a elevação da renda *per capita* nesses países e iniciativas como o BRICS e a Nova Rota da Seda (Belt and Road Initiative – BRI), o comércio Sul-Sul tende a se expandir ainda mais, tornando seus impactos ambientais e socioeconômicos ainda mais relevantes (Meng *et al.*, 2018).

Nesse sentido, já se observam assimetrias e desequilíbrios no comércio de emissões entre países do Sul, assim como a realocação de atividades intensivas em energia entre essas nações (Meng *et al.*, 2018). Parte dos ganhos econômicos provenientes do comércio Sul-Sul está associada à transferência de emissões de países relativamente mais avançados para outros com menores restrições ambientais e maior intensidade de carbono, o que pode gerar riscos de vazamento de carbono⁸ e dificultar os esforços globais de mitigação.

Lin e Xu (2019) mostraram que os fluxos de emissões incorporadas entre países do Sul revelam padrões de desigualdade semelhantes aos observados nas trocas Norte-Sul, ainda que em menor escala. O estudo identifica que países com maior capacidade industrial, como China e Índia, tendem a exportar bens intensivos em carbono para países menos desenvolvidos da Ásia, África e América Latina, replicando uma lógica de especialização produtiva ambientalmente custosa para os elos mais frágeis da cadeia.

Dessa forma, o comércio Sul-Sul pode não apenas perpetuar disparidades socioambientais, mas também consolidar novos centros emissores dentro do próprio Sul Global. Por esse motivo, os mecanismos de coordenação e cooperação multilateral são

8. Se um país com regras ambientais rigorosas passa a comprar de outro com regras mais fracas, ele pode acabar transferindo suas emissões para fora, sem realmente reduzi-las – é o que se chama de “vazamento de carbono” (Zhang, Yu e Chen, 2017).

essenciais para evitar a consolidação de “zonas de sacrifício ambiental” entre países em desenvolvimento. Por exemplo, a China tem assumido grande protagonismo no comércio internacional de LCT e pode gerar esforços conjuntos para alinhar políticas comerciais com metas climáticas, promovendo a adoção de LCT e o compartilhamento de benefícios econômicos e ambientais entre nações do Sul Global derivados desse processo (Lin e Xu, 2019).

Dado este contexto, nota-se que, apesar do grande potencial do Brasil na transição energética, o país enfrenta desafios significativos, tanto internamente quanto no comércio internacional. Para países em desenvolvimento, a persistente dependência de combustíveis fósseis e as limitações tecnológicas e financeiras constituem obstáculos consideráveis. No entanto, tais desafios também se configuram como oportunidades para investimentos em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias, além de tal processo possibilitar a geração de empregos e o estímulo ao crescimento econômico sustentável. Uma vez apresentado um panorama geral do comércio de LCT, a próxima seção traz uma análise mais específica para o caso brasileiro.

3 BREVE ANÁLISE DESCRITIVA PARA O CASO BRASILEIRO

A análise dos principais setores envolvidos com a difusão de LCT no Brasil, em 2023, revelou um cenário ainda modesto em termos de participação no comércio exterior. O total de LCT importadas pelo país somou US\$ 16 bilhões, o que representa menos de 5% das importações totais brasileiras. No mesmo período, as exportações de LCT alcançaram US\$ 3,02 bilhões, correspondendo a 1% do total exportado.⁹

Entre os setores importadores analisados (gráfico 5), destaca-se o de Componentes eletrônicos, responsável por 58,61% das importações de LCT. Este setor engloba semicondutores, circuitos integrados e dispositivos. Em seguida, aparece o setor de Outras máquinas e equipamentos mecânicos (13,75%), que inclui peças, componentes e ferramentas. Em terceiro, aparece Equipamentos de medida, teste e controle, ópticos e eletromédicos (11,79%), composto por instrumentos de precisão.

No caso dos setores exportadores de LCT, destaca-se o de Outras máquinas e equipamentos mecânicos, que respondeu por 45% das exportações. Em seguida, aparece o

9. Deve-se ressaltar que é possível verificar diferenças entre dados da base UN Comtrade (da ONU) e do FMI. As eventuais divergências se dão por conta de diferenças metodológicas. O UN Comtrade considera as importações do Brasil em relação a seus parceiros comerciais. O FMI, alternativamente, pode utilizar as exportações de um país para o Brasil, para também representar importações brasileiras. É comum que dados produzidos por diferentes países possam divergir.

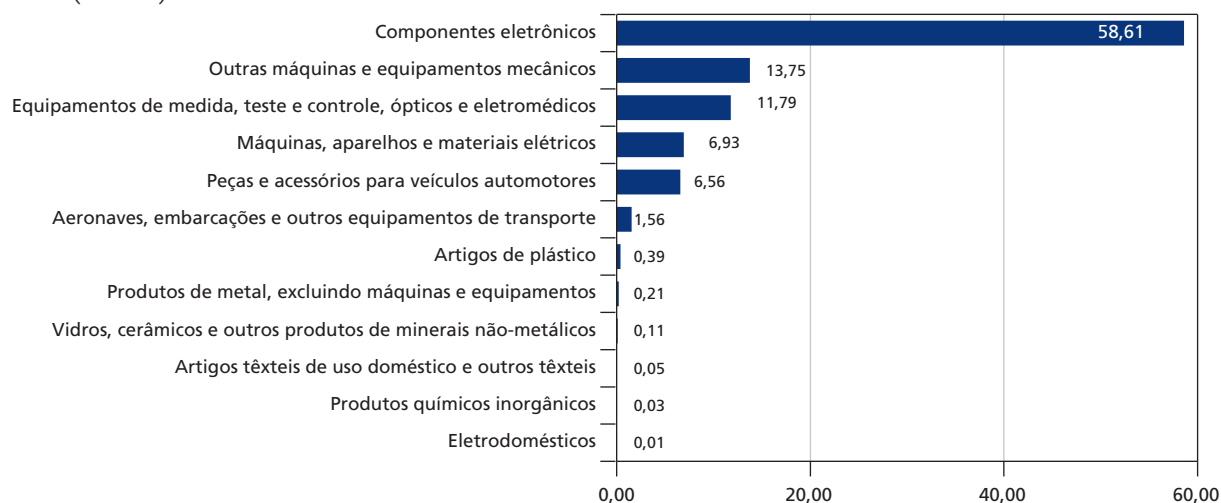
TEXTO para DISCUSSÃO

setor de Equipamentos de medida, teste e controle, ópticos e eletromédicos (18,07%) e Máquinas, aparelhos e materiais elétricos (16,86%).

GRÁFICO 5

Percentual de importações brasileiras de LCT por setor (2023)

(Em %)



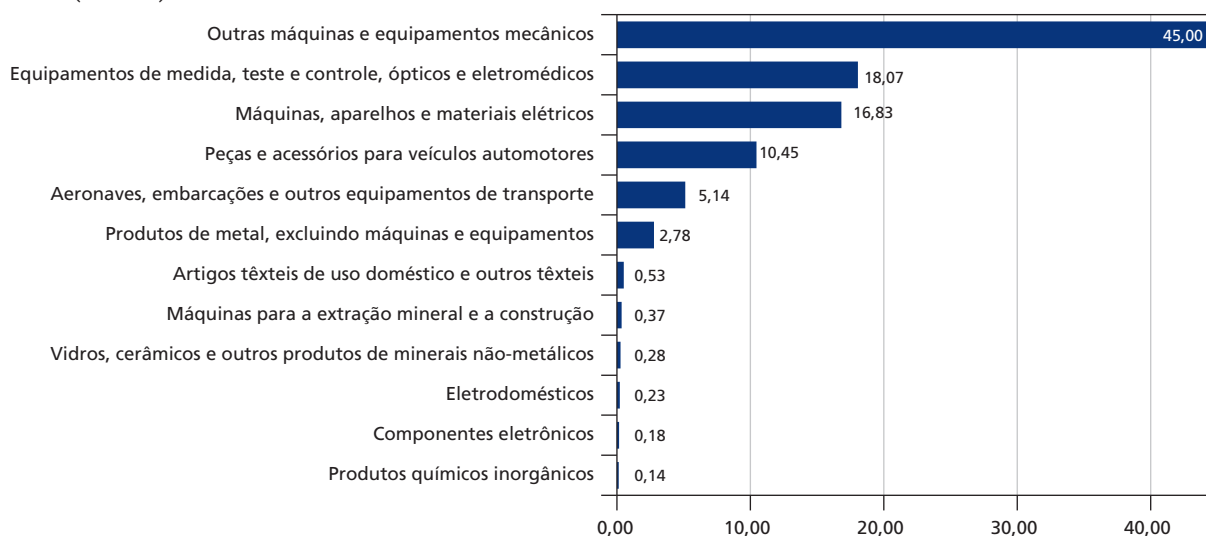
Fonte: UN Comtrade (2025). Disponível em: <https://comtradeplus.un.org/>.

Elaboração dos autores.

GRÁFICO 6

Percentual de exportações brasileiras de LCT por setor (2023)

(Em %)



Fonte: UN Comtrade (2025). Disponível em: <https://comtradeplus.un.org/>.

Elaboração dos autores.

De modo geral, verifica-se que as LCT se concentram em alguns setores, o que decorre, em parte, da própria forma como são classificadas internacionalmente. Contudo, mesmo dentro desses setores, os dados revelam um alcance limitado dessas tecnologias nas cadeias produtivas brasileiras, restringindo seu potencial de disseminação.

Além disso, conforme Romero e Gramkow (2021), mudanças estruturais no Brasil são marcadas por retrocessos na indústria em termos de vantagem comparativa revelada (ou seja, setores em que o Brasil exportaria relativamente mais do que a média mundial, sinalizando maior especialização ou competitividade). Esta situação prejudica a sustentabilidade do desenvolvimento do país ao longo do tempo. Houve uma queda no número dessas indústrias, que passou de 194, entre 1986-2002, para 116, entre 2003-2012, e maior especialização na exportação de produtos primários (Romeiro e Gramkow, 2021). Além disso, a maior diminuição relativa aconteceu justamente em produtos de baixa intensidade de emissões, com redução de 48 para 24 indústrias (50%), seguida de produtos de média intensidade de emissões, com redução de 64 para 37 (42%), e alta intensidade de emissões, que diminuiu de 81 para 55 (32%).¹⁰

Essas evidências mostram não apenas a baixa inserção do Brasil nas cadeias globais de valor voltadas para LCT, como também refletem um processo mais amplo de regressão industrial e perda de competitividade tecnológica. A concentração das exportações e importações de LCT em poucos setores, aliada à crescente especialização em produtos primários, indica limitações estruturais que comprometem a transição para uma economia ambientalmente mais sustentável. Contudo, este estudo não pretende aprofundar o debate acerca da desindustrialização brasileira, dado que o foco principal se concentra em observar se há uma trajetória de transição energética nos principais setores produtivos. A próxima seção apresenta a metodologia utilizada para: i) se compreender quais setores e blocos econômicos mais demandam LCT importada; e ii) se verificar a intensidade energética de consumo e produção, indicando se o setor está passando por uma transição energética ou adição de tecnologia.

4 METODOLOGIA E TRATAMENTO DE DADOS

Esta seção descreve o procedimento metodológico adotado para identificar a distribuição setorial das LCT importadas pelo Brasil, bem como suas origens geográficas e a trajetória de intensidade de emissões setoriais. O objetivo é mapear, de forma indireta,

10. A intensidade de carbono foi calculada pelo Product Emission Intensity Index (PEII), que pondera a média de emissões dos países exportadores, considerando suas vantagens comparativas, para 786 produtos. O resultado indicou que produtos mais complexos, isto é, que possuem maior diversificação produtiva, são menos intensivos em emissão de carbono.

TEXTO para DISCUSSÃO

se a economia brasileira, especialmente os setores importadores de tais tecnologias, passa por um processo que se resume à adição de fontes energéticas de baixo carbono ou se a adoção de LCT pode estar implicando algum grau de transição energética.

Inicialmente, foram coletados dados de comércio internacional da base UN Comtrade, contemplando as importações brasileiras provenientes dos países do BRICS, União Europeia, Mercosul e Estados Unidos, nos anos de 2010, 2015 e 2021. Posteriormente, procedeu-se à compatibilização dos códigos HS (Harmonized System) utilizados nos registros de importação do UN Comtrade com a lista de LCT publicada pelo FMI, apresentada no apêndice A. Na sequência, os códigos HS foram convertidos para a Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM), possibilitando a integração dos dados internacionais à estrutura tarifária brasileira. Por fim, os códigos NCM, já compatibilizados com as LCT, foram mapeados para os códigos do Sistema de Contas Nacionais (SCN), viabilizando a vinculação das informações à MIP do Brasil e permitindo a análise setorial da demanda por tecnologias de baixo carbono.

É importante destacar que o código HS formado por seis dígitos (HS2017) possui 5.387 produtos, enquanto a MIP brasileira possui 127 produtos e 67 setores. Isso ocorre porque a MIP é mais agregada do que os dados divulgados pelo UN Comtrade. Por esse motivo, após a compatibilização das 124 LCT divulgadas pelo FMI, apenas catorze códigos SCN foram considerados LCT. Além disso, sete produtos HS não tiveram correspondência com o SCN.¹¹ Essas catorze LCT foram, então, utilizadas para estimar os percentuais correspondentes na MIP brasileira para cada ano analisado.

Essa sequência de compatibilizações possibilitou a identificação da proporção das importações brasileiras classificadas como LCT, discriminadas por país/região de origem e por setor econômico. Os percentuais de LCT nas importações foram aplicados à MIP na aba de produtos importados por setor, permitindo estimar tanto os setores da economia brasileira que absorvem essas tecnologias quanto os blocos econômicos de origem.

O procedimento metodológico adotado permite inferir, ainda que de maneira indireta, quais setores da economia nacional incorporaram (demandaram) LCT importadas, oferecendo uma perspectiva empírica sobre os fluxos internacionais de tecnologias verdes e seu papel na reestruturação produtiva do país.

O quadro 1 apresenta um resumo das etapas metodológicas adotadas.

11. HS sem correspondência: 441873, 853950, 870340, 870350, 870360, 870380 e 871160. As descrições podem ser consultadas no apêndice A.

QUADRO 1**Descrição metodológica da 1ª etapa do tratamento de dados**

Etapa	Descrição da atividade	Fonte de dados	Observações
1	Coleta de dados de importação por HS	UN Comtrade (2025)	Dados para BRICS, novos membros do BRICS, União Europeia, Mercosul e Estados Unidos (2010, 2015, 2021)
2	Coleta da lista de LCT por código HS	FMI (2023)	Lista oficial com tecnologias classificadas como LCT
3	Compatibilização	UN Comtrade (2025) e FMI (2023)	Seleção dos dados de LCT importadas
4	Compatibilização dos NCM com lista de LCT	Elaboração dos autores deste texto para discussão, com base na lista do FMI	Identificação dos produtos brasileiros classificados como LCT
5	Conversão dos NCM para códigos do SCN	Tabela de correspondência NCM-SCN	Necessária para aplicação na MIP brasileira
6	Cálculo do percentual de LCT nas importações	Elaboração dos autores deste texto para discussão	Percentuais por país/região e ano (2010, 2015 e 2021)
7	Aplicação dos percentuais na MIP (aba <i>importados</i>)	MIP Brasileira	Estima-se a inserção setorial das LCT importadas
8	Análise da origem e destino setorial das LCT	Elaboração dos autores deste texto para discussão	Mapeamento dos fluxos tecnológicos, por setor e país de origem

Elaboração dos autores.

Cabe destacar ainda que a categorização das LCT pelo FMI (2023) se baseia na função do produto, o que quer dizer que não se considera se o processo de fabricação dessas tecnologias é intensivo em emissões ou não. Além disso, é importante salientar que a classificação de LCT apresenta algumas limitações, como: i) falta de maior especificidade da classificação, que vai apenas até seis dígitos; ii) a classificação não trata das externalidades de produção, apenas descreve os produtos levando em conta a sua função; e iii) os produtos podem apresentar outras funções de produção, além da destinação ambiental (Willems *et al.*, 2020; Hinman e Friedman, 2022). Contudo, apesar dessas limitações, a classificação de LCT cumpre de modo satisfatório a sua função, e é atualmente o único sistema mundial utilizado para fins de identificação de produtos disponíveis em nível internacional. Muitos estudos utilizam a classificação do FMI em seus estudos (Mealy e Teytelboym, 2020; Porto, 2023; Howell *et al.*, 2023).

TEXTO para DISCUSSÃO

Os resultados dessa compatibilização e das estimativas setoriais serão apresentados na seção seguinte.

A partir dessa compatibilização, foram selecionados os dez principais setores da MIP brasileira que utilizam LCT importadas como insumo em seus processos produtivos. Estes setores representaram juntos quase 40% do total importado pelos 67 setores produtivos em 2021.¹² Com base nestes dez setores, a segunda etapa do tratamento de dados teve como objetivo verificar em que medida as LCT importadas favorecem processos de descarbonização, considerando dados setoriais relativos ao consumo de energia, à produção e às emissões. Em outras palavras, buscou-se identificar se há em curso processos de transformações estruturais (transição energética) ou de transformações incrementais (adição energética). Optou-se por utilizar intensidade de consumo e produção para tentar capturar se o setor teve aumento de eficiência energética ou apenas aumentou sua produção. Portanto, se houver uma redução em ambos, há indícios de eficiência; se houver apenas melhora no consumo, isso pode indicar um incremento na produção do setor.

Para os dados de intensidade de consumo energético, um critério notável de medida de eficiência e de emissões associadas a esses setores foi compatibilizado com os dados do Balanço Energético Nacional (EPE, 2025) e do SEEG com a estrutura setorial da MIP. Dado o nível de desagregação disponível nessas bases, os dez setores inicialmente selecionados foram consolidados em cinco agrupamentos setoriais para consumo e sete para produção, conforme o quadro 2. Além disso, os dados de produção setorial foram coletados na tabela 8 do IBGE, ANP, Agência Nacional de Mineração (ANM) e Ember Energia.

QUADRO 2

Descrição metodológica da 2ª etapa do tratamento de dados

Setor MIP (importação LCT)	Setor EPE (consumo)	Subcategoria SEEG (emissões de CO ₂)	Setor (produção)
Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	Outras indústrias	Outras indústrias	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos (IBGE)
Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros	Outras indústrias	Outras indústrias	Fabricação de produtos químicos (IBGE)
Construção	Cimento	Cimento	Construção (IBGE)
Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos	Outras indústrias	Outras indústrias	Fabricação de máquinas e equipamentos (IBGE)

(Continua)

12. Para mais informações, ver: <https://zenodo.org/records/5589597>. Acesso em: 15 jan. 2026.

(Continuação)

Setor MIP (importação LCT)	Setor EPE (consumo)	Subcategoria SEEG (emissões de CO ₂)	Setor (produção)
Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	Outras indústrias	Outras indústrias	Fabricação de máquinas e equipamentos (IBGE)
Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita	Agropecuário	Agropecuário	Agropecuário (IBGE)
Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos	Outras indústrias	Outras indústrias	Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos (IBGE)
Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio	Energético	Exploração de petróleo e gás natural	Petróleo e gás (ANP)
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	Energético	Geração de eletricidade (serviço público)	Geração de eletricidade (Ember)
Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	Papel e celulose	Papel e celulose	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel (IBGE)

Elaboração dos autores.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 Perfil de importação brasileiro de LCT

Os resultados revelam importantes tendências no perfil de importação das LCT destinadas ao Brasil. Observa-se, ao longo dos anos de 2010, 2015 e 2021, uma reconfiguração significativa nas origens geográficas dessas importações. Conforme a tabela 1, a China ampliou de forma expressiva sua participação como fornecedora de LCT, enquanto Estados Unidos, União Europeia, Mercosul e o resto do mundo perderam espaço relativo. Os países do BRICS original e novos (sem a China) apresentaram oscilações, refletindo variações conjunturais no comércio internacional e na estrutura da demanda brasileira por essas tecnologias.

TEXTO para DISCUSSÃO

TABELA 1

LCT importadas pelo Brasil, por região de origem (2010-2021)

(Em %)

Região	2010	2015	2021
China	13,58	14,05	58,47
BRICS (exceto China)	1,14	1,00	0,96
Novos membros do BRICS	0,47	0,19	0,22
Estados Unidos	21,74	24,77	9,62
Mercosul	2,88	1,32	0,54
União Europeia	33,55	34,08	17,10
Resto do mundo	26,53	24,59	13,10
Total	100,00	100,00	100,00

Elaboração dos autores.

A tabela 2 apresenta os dez principais setores da economia brasileira que mais absorveram LCT importadas nos anos analisados. Nota-se certa estabilidade na composição setorial ao longo do tempo, ainda que haja mudanças na ordem de importância entre os setores. O setor de Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos manteve-se como o principal demandante, sendo a China sua principal fornecedora, abrangendo quase a totalidade do mercado em 2021 (cerca de 90, equivalendo a 42% do total importado).

Em segundo lugar aparece o setor de Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros, dominado por firmas chinesas nos três anos analisados. Em terceiro aparece o setor de Construção, cuja principal origem das importações transitou dos Estados Unidos (2010) para a União Europeia (2015 e 2021). Setores como Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos e Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos também figuram entre os maiores receptores das LCT. Ambos têm a União Europeia como a principal origem das importações nos três anos, com exceção do segundo desses setores, no qual em 2015 a China ultrapassara a União Europeia.

Em 2021, a China liderava o fornecimento de LCT em oito dos dez principais setores demandantes, reforçando seu papel como protagonista da transição energética global – a lista completa e os percentuais de cada setor para o ano de 2021 encontra-se no apêndice B. Em alguns setores de alta intensidade de emissões, como Petróleo e Gás ou Construção, a presença dessas tecnologias sugere seu uso complementar, e não substitutivo, às práticas convencionais, evidenciando as múltiplas finalidades das LCT – conforme mencionado na seção de metodologia.

TABELA 2**Ranking com os dez principais setores no total de importações de LCT**

2A – Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos
(Em %)

Ranking do setor ¹	Ano	China	BRICS (exceto China)	Novos membros do BRICS	Estados Unidos	Mercosul	União Europeia	Resto do mundo
1	2010	33,67	0,22	0,26	11,73	0,56	11,46	42,09
2	2015	42,99	0,41	0,20	6,81	0,25	8,64	40,70
1	2021	90,42	0,13	0,07	1,99	0,29	3,15	3,96

2B – Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros
(Em %)

Ranking do setor	Ano	China	BRICS (exceto China)	Novos membros do BRICS	Estados Unidos	Mercosul	União Europeia	Resto do mundo
3	2010	55,42	0,27	0,00	20,81	1,23	16,57	5,70
1	2015	40,84	0,13	0,01	37,51	1,39	17,96	2,16
2	2021	61,63	3,66	0,24	12,54	0,44	20,24	1,25

2C – Construção
(Em %)

Ranking do setor	Ano	China	BRICS (exceto China)	Novos membros do BRICS	Estados Unidos	Mercosul	União Europeia	Resto do mundo
3	2010	12,93	1,89	0,33	30,97	3,04	27,38	23,45
4	2015	19,26	1,85	0,48	24,17	3,85	34,64	15,76
3	2021	26,55	3,23	0,20	12,95	12,23	28,58	16,26

2D – Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos
(Em %)

Ranking do setor	Ano	China	BRICS (exceto China)	Novos membros do BRICS	Estados Unidos	Mercosul	União Europeia	Resto do mundo
2	2010	14,07	1,66	0,89	19,17	2,24	38,17	23,80
3	2015	13,62	1,54	0,27	22,21	1,99	42,79	17,59
4	2021	23,61	2,44	0,37	13,99	4,09	36,27	19,23

TEXTO para DISCUSSÃO

2E – Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos
(Em %)

Ranking do setor	Ano	China	BRICS (exceto China)	Novos membros do BRICS	Estados Unidos	Mercosul	União Europeia	Resto do mundo
5	2010	15,46	1,62	0,80	19,37	2,30	34,99	25,45
5	2015	16,79	1,50	0,30	20,65	2,10	39,26	19,41
5	2021	33,75	2,14	0,32	12,17	3,58	31,32	16,72

2F – Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita
(Em %)

Ranking do setor	Ano	China	BRICS (exceto China)	Novos membros do BRICS	Estados Unidos	Mercosul	União Europeia	Resto do mundo
8	2010	46,82	0,45	0,00	25,08	1,43	18,41	7,80
6	2015	36,92	0,38	0,03	37,29	1,46	20,49	3,43
6	2021	57,60	4,25	0,38	13,05	1,08	21,22	2,40

2G – Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos
(Em %)

Ranking do setor	Ano	China	BRICS (exceto China)	Novos membros do BRICS	Estados Unidos	Mercosul	União Europeia	Resto do mundo
6	2010	22,46	2,23	0,39	17,09	2,70	30,12	25,00
7	2015	28,07	1,57	0,31	16,06	3,72	27,66	22,61
7	2021	44,77	1,30	0,21	9,13	2,93	24,44	17,23

2H – Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio

Ranking do setor	Ano	China	BRICS (exceto China)	Novos membros do BRICS	Estados Unidos	Mercosul	União Europeia	Resto do mundo
9	2010	25,77	1,16	0,61	18,77	1,74	34,51	17,45
9	2015	19,44	1,67	0,24	27,63	1,78	35,48	13,75
8	2021	35,97	2,82	0,34	13,70	3,26	30,35	13,56

2I – Energia elétrica, gás natural e outras utilidades

Ranking do setor	Ano	China	BRICS (exceto China)	Novos membros do BRICS	Estados Unidos	Mercosul	União Europeia	Resto do mundo
10	2010	21,19	2,56	0,36	21,06	3,47	26,42	24,93
8	2015	26,02	1,88	0,45	18,02	3,21	29,32	21,09
9	2021	37,51	1,40	0,22	10,16	5,05	26,72	18,93

2J – Fabricação de celulose, papel e produtos de papel

Ranking do setor	Ano	China	BRICS (exceto China)	Novos membros do BRICS	Estados Unidos	Mercosul	União Europeia	Resto do mundo
21	2010	51,42	0,37	0,01	22,06	1,46	17,49	7,18
18	2015	39,40	0,26	0,04	36,39	1,52	19,21	3,19
10	2021	60,86	3,66	0,25	12,66	0,58	20,39	1,59

Elaboração dos autores.

Nota: ¹O *ranking* do setor foi construído com base na posição ocupada pelos setores no ano de 2021. Os números indicam a colocação de cada setor no *ranking*. Por exemplo, o setor de Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos ocupa a primeira posição em 2010 e 2021, e a segunda posição em 2015.

5.2 Intensidade de emissões: análise a partir de dados de consumo e produção

Uma vez apresentado o perfil de importação de LCT setorial, a etapa seguinte foi verificar a trajetória de emissões via consumo energético e produção. O objetivo consistiu em avaliar se o uso crescente de LCT tem se traduzido em reduções da intensidade de emissões, indicando contribuições para processos de descarbonização estrutural ou, alternativamente, melhorias incrementais. Para tanto, foram utilizados dois indicadores: a intensidade de emissões por consumo de energia, que mede o volume de CO₂ emitido por unidade de energia utilizada; e a intensidade de emissões por produção econômica, que indica o volume de CO₂ emitido por unidade de produto gerado (a tabela com os indicadores para todos os anos pode ser consultada no apêndice C).

Com o objetivo de avaliar, portanto, se os setores produtivos importadores de LCT tiveram redução de emissões tanto com relação ao consumo de energia como com relação às suas atividades produtivas, optou-se por comparar os dois indicadores anteriormente citados para o período 2010-2023 (período em que iniciamos a análise e o

TEXTO para DISCUSSÃO

período mais recente).¹³ O que se pretende sugerir é que redução de emissões associadas ao consumo energético nem sempre implica reduções na atividade produtiva, mas a ocorrência dos dois fenômenos concomitantemente pode indicar algum grau de descarbonização estrutural.

Os dados mostram uma queda de emissões/consumo para quatro dos cinco setores (tabela 3), com uma queda mais acentuada em Outras indústrias (-31,07%), vindo em seguida os setores Geração de eletricidade (-27,39%), Papel e celulose (-18,09%), Cimento (-13,41%) e Agropecuária (-11,50%). Contudo, quando se observam as emissões/produção, os setores que apresentaram queda foram os de Geração de eletricidade (-48,12%), seguido de Exploração de petróleo e gás natural (-35,60%), Agropecuária (-20,09%) e Fabricação de produtos químicos (-15,24%).

TABELA 3

Intensidade de emissões/consumo e emissões/produção (2010-2023)

Intensidade (consumo)	% (2010-2023)	Intensidade (produção)	% (2010-2023)
Setor industrial – Outras indústrias	-31,07	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrô- nicos e ópticos	39,44
Setor industrial – Outras indústrias	-31,07	Fabricação de produtos químicos	-15,24
Setor industrial – Outras indústrias	-31,07	Fabricação de máquinas, apa- relhos e materiais elétricos	31,84
Setor industrial – Outras indústrias	-31,07	Fabricação de máquinas e equipamentos	-0,53
Cimento	-13,41	Cimento	-0,81
Energético/Geração de eletricidade	-27,39	Geração de eletricidade	-48,12
Energético/Exploração de petróleo e gás natural	12,79	Exploração de petróleo e gás natural	-35,60
Agropecuário	-11,50	Agropecuária	-20,09
Papel e celulose	-18,09	Papel e celulose	2,90

Elaboração dos autores.

Esses resultados sugerem que os setores que tiveram redução de intensidade de emissões expressiva, tanto no consumo, como na produção, foram: Fabricação de produtos químicos, Geração de eletricidade, Agropecuária e, em menor proporção, os setores de Cimento e Fabricação de máquinas e equipamentos. Portanto, há indícios de que estes setores estariam passando por um processo de descarbonização. Por

13. Este recorte temporal permite observar se houve mudança na intensidade de emissões ao longo do tempo. Isso sugere que há uma redução entre os setores que não tiveram um aumento em 2023 e redução nas emissões por consumo e produção dos dez principais setores produtivos entre 2010 e 2023. Portanto, ainda que não se está inferindo uma relação direta de causa e efeito entre esses dois fenômenos, busca-se apenas observar a trajetória de intensidade de emissões desses setores e verificar se há redução ou não.

sua vez, os setores de Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos, Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos, Exploração de petróleo e gás natural e Papel e celulose podem apenas estar adicionando tecnologias mais limpas no processo produtivo, sem necessariamente estar passando por um processo de substituição. Dos dez principais setores da MIP brasileira, apenas quatro não reduziram a intensidade de consumo e produção, como mostra o quadro 3.

QUADRO 3

Evolução dos níveis de intensidade de emissões nos dez principais setores MIP (2010-2023)

Setor MIP	Setor correspondente	Intensidade de emissões
Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	Outras indústrias	Aumento
Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros	Outras indústrias	Redução
Construção	Cimento	Redução
Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos	Outras indústrias	Redução
Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	Outras indústrias	Redução
Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita	Agropecuário	Redução
Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos	Outras indústrias	Aumento
Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio	Energético	Aumento
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	Energético	Redução
Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	Papel e celulose	Aumento
Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	Outras indústrias	Redução
Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros	Outras indústrias	Redução

Elaboração dos autores.

No setor Outras Indústrias, observou-se redução expressiva da intensidade de emissões por consumo de energia entre 2010 e 2023 (tabela 3), sugerindo ganhos de eficiência energética e/ou substituição de combustíveis por fontes menos poluentes. Por outro lado, dentro da indústria de transformação, a análise da intensidade de emissões

TEXTO para DISCUSSÃO

por unidade de produção revela que apenas o setor Fabricação de produtos químicos (-15,24%) registrou redução ao longo do período. O setor Fabricação de máquinas e equipamentos (-0,53%) se manteve estável. Os dois outros setores – Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos (39,44%) e Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos (31,84%) – apresentaram aumento da intensidade emissora durante a produção. Esses resultados indicam barreiras na transformação estrutural da produção industrial, ainda que a difusão de LCT no consumo de energia continue a gerar ganhos significativos de eficiência.

Quanto ao setor de Cimento, identifica-se a redução na intensidade de emissões pela perspectiva do consumo de energia, o que refletiria possíveis benefícios de eficiência decorrentes de uma maior incorporação de fontes limpas no uso final de energia. De modo distinto, os indicadores de intensidade pela perspectiva da produção se mantiveram estáveis, sugerindo limitações intrínsecas de seu próprio processo de produção,¹⁴ que tornam a descarbonização do setor um dos maiores desafios na transição energética (Bello *et al.*, 2023).

No setor de Geração de eletricidade, a magnitude da redução na intensidade de emissões por consumo e produção verificada durante o período é consistente com a crescente participação de fontes renováveis na matriz elétrica brasileira,¹⁵ incluindo fontes eólicas e solares, sobretudo (Rangelova, 2024). Observam-se, desse modo, indícios de que a sustentada redução na intensidade de emissões associa-se à difusão de LCT e à expansão de fontes limpas de energia.

Em relação ao setor de Exploração de petróleo e gás natural, identificam-se padrões mistos, havendo redução na intensidade de emissões por produção, com sinalização de padrões compatíveis com ganhos de eficiência produtiva e de modernização de processos, potencialmente vinculados à maior disseminação e implementação de LCT. Por outro lado, verifica-se elevação da intensidade por consumo de energia, indicando um perfil energético mais intensivo. A este respeito, salienta-se que esses resultados podem ter sido influenciados pelo processo de agregação e compatibilização dos dados de produção e consumo, tendo em vista que os dados de consumo só foram possíveis

14. Cerca de metade das emissões no setor de Cimento provém da decomposição do calcário (emissões de processo), enquanto 40% derivam do uso de combustíveis fósseis, 5% de eletricidade e 5% do transporte (Cheng *et al.*, 2023).

15. Em 2023, o Brasil alcançou 89% de geração elétrica renovável, com destaque para o rápido crescimento das fontes eólica e solar, que passaram de 5,8 % da matriz, em 2016, para 21 % em 2023. Esse dinamismo tem sido crucial para a redução das emissões do setor elétrico em 38%, desde 2014 (Rangelova, 2024).

para todo o setor energético, diferentemente do que sucedeu na análise dos dados de produção, disponibilizados apenas para o setor de Petróleo e gás natural (ANP).

No setor Agropecuário, observa-se redução da intensidade de emissões tanto por consumo de energia (-11,5%) quanto por produção (-20,1%). Tais padrões podem refletir a adoção de tecnologias de baixo carbono (LCT) e práticas produtivas que visam ganhos de eficiência energética e redução das emissões, como integração lavoura-pecuária-floresta, plantio direto, agricultura de conservação e tratamento de dejetos animais. No entanto, dado o caráter historicamente intensivo em carbono do setor e a heterogeneidade na difusão de tecnologias, os resultados indicam, sobretudo, potenciais indícios de mudanças incrementais na eficiência produtiva e energética, sem que se possa inferir a ocorrência de uma transição estrutural generalizada no conjunto do setor.

Por fim, no setor Papel e celulose, a intensidade de emissões por consumo de energia se reduziu (-18,09%), refletindo avanços na eficiência energética. No entanto, a intensidade por produção aumentou levemente (2,90%), indicando que esses ganhos de eficiência energética não se traduziram completamente em menores emissões por unidade produzida, possivelmente devido a limitações estruturais ou à própria natureza do processo industrial.

Em resumo, a análise dos setores selecionados, considerando-se os principais importadores de LCT e suas respectivas compatibilizações, sugere padrões diferenciados de evolução na intensidade de emissões. Setores como Geração de eletricidade e Fabricação de produtos químicos exibem trajetórias de redução de intensidade emissora tanto por consumo quanto por produção, com potenciais indícios de progressos de mudança estrutural e de transição energética. Em outros setores, incluindo Cimento e Exploração de petróleo e gás natural, identificam-se padrões mistos e ganhos incrementais, em reflexo de possíveis limitações quanto às suas estruturas energéticas, produtivas e tecnológicas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo demonstram um cenário marcado por assimetrias no comércio internacional. Destaca-se a crescente centralidade da China como principal fornecedora global de LCT, superando inclusive blocos e países tradicionais, como a União Europeia e os Estados Unidos. Isso reforça sua liderança estratégica no comércio dessas tecnologias, em especial nos setores de construção, equipamentos elétricos e informática, energia elétrica e automóveis, em que sua participação é superior a um terço do total de LCT importadas (tabela 2).

TEXTO para DISCUSSÃO

O domínio chinês, aliado à baixa disseminação das LCT nas importações brasileiras, destaca uma vulnerabilidade tecnológica que pode dificultar o processo de descarbonização nacional. Tal fator demanda a conjunção de esforços para compatibilizar as capacidades produtivas e financeiras chinesas com os objetivos de reindustrialização em bases sustentáveis aspirados pelo Brasil. A atração de investimentos produtivos chineses, como verificado em segmentos de baterias e veículos elétricos (Guerra *et al.*, 2025), pode se complementar com políticas de investimento em pesquisa, inovação e manufatura de LCT. Tais estratégias são fundamentais para reduzir vulnerabilidades, promover diversificação industrial e fomentar empregos de maior qualificação.

Adicionalmente, políticas comerciais combinadas com estratégias de inserção produtiva internacional podem favorecer a construção de laços de cooperação Sul-Sul, especialmente no âmbito do BRICS, cujos potenciais não se esgotam na China. Com o processo de expansão do grupo, ampliam-se também as oportunidades em termos de atração de investimento, compartilhamento de experiências e conhecimentos e desenvolvimento conjunto de projetos em segmentos emergentes de transição de baixo carbono.

Apesar dessas oportunidades, o comércio e a cooperação enfrentam restrições importantes. A vantagem tecnológica e produtiva da China concentra fluxos comerciais e pode reforçar desigualdades, reproduzindo padrões tradicionais do comércio Norte-Sul, mesmo no contexto Sul-Sul. Além disso, a importação de LCT pode implicar transferência indireta de emissões, uma vez que produtos importados carregam carbono incorporado de sua produção. Isso evidencia limites estruturais à construção de cadeias de valor sustentáveis e equitativas, indicando que políticas de cooperação e industrialização regional precisam ser cuidadosamente articuladas para mitigar desigualdades e impactos ambientais associados.

Quanto à segunda etapa de análise, os resultados sugerem padrões setoriais diferenciados e reforçam a importância de estudos atentos à articulação entre políticas industriais, climáticas e comerciais. Os setores de Fabricação de produtos químicos, Geração de eletricidade, Agropecuária e, em menor medida, Cimento e Fabricação de máquinas e equipamentos apresentaram reduções expressivas nas emissões por unidade de produção e consumo de energia, sugerindo perspectivas de descarbonização e transição. Outros setores, como Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos, Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos, Exploração de petróleo e gás natural e Papel e celulose, apresentaram resultados mistos e ganhos somente incrementais de eficiência energética e/ou produtiva.

Por fim, cabe destacar que este trabalho apresenta algumas limitações relevantes. A análise não permite avaliar, de forma aprofundada, a estratégia específica de descarbonização de cada setor, devido à heterogeneidade histórica, tecnológica e institucional. Também não foi possível identificar com maior precisão quais produtos da lista do FMI apresentam maior potencial de redução de CO₂. O estudo limita-se à observação da inserção de LCT importadas; análises futuras poderiam investigar a produção interna, seu peso na estrutura produtiva brasileira e as políticas de incentivo necessárias para estimular a indústria local. Ademais, uma limitação da própria classificação de LCT, fornecida pelo FMI e adotada neste trabalho, refere-se ao fato de esta considerar apenas a função do produto, sem contabilizar as emissões geradas durante sua produção. Como se sabe, produtos importados, por exemplo, da China, podem incorporar emissões significativas, implicando transferência indireta de carbono. Esta conjuntura é absolutamente desconsiderada no exercício realizado.

REFERÊNCIAS

BELLO, André *et al.* **Neutralidade de carbono até 2050**: cenários para uma transição eficiente no Brasil. Rio de Janeiro: Cebri, 2023. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-726/PTE_RelatorioFinal_PT_Digital_.pdf?utm_source=chatgpt.com.

CHENG, D. *et al.* Projecting future carbon emissions from cement production in developing countries. **Nature Communications**, v. 14, art. 8213, 2023. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41467-023-43660-x>. Acesso em: 25 jun. 2025.

ELLIOTT, M.; LANG, J. **Carbon competitiveness**: South Africa at the Net Zero-Trade Nexus. [S.l.]: Net Zero Tracker, jun. 2025.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (BRASIL). **Balanço energético nacional 2025**: ano base 2024. Rio de Janeiro: EPE, 2025. 32 p.

GUERRA, A. M. *et al.* **Nova política industrial para um novo mundo**: aproveitando as oportunidades do Brasil na transição energética. Baltimore: Net Zero Industrial Policy Lab, fev. 2025. (Geopolitical Brief, n. 3). Disponível em: <https://static1.squarespace.com/static/64ca7e081e376c26a5319f0b/t/67a50aa8c6c28f084609157c/1738869418073/GP03+-+Brasil+-+PDF+-+Port.pdf>. Acesso em: 7 fev. 2025.

HINMAN, A.; FRIEDMAN, D. **Actions to enable an equitable and innovative U.S. bioeconomy**: creating equitable biotechnology innovation regions throughout the United States. Califórnia: EBRC, maio 2022. (Policy Paper).

TEXTO para DISCUSSÃO

HOWELL, K. *et al.* Trade in low-carbon technology products. *In*: ARSLANALP, S.; KORTIAL, K.; QUIROS-ROMERO, G. **Data for a greener world: a guide for practitioners and policymakers**. Washington: International Monetary Fund, 2023. p. 161-180. Disponível em: <https://www.elibrary.imf.org/display/book/9798400217296/CH009.xml>. Acesso em: 10 maio 2025.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2023: synthesis report – Summary for policymakers**. Genebra: IPCC, 2023. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf?

KIM, T.-J.; TROMP, N. Carbon emissions embodied in China-Brazil trade: trends and driving factors. **Journal of Cleaner Production**, v. 293, 126206, abr. 2021.

LEE, H.; ROMERO, J. (ed.). **Climate Change 2023: synthesis reports**. Contribution of working groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC, 2023. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf. Acesso em: 10 maio 2025.

LIN, B.; XU, M. Does China become the “pollution heaven” in South-South trade? Evidence from Sino-Russian trade. **Science of The Total Environment**, v. 666, p. 964-974.

MAKAROV, L.; KHLEBNOVA, A.; SHURANOVA, A. **Towards global green leadership: priorities for BRICS cooperation on climate change**. Moscou: HSE University, 2024.

MEALY, P.; TEYTELBOYM, A. Economic complexity and the green economy. **Research Policy**, v. 51, n. 88, out. 2022.

MENG, J. *et al.* The rise of South-South trade and its effect on global CO2 emissions. **Nature communications**, v. 9, art. 1871, maio 2018.

PIENKNAGURA, S. **Trade in low-carbon technologies: the role of climate and trade policies**. Washington: International Monetary Fund, mar. 2024. (Working Paper, n. 24/75).

PIGATO, M. A. *et al.* **Technology transfer and innovation for low-carbon development**. Washington: World Bank. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/ee24a8ec-6335-524d-8ef8-4279d1c90a3c/content>. Acesso em: 22 dez. 2025.

PORTO, R. R. **Impactos econômicos e ambientais incorporados no comércio internacional brasileiro**. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária, Universidade de São Paulo, 2023.

RANGELOVA, K. Brazil rises as G20 renewables powerhouse. **Ember**, 11 jul. 2024. Disponível em: <https://ember-energy.org/latest-insights/brazil-rises-as-g20-renewables-powerhouse/>. Acesso em: 25 jun. 2025.

ROMERO, J. P.; GRAMKOW, C. Economic complexity and greenhouse gas emissions. **World Development**, v. 139, 105317, mar. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305750X20304447>.

UKOBA, K.; JEN, T.-C.; YUSUF, A. A. Transformation of South Africa's energy landscape: Policy implications, opportunities, and technological innovations in the Fourth Industrial Revolution. **Energy Strategy Reviews**, v. 59, 101752, maio 2025.

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Emissions gap report 2017**. Nairobi: UNEP, 2017. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2017>. Acesso em: 10 maio 2025.

WILLEMS, A. *et al.* (2020). **Helping sustainable trade**: ways to “green” the harmonised system. LinkedIn: @Arnoud Willems. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/helping-sustainable-trade-ways-green-harmonised-system-arnoud-willems/>. Acesso em: 20 maio 2025.

WIMBADI, R. W.; DJALANTE, R.; MORI, A. Urban experiments with public transport for low carbon mobility transitions in cities: a systematic literature review (1990-2020). **Sustainable Cities and Society**, v. 72, 103023, set. 2021.

WTO – WORLD TRADE ORGANIZATION. **World trade report 2022**: climate change and international trade. Genebra: WTO, 2022. Disponível em: https://www.wto.org/english/res_e/publications_e/wtr22_e.htm. Acesso em: 10 maio 2025.

YORK, R.; BELL, S. E. Energy transitions or additions? **Energy Research & Social Science**, v. 51, p. 40-43, maio 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629618312246?via%3Dihub>. Acesso em: 25 jun. 2025.

ZHANG, N.; YU, K.; CHEN, Z. How does urbanization affect carbon dioxide emissions? A cross-country panel data analysis. **Energy Policy**, v. 107, p. 678-687, ago. 2017.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

IRENA – INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Renewable power generation costs in 2023**. Abu Dhabi: IRENA, 2023.

TEXTO para DISCUSSÃO

APÊNDICE A

QUADRO A.1

Lista completa de tecnologias de baixo carbono disponibilizada pelo Fundo Monetário Internacional

	HS2017	Descrição
1	252390	Cement; hydraulic kinds n.e.c. in heading no. 2523
2	280519	Alkali or alkali-earth metals; other than sodium and calcium
3	282520	Lithium oxide and hydroxide
4	282690	Fluorides; fluorosilicates, fluoroaluminates and other complex fluorine salts, n.e.s. in heading no. 2826
5	282739	Chlorides; other than of ammonium, calcium, magnesium, aluminium, iron, cobalt, nickel and zinc
6	283691	Carbonates; lithium carbonate
7	392010	Plastics; plates, sheets, film, foil and strip (not self-adhesive), of polymers of ethylene, non-cellular and not reinforced, laminated, supported or similarly combined with other materials
8	441873	Wood; assembled flooring panels, of bamboo or with at least the top layer (wear layer) of bamboo
9	560314	Nonwovens; whether or not impregnated, coated, covered or laminated, of man-made filaments, (weighing more than 150g/m2)
10	680610	Slag wool, rock wool and similar mineral wools (including intermixtures thereof), in bulk, sheets or rolls
11	680690	Minerals; mixtures and articles of heat-insulating, sound-insulating or sound-absorbing mineral materials, other than those of heading no. 6811 or 6812 or of chapter 69
12	700800	Multiple walled insulating units of glass
13	701931	Glass fibres; non-woven products, mats
14	701939	Glass fibres; webs, mattresses, boards and similar non-woven products excluding mats and thin sheets
15	730820	Iron or steel; structures and parts thereof, towers and lattice masts
16	730900	Reservoirs, tanks, vats and similar containers; for any material (excluding compressed or liquefied gas), of iron or steel, capacity exceeding 300l, whether or not lined or heat-insulated
17	732111	Cooking appliances and plate warmers; for gas fuel or both gas and other fuels, of iron or steel
18	732190	Domestic appliances; non-electric, parts thereof, of iron or steel

(Continua)

(Continuação)

	HS2017	Descrição
19	732490	Iron or steel; sanitary ware and parts thereof, excluding sinks, wash basins and baths
20	761100	Aluminium; reservoirs, tanks, vats and similar containers, for material (not compressed or liquefied gas), of a capacity over 300l, whether or not lined, not fitted with mechanical/thermal equipment
21	761290	Aluminium; casks, drums, cans, boxes and the like for any material (not compressed or liquefied gas), 300l capacity or less, whether or not lined or heat-insulated, no mechanical or thermal equipment
22	840110	Nuclear reactors
23	840120	Machinery and apparatus; for isotopic separation, and parts thereof
24	840140	Nuclear reactors; and parts thereof
25	840219	Boilers; vapour generating boilers, including hybrid boilers n.e.c. in heading no. 8402
26	840290	Boilers; parts of steam or other vapour-generating boilers
27	840410	Boilers; auxiliary plant, for use with boilers of heading no. 8402 or 8403 (e.g. economisers, super-heaters, soot removers, gas recoverers)
28	840420	Boilers; condensers, for steam or other vapour power units
29	840490	Boilers; parts of auxiliary plant, for use with boilers of heading no. 8402 and 8403 and parts of condensers for steam or other vapour power units
30	840510	Generators; producer gas, water gas, acetylene gas and similar water process gas generators, with or without their purifiers
31	840681	Turbines; steam and other vapour turbines, (for other than marine propulsion), of an output exceeding 40MW
32	840690	Turbines; parts of steam and other vapour turbines
33	841011	Turbines; hydraulic turbines and water wheels, of a power not exceeding 1000kW
34	841012	Turbines; hydraulic turbines and water wheels, of a power exceeding 1000kW but not exceeding 10000kW
35	841013	Turbines; hydraulic turbines and water wheels, of a power exceeding 10000kW
36	841090	Parts for hydraulic turbines
37	841181	Turbines; gas-turbines (excluding turbo-jets and turbo-propellers), of a power not exceeding 5000kW
38	841182	Turbines; gas-turbines (excluding turbo-jets and turbo-propellers), of a power exceeding 5000kW
39	841199	Turbines; parts of gas turbines (excluding turbo-jets and turbo-propellers)
40	841290	Engines; parts, for engines and motors of heading no. 8412
41	841581	Air conditioning machines; containing a motor driven fan, other than window or wall types, incorporating a refrigerating unit and a valve for reversal of the cooling/heat cycle (reversible heat pumps)

(Continua)

TEXTO para DISCUSSÃO

(Continuação)

	HS2017	Descrição
42	841780	Other furnaces, ovens, incinerators, non-electric
43	841790	Parts of furnaces, non-electric
44	841861	Heat pumps; other than air conditioning machines of heading no. 8415
45	841869	Refrigerating or freezing equipment; n.e.c. in heading no. 8418
46	841919	Other instantaneous or storage water heaters, non-electric
47	841939	Dryers; for products n.e.c. in heading no. 8419, not used for domestic purposes
48	841940	Distilling or rectifying plant; not used for domestic purposes
49	841950	Heat exchange units
50	841960	Machinery for liquefying air or other gases
51	841989	Other machinery. for treatment of materials by change of temperature
52	841990	Parts for heat exchange equipment
53	842121	Water filtering or purifying machinery and apparatus
54	842129	Other machinery for purifying liquids
55	842139	Filtering or purifying machinery and apparatus for gases
56	842199	Parts for filtering or purifying machinery
57	847420	Machines; for crushing or grinding earth, stone, ores or other mineral substances
58	847982	Other machines for mixing/grinding, etc.
59	847989	Machines and mechanical appliances; having individual functions, n.e.c. or included in this chapter
60	847990	Machines and mechanical appliances; parts, of those having individual functions
61	848340	Gears and gearing; (not toothed wheels, chain sprockets and other transmission elements presented separately); ball or roller screws; gear boxes and other speed changers, including torque converters
62	848360	Clutches and shaft couplings (including universal joints)
63	850161	Generators; AC generators, (alternators), of an output not exceeding 75kVA
64	850162	Electric generators; AC generators, (alternators), of an output exceeding 75kVA but not exceeding 375kVA
65	850163	Electric generators; AC generators, (alternators), of an output exceeding 375kVA but not exceeding 750kVA
66	850164	Electric generators; AC generators, (alternators), of an output exceeding 750kVA
67	850231	Electric generating sets; wind-powered, (excluding those with spark-ignition or compression-ignition internal combustion piston engines)
68	850239	Electric generating sets; (excluding those with spark-ignition or compression-ignition internal combustion piston engines), other than wind powered

(Continua)

(Continuação)

	HS2017	Descrição
69	850300	Electric motors and generators; parts suitable for use solely or principally with the machines of heading no. 8501 or 8502
70	850490	Electrical transformers, static converters and inductors; parts thereof
71	850650	Cells and batteries; primary, lithium
72	850680	Cells and batteries; primary, (other than manganese dioxide, mercuric oxide, silver oxide, lithium or air-zinc)
73	850710	Electric accumulators; lead-acid, of a kind used for starting piston engines, including separators, whether or not rectangular (including square)
74	850720	Electric accumulators; lead-acid, (other than for starting piston engines), including separators, whether or not rectangular (including square)
75	850730	Electric accumulators; nickel-cadmium, including separators, whether or not rectangular (including square)
76	850740	Electric accumulators; nickel-iron, including separators, whether or not rectangular (including square)
77	850750	Electric accumulators; nickel-metal hydride, including separators, whether or not rectangular (including square)
78	850760	Electric accumulators; lithium-ion, including separators, whether or not rectangular (including square)
79	850780	Electric accumulators; other than lead-acid, nickel-cadmium, nickel-iron, nickel-metal hydride and lithium-ion, including separators, whether or not rectangular (including square)
80	850790	Electric accumulators; parts n.e.c. in heading no. 8507
81	851410	Industrial or laboratory electric resistance furnaces
82	851420	Industrial or laboratory induction or dielectric furnaces
83	851430	Other industrial or laboratory electric furnaces and ovens
84	851490	Parts, industrial or laboratory electric furnaces
85	853120	Signalling apparatus; electric, sound or visual, indicator panels incorporating liquid crystal devices (LCD) or light-emitting diodes (LED), excluding those of heading no. 8512 or 8530
86	853224	Electrical capacitors; fixed, ceramic dielectric, multilayer
87	853710	Boards, panels, consoles, desks and other bases; for electric control or the distribution of electricity, (other than switching apparatus of heading no. 8517), for a voltage not exceeding 1000 volts
88	853931	Fluorescent lamps, hot cathode
89	853950	Lamps; light-emitting diode (LED) lamps
90	854140	Photosensitive semiconductor devices, including solar cells

(Continua)

TEXTO para DISCUSSÃO

(Continuação)

	HS2017	Descrição
91	854390	Electrical machines and apparatus; parts of the electrical goods of heading no. 8543
92	860120	Rail locomotives; powered by electric accumulators
93	870220	Vehicles; public transport type (carries 10 or more persons, including driver), with both compression-ignition internal combustion piston engine (diesel or semi-diesel) and electric motor for propulsion, new or used
94	870230	Vehicles; public transport type (carries 10 or more persons, including driver), with both spark-ignition internal combustion reciprocating piston engine (diesel or semi-diesel) and electric motor for propulsion, new or used
95	870240	Vehicles; public transport type (carries 10 or more persons, including driver), with only electric motor for propulsion, new or used
96	870340	Vehicles; with both spark-ignition internal combustion reciprocating piston engine and electric motor for propulsion, incapable of being charged by plugging to external source of electric power
97	870350	Vehicles; with both compression-ignition internal combustion piston engine (diesel or semi-diesel) and electric motor for propulsion, incapable of being charged by plugging to external source of electric power
98	870360	Vehicles; with both spark-ignition internal combustion reciprocating piston engine and electric motor for propulsion, capable of being charged by plugging to external source of electric power
99	870370	Vehicles; with both compression-ignition internal combustion piston engine (diesel or semi-diesel) and electric motor for propulsion, capable of being charged by plugging to external source of electric power
100	870380	Vehicles; with only electric motor for propulsion
101	871160	Motorcycles (including mopeds) and cycles; fitted with auxiliary motor, with electric motor for propulsion, with or without side-cars; side-cars
102	900190	Optical elements; lenses n.e.c. in heading no. 9001, prisms, mirrors and other optical elements, unmounted, of any material (excluding elements of glass not optically worked)
103	900290	Optical elements; n.e.c. in heading no. 9002 (e.g. prisms and mirrors), mounted, being parts or fittings for instruments or apparatus, of any material (excluding elements of glass not optically worked)
104	901380	Optical devices, appliances and instruments; n.e.c. in heading no. 9013 (including liquid crystal devices)
105	901390	Optical appliances and instruments; parts and accessories for articles of heading no. 9013
106	901580	Surveying equipment; articles n.e.c. in heading no. 9015, including hydrographic, oceanographic, hydrological, meteorological or geophysical instruments and appliances (excluding compasses)
107	902610	Instruments for measuring the flow or level of liquids

(Continua)

(Continuação)

	HS2017	Descrição
108	902620	Instruments for measuring or checking pressure
109	902680	Other instruments for measuring liquids or gases
110	902690	Parts of instruments for measuring, checking liquids or gases
111	902710	Instruments for analysing gas or smoke
112	902720	Chromatographs, etc.
113	902730	Spectrometers, etc.
114	902750	Other instruments using optical radiation
115	902780	Other instruments for physical or chemical analysis
116	902790	Parts for instruments, incl. microtomes
117	903149	Other optical instruments
118	903180	Other measuring or checking instruments
119	903190	Instruments, appliances and machines; parts and accessories for those measuring or checking devices of heading no. 9031
120	903210	Thermostats
121	903220	Manostats
122	903289	Other automatic regulating, controlling instruments
123	903290	Regulating or controlling instruments and apparatus; automatic, parts and accessories
124	903300	Machines and appliances, instruments or apparatus of chapter 90; parts and accessories n.e.c. in chapter 90

Elaboração dos autores.

TEXTO para DISCUSSÃO

APÊNDICE B

TABELA B.1

Setores que receberam tecnologias de baixo carbono importadas (2021)

(Em %)

Setor	China	BRICS (exceto China)	Novos membros do BRICS	Estados Unidos	Mercosul	União Europeia	Resto do mundo
Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	90,42	0,13	0,07	1,99	0,29	3,15	3,96
Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros	61,63	3,66	0,24	12,54	0,44	20,24	1,25
Construção	26,55	3,23	0,20	12,95	12,23	28,58	16,26
Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos	23,61	2,44	0,37	13,99	4,09	36,27	19,23
Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	33,75	2,14	0,32	12,17	3,58	31,32	16,72
Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita	57,60	4,25	0,38	13,05	1,08	21,22	2,40
Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos	44,77	1,30	0,21	9,13	2,93	24,44	17,23
Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio	35,97	2,82	0,34	13,70	3,26	30,35	13,56
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	37,51	1,40	0,22	10,16	5,05	26,72	18,93
Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	60,86	3,66	0,25	12,66	0,58	20,39	1,59
Fabricação de defensivos, desinfestantes, tintas e químicos diversos	60,29	3,55	0,23	12,26	2,24	19,95	1,46
Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração	20,30	2,43	0,35	12,77	3,99	37,65	22,49
Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças	28,11	2,65	0,23	12,58	12,38	28,60	15,45
Fabricação de produtos de minerais não metálicos	51,15	4,79	0,21	14,07	0,83	23,56	5,40
Comércio por atacado e varejo	37,29	2,17	0,28	12,23	6,56	27,29	14,18

(Continua)

(Continuação)

Setor	China	BRICS (exceto China)	Novos membros do BRICS	Estados Unidos	Mercosul	União Europeia	Resto do mundo
Pecuária, inclusive o apoio à pecuária	51,66	4,36	0,20	13,35	3,78	22,03	4,62
Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos	39,66	1,20	0,06	6,55	34,10	14,25	4,19
Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores	61,49	0,67	0,11	5,01	10,23	13,17	9,33
Outros produtos alimentares	44,91	3,45	0,17	11,53	14,18	20,16	5,60
Organizações associativas e outros serviços pessoais	64,27	1,59	0,36	9,87	0,64	15,98	7,30
Outras atividades administrativas e serviços complementares	23,36	2,66	0,39	14,56	2,58	37,71	18,74
Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação	95,44	0,04	0,05	0,82	0,02	1,16	2,46
Fabricação de produtos de limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene pessoal	56,66	3,46	0,21	11,81	5,91	19,71	2,25
Fabricação de bebidas	32,83	2,97	0,05	9,25	28,91	18,43	7,56
Água, esgoto e gestão de resíduos	54,62	3,24	0,24	12,13	3,76	21,66	4,35
Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura	51,54	2,87	0,16	10,42	13,59	18,36	3,05
Metalurgia de metais não ferrosos e a fundição de metais	58,61	3,43	0,24	12,24	2,00	20,77	2,71
Saúde privada	52,35	3,31	0,27	15,00	0,33	22,48	6,26
Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P & D	13,00	1,23	0,39	25,03	0,65	31,63	28,08
Fabricação de móveis e de produtos de indústrias diversas	44,90	2,19	0,28	11,27	12,9	19,26	9,17
Armazenamento, atividades auxiliares dos transportes e correio	78,77	0,63	0,13	4,15	0,29	9,64	6,38
Saúde pública	35,83	2,60	0,32	17,84	1,73	27,09	14,58
Fabricação de produtos de borracha e de material plástico	50,43	3,57	0,43	14,93	1,93	22,83	5,89
Impressão e reprodução de gravações	77,66	0,32	0,12	6,10	0,29	7,70	7,80

(Continua)

TEXTO para DISCUSSÃO

(Continuação)

Setor	China	BRICS (exceto China)	Novos membros do BRICS	Estados Unidos	Mercosul	União Europeia	Resto do mundo
Transporte terrestre	27,87	1,55	0,29	12,28	1,25	32,72	24,04
Fabricação de outros equipamentos de trans- porte, exceto veículos automotores	32,68	1,98	0,24	11,16	15,92	25,85	12,17
Fabricação de produtos têxteis	43,61	1,24	1,61	25,26	1,16	18,51	8,61
Alimentação	31,65	2,13	0,16	9,25	32,41	16,81	7,59
Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca	33,19	0,44	0,03	5,72	40,86	13,45	6,31
Extração de minerais metá- licos não ferrosos, inclusive beneficiamentos	25,82	2,44	0,31	11,86	4,07	34,35	21,16
Administração pública, defesa e seguridade social	38,02	1,58	0,18	10,94	16,73	20,15	12,41
Atividades imobiliárias	26,78	3,76	0,17	13,27	7,69	29,68	18,66
Telecomunicações	27,39	1,65	0,28	12,36	0,72	33,49	24,10
Atividades jurídicas, contá- beis, consultoria e sedes de empresas	27,80	1,55	0,27	12,17	0,31	33,12	24,77
Fabricação de calçados e de artefatos de couro	51,01	2,21	1,04	19,88	1,46	19,00	5,41
Fabricação de produ- tos farmoquímicos e farmacêuticos	56,82	3,46	0,21	11,92	5,12	19,99	2,48
Educação pública	36,32	1,98	0,31	16,42	3,27	24,38	17,31
Extração de carvão mineral e de minerais não metálicos	39,33	5,24	1,34	11,72	2,35	24,89	15,13
Fabricação de produtos da madeira	29,44	1,36	0,18	8,95	26,20	23,30	10,57
Fabricação e refino de açúcar	51,64	3,59	0,34	13,85	3,98	21,49	5,10
Alojamento	29,98	2,80	0,91	19,70	10,39	23,06	13,17
Produção florestal; pesca e aquicultura	51,53	4,71	1,72	13,60	4,36	20,35	3,73
Transporte aquaviário	22,28	2,83	0,47	15,65	1,22	39,41	18,15
Confecção de artefatos do vestuário e acessórios	35,01	0,08	2,02	28,34	7,07	16,58	10,90
Atividades artísticas, criativas e de espetáculos	62,60	0,82	0,16	6,24	0,18	16,87	13,12
Refino de petróleo e coquerias	34,22	0,38	0,01	4,72	43,20	12,37	5,09

(Continua)

(Continuação)

Setor	China	BRICS (exceto China)	Novos membros do BRICS	Estados Unidos	Mercosul	União Europeia	Resto do mundo
Atividades de televisão, rádio, cinema e gravação/ edição de som e imagem	19,77	1,34	0,32	18,74	1,91	31,86	26,06
Outras atividades profissio- nais, científicas e técnicas	27,30	1,70	0,30	14,81	0,39	32,16	23,35
Intermediação financeira, seguros e previdência complementar	27,45	1,63	0,28	12,36	0,37	33,53	24,38
Fabricação de biocombustíveis	43,88	1,82	0,14	8,87	20,14	18,56	6,59
Aluguéis não imobiliários e gestão de ativos de pro- priedade intelectual	27,80	1,55	0,27	12,17	0,31	33,12	24,77
Atividades de vigilância, segurança e investigação	34,29	0,37	0,01	4,64	43,70	12,13	4,86
Fabricação de produtos do fumo	33,26	0,56	0,05	5,83	36,80	15,47	8,03
Edição e edição integrada à impressão	27,80	1,55	0,27	12,17	0,31	33,12	24,77
Transporte aéreo	27,80	1,55	0,27	12,17	0,31	33,12	24,77
Educação privada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Serviços domésticos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Elaboração dos autores.

APÊNDICE C

TABELA C.1
Intensidade de emissões de consumo e produção

Intensidade de emissões - consumo (tCO2e/ktep)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Sector industrial - Outras indústrias	1102,8625	1120,2399	1080,356	1068,8082	1090,9154	1010,5222	938,92094	928,39271	894,30956	822,81888	711,7211	778,86217	826,80915	760,18439
Cimento	3464,1583	3337,8352	3293,9167	3320,7	3319,0195	3321,7804	3298,444	3301,4771	3311,8889	3314,0974	3343,234	3162,3113	3203,6256	2999,6939
Energético/Geração de eletricidade	1085,8896	903,35005	1588,3907	2215,4666	2643,0015	2437,9256	1686,0758	1811,7125	1319,2016	1384,2148	1260,7332	2273,6082	925,01753	788,44024
Energético/Exploração de petróleo e gás natural	864,94418	887,77313	927,75953	816,96866	860,73086	843,69137	882,11499	903,27078	806,79219	849,72256	887,70802	877,26755	962,21313	975,60276
Agropecuário	1817,4355	1770,2388	1778,6862	1817,6394	1686,6291	1684,5984	1676,0399	1647,9101	1607,0653	1600,2303	1578,1272	1569,5008	1623,3838	1608,3952
Papel e celulose	418,71903	461,73781	481,53437	452,16145	461,35924	413,19031	422,77709	399,78952	412,32492	403,86682	377,43913	398,76001	391,22089	342,98577
Intensidade de emissões - produção (tCO2e/ktep)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	49,133	52,365	56,208	56,191	59,207	74,841	75,555	60,933	58,820	53,360	41,967	54,675	66,942	68,512
Fabricação de produtos químicos	76,520	84,471	77,163	76,950	80,662	75,599	66,360	63,719	63,176	57,797	44,814	55,413	66,942	64,856
Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	51,475	56,455	53,811	54,531	59,856	60,121	56,335	56,613	56,223	50,248	39,917	48,963	66,942	67,865
Fabricação de máquinas e equipamentos	66,006	71,558	71,495	71,856	77,750	80,371	79,065	74,521	71,303	64,052	51,921	53,560	66,942	65,659
Cimento	96,667	94,877	93,276	92,320	94,315	92,952	89,552	93,452	95,845	96,002	108,542	97,514	95,253	95,886
Geração de eletricidade	173,977	123,619	214,937	335,244	431,630	405,415	248,671	260,209	202,360	207,432	181,208	310,884	105,565	90,256
Exploração de petróleo e gás natural	149,540	134,583	140,481	140,700	140,379	128,624	121,890	117,376	116,862	114,057	107,300	102,584	99,983	96,308
Agropecuária	103,963	95,569	102,673	99,370	94,438	93,571	96,448	90,811	87,819	89,081	86,872	87,263	90,860	83,080
Papel e celulose	49,354	54,149	54,456	54,360	59,228	56,025	59,130	55,399	57,396	55,863	53,025	57,371	59,014	50,787

Elaboração dos autores.

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

EDITORIAL

Coordenador

Aeromilson Trajano de Mesquita

Analistas Técnicos

Rafael Augusto Ferreira Cardoso

Samuel Elias de Souza

Revisora Sênior

Alice Souza Lopes

Revisão

Cláudio Passos de Oliveira

Denise Pimenta de Oliveira

Emilly Dias de Matos

Gisela Carneiro de Magalhães Ferreira

Katarinne Fabrizzi Maciel do Couto

Nayane Santos Rodrigues

Reginaldo da Silva Domingos

Susana Sousa Brito

Yally Schayany Tavares Teixeira

Ada Brígida Barbosa Rocha (estagiária)

Eduarda Silva de Souza dos Santos (estagiária)

Diagramadores / Web Designers

Augusto Lopes dos Santos Borges

Cristiano Ferreira de Araújo

Daniel Alves Tavares

Danielle de Oliveira Ayres

Leonardo Hideki Higa

Capa

Aline Cristine Torres da Silva Martins

Projeto Gráfico

Aline Cristine Torres da Silva Martins

The manuscripts in languages other than Portuguese published herein have not been proofread.

Ipea – Brasília

Setor de Edifícios Públicos Sul 702/902, Bloco C

Centro Empresarial Brasília 50, Torre B

CEP: 70390-025, Asa Sul, Brasília-DF

Acesse nossas publicações



Acompanhe nossas redes sociais



Composto em roboto regular 10/12 (texto)
Roboto regular, bold, black 12/14 (títulos)
Roboto regular 10 (gráficos e tabelas)
Brasília-DF

Missão do Ipea
Qualificar a tomada de decisão do Estado e o debate público.