



RELATÓRIO . 2023

# OPORTUNIDADES PARA O BRASIL EM MERCADOS DE CARBONO



# RESUMO DE EDIÇÕES ANTERIORES

## 2021

O primeiro relatório **Oportunidades para o Brasil em mercados de carbono**, além de introduzir conceitos importantes sobre os mercados de carbono, teve foco nas oportunidades relacionadas aos setores produtivos nos mecanismos do Artigo 6 do Acordo de Paris e no mercado voluntário. O estudo trouxe uma revisão dos setores de Florestas, Agropecuário, Energia, Transportes e Indústrias quanto a tecnologias de redução de emissões, benefícios socioeconômicos e oportunidades para a cadeia produtiva. Foram ainda apresentadas a potencial oferta de créditos gerados no Brasil e estimativas de demanda por esses créditos. Com base nas oportunidades e barreiras levantadas, considerando os setores a serem priorizados, foram apresentadas recomendações para o governo brasileiro e para o setor empresarial.



Clique na imagem  
e confira o Relatório  
completo

## 2022

O estudo **Oportunidades para o Brasil em mercados de carbono 2022** apresentou avanços quanto à evolução das definições dos novos mecanismos de mercado de carbono no âmbito do Artigo 6 pós-COP 26 e um panorama atualizado dos mercados regulados e do mercado voluntário. Este relatório trouxe ainda um mapeamento inédito do atual ecossistema nacional de mercado de carbono com importantes definições sobre os tipos de atores e sua participação no mercado e apresentou um panorama nacional dos projetos registrados no país desde 2003. Com base em entrevistas com atores do mercado, foi possível levantar as principais barreiras e oportunidades para atuação nesses mercados no Brasil. Com base nas barreiras e oportunidades específicas para os atores do mercado, foram elaboradas recomendações para os diferentes atores e para o governo brasileiro.



Clique na imagem  
e confira o Relatório  
completo

# CARTA DE APRESENTAÇÃO



## Gabriella Dorhiac

Diretora Executiva  
da ICC Brasil

Desde o lançamento da última edição do estudo em 2022, os mercados de carbono experimentaram dobramentos importantes. Dos mercados voluntários e a crescente pressão por maior transparência e qualidade dos créditos aos avanços nas negociações do Artigo 6 do Acordo de Paris, os debates têm ganhado cada vez mais relevância e trazido mais clareza quanto a aspectos importantes para o efetivo funcionamento desses mercados.

Nesses últimos meses, também vimos o início da implementação de mecanismos de ajuste de carbono na fronteira e o avanço das discussões sobre o estabelecimento de um mercado de carbono regulado no Brasil.

São esses últimos o foco desta terceira edição do estudo, que busca compreender potenciais impactos do mercado regulado brasileiro e analisar como a competitividade de produtos brasileiros no mercado internacional pode ser afetada pelas taxas de ajuste de fronteira de mercados regulados estrangeiros, investigando se a regulamentação de nosso mercado nacional seria um potencial instrumento de mitigação de riscos.

É importante destacar que se espera que haja uma interação entre os sistemas de comércio de emissões

(*Emissions Trading Systems* - ETS, em inglês) e os mercados de carbono globais regulados pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC) e com o mercado voluntário, mas que cabe aos governos nacionais decidirem como essa janela de conexão e os créditos do mercado voluntário serão utilizados e serem seletivos ao autorizar os créditos que contribuirão ou não para suas respectivas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs). Vale lembrar que ainda que aceitação de créditos de carbono possa reduzir custos de conformidade, é necessário ter cautela para evitar inundar o mercado e reduzir resultado efetivo de redução de emissões. Ou seja, não é um desenho simples.

Ainda que neste ano traga um novo olhar sobre a temática, o estudo “Oportunidades para o Brasil em mercados de carbono” continua com o objetivo de levantar atualizações e recomendações para a evolução do mercado de carbono, contribuindo para o debate qualificado quanto a esse mecanismo de transição que pode alavancar o desenvolvimento sustentável do Brasil.

Nesse sentido, o relatório antecipa diversos pontos que ficarão em aberto para regulamentação infralegal e desenho do mercado de carbono nacional após

a promulgação do Marco Legal e destaca o papel crucial do uso das receitas para mitigar impactos negativos do ETS e de mecanismos de ajuste de fronteira com objetivo de reduzir impactos econômicos, especialmente para evitar agravamento da desigualdade social.

Espero que o estudo traga informações relevantes e as conclusões aqui apresentadas agreguem a tomadores de decisão no setor privado e no setor público, a negociadores, especialistas e à sociedade como um todo.

Aproveito a oportunidade para agradecer os apoiadores da edição de 2023 – AES, Demarest Advogados, Indústria Brasileira de Árvores (Ibá), Itaú, KPMG, Marfrig, Natura & Co, Santander, Schneider Electric, Shell, Tauil & Chequer Advogados associado a Mayerbrown e Trench Rossi Watanabe Advogados – cujas contribuições foram essenciais para a construção da publicação e que, uma vez mais, acreditaram nessa iniciativa.

Boa leitura!



A ICC Brasil, um dos capítulos nacionais da Internacional Chamber of Commerce (ICC), foi criada em 2014 com o objetivo de trazer o setor privado para o centro da agenda de comércio internacional e ampliar a voz da comunidade empresarial brasileira junto a governos e organismos internacionais, na elaboração de projetos voltados para o desenvolvimento econômico, social e melhoria do ambiente de negócios.

A partir de uma abordagem multissetorial, produzimos conhecimento por meio de projetos e iniciativas de *advocacy*, buscando aproximar o setor privado dos órgãos governamentais e de debates globais de organismos multilaterais, como a ONU, OMC e G20, fornecendo subsídios para a elaboração de políticas públicas que sejam benéficas para os negócios e sociedade.

Difundimos localmente também o conteúdo desenvolvido pela ICC global em suas 12 áreas de atuação, organizamos eventos sobre temas de relevância para a economia do país, damos voz às empresas instaladas no Brasil no âmbito global e transmitimos às autoridades governamentais relevantes as posições da ICC sobre questões-chave para um ambiente de negócios saudável, íntegro e sustentável.

A ICC, globalmente, foi fundada em 1919 com o objetivo de promover um comércio internacional mais aberto, justo e transparente. Atualmente, a ICC representa a voz das empresas nos mais altos níveis de tomada de decisões intergovernamentais, seja na Organização Mundial do Comércio, no G20 ou nas Nações Unidas, sendo a primeira organização do setor privado com status de observador na Assembleia Geral da ONU. É esta capacidade de conexão entre os setores público e privado que diferencia a ICC como instituição única, respondendo às necessidades de todos os *stakeholders* envolvidos no comércio internacional e nos temas que estão ao seu redor, como a inovação e a sustentabilidade.

**Para saber mais, visite [iccbrazil.org](http://iccbrazil.org)**



A WayCarbon é uma empresa global, referência em soluções voltadas para a transição para uma economia de baixo carbono. Fundada no Brasil, em 2006, emprega conhecimento científico e de negócios, alavancados pela tecnologia, para apoiar empresas e governos em suas estratégias de mudanças climáticas e ESG. Em 2022, a WayCarbon foi adquirida pelo Santander Espanha, que vislumbrou a oportunidade de acelerar a adoção de soluções para lidar com as mudanças climáticas por parte das empresas a nível mundial.

A WayCarbon tem uma carteira de mais de 500 clientes do setor privado, além de vasta experiência no atendimento de organizações multilaterais (Global Compact, ONU, BID) nas áreas de mitigação, adaptação e compensação. Suas soluções tecnológicas já são utilizadas por clientes em 40 países.

Os serviços de consultoria, *softwares* especializados e projetos de carbono de alta qualidade da WayCarbon são desenvolvidos para ajudar as empresas em suas jornadas de descarbonização. Seus projetos de conservação e reflorestamento valorizam a biodiversidade e as comunidades locais. A WayCarbon é a parceira ideal para traçar uma estratégia completa quando o assunto é mudança climática.

## AUTORES

Bruna Araújo  
Caio Barreto  
Carolina Mendes  
Carolina Souza  
Elizabeth Farias  
Fabiana Assumpção  
Letícia Gavioli  
Matheus Henrique Novo

## Revisão técnica

Henrique Pereira  
Sergio Margulis

## Ao referenciar este relatório, citar como:

ICC Brasil e WayCarbon. Oportunidades para o Brasil em Mercados de Carbono. Relatório 2023. Disponível em: [iccbrazil.org](http://iccbrazil.org)

# MENSAGENS DOS APOIADORES



“ A AES Brasil gera energia a partir de fontes 100% renováveis, atuando como plataforma integrada adaptável às demandas por redução de emissões de carbono na atmosfera. Mais que isso, a companhia foca toda a estratégia em acelerar a descarbonização global, por meio de novas tecnologias que ajudem nesta missão. Um estudo como este, realizado pela ICC Brasil, em parceria com a WayCarbon, auxilia rumo à necessária jornada de transição energética que o planeta busca.”

**Rodolfo Lima, Diretor Executivo de Relacionamento com Cliente da AES Brasil**

## DEMAREST

“ A atualização deste estudo realizado pela ICC Brasil em parceria com a WayCarbon é imprescindível para avaliar a estrutura do mercado de carbono, em especial, os potenciais impactos do estabelecimento do mercado de carbono regulado no Brasil. Para nós do Demarest Advogados, é uma enorme satisfação apoiar e contribuir com um estudo tão completo, que reflete o potencial do Brasil como agente protagonista da agenda climática.”

**Fernanda Stefanelo, Sócia Ambiental e ESG no Demarest Advogados**



indústria brasileira de árvores

“ O setor de árvores cultivadas, por meio de práticas sustentáveis, tem se estabelecido ao longo de décadas como um modelo de negócios da bioeconomia em grande escala. Contribui para a mitigação da mudança do clima por meio das remoções e estoque de carbono, da redução de emissões em seus processos produtivos, do aumento da circularidade e de sua matriz elétrica majoritariamente renovável.”

**Renata Nishio, Diretora de Assuntos Corporativos**



“ O Itaú tem o objetivo de ser o banco da transição climática e apoiar as corporações da economia real em suas trajetórias de descarbonização. A precificação de carbono é uma etapa essencial para que a transição climática se torne realidade. A terceira edição do estudo traduz de forma efetiva o cenário regulatório, além dos desafios e potencialidades do Brasil. O estudo ganha ainda mais relevância ao abordar os impactos de instrumentos como CBAM para o país.”

**Luciana Nicola, Diretora de Sustentabilidade e Relações Institucionais do Itaú Unibanco**



“ Este é um importante estudo sobre os potenciais impactos da regulamentação do mercado de carbono no Brasil. É preciso acelerar os processos de adaptação às mudanças climáticas e mitigação de emissões para que os ecossistemas se estabilizem. Nesse sentido, esta publicação apresenta informações e análises fundamentais para que as empresas brasileiras garantam a sua competitividade nesse novo cenário.”

**Felipe Salgado, Sócio da KPMG**



“ O Brasil é vital para a agenda climática mundial e, conseqüentemente, para o fortalecimento do mercado de carbono regulado global. Este novo relatório da ICC contribui para impulsionar para a tão necessária descarbonização da indústria ao levantar, organizar e disponibilizar informações atualizadas e aprofundadas. O estudo representa um salto neste tema urgente e contribuirá para elevar a competitividade dos produtos brasileiros.”

**Paulo Pianez, Diretor de Sustentabilidade e Comunicação Corporativa América do Sul na Marfrig**

# MENSAGENS DOS APOIADORES

## natura & co

“ A Natura&Co, com uma das empresas pioneiras na agenda de carbono no Brasil, acredita que a consolidação do mercado de carbono brasileiro tem enorme potencial de desenvolvimento da bioeconomia. Essa nova edição do estudo será fundamental para direcionar a implementação de políticas públicas e ajudar a direcionar estratégias de negócios que destravem novas oportunidades de negócio e promovam caminhos para a resiliência climática.”

Fernanda Facchini, Head of Climate Change and Circularity

## Santander

“ Esta edição do estudo vem em um momento oportuno para ampliarmos o debate sobre a implementação de ações pelo setor privado e o mercado de carbono no Brasil, enquanto o país desenvolve seu arcabouço regulatório o segmento. O Santander estabeleceu o compromisso de se tornar *net zero* em 2050, e entende que o setor financeiro tem papel fundamental no estímulo a esse mercado, podendo apoiar na liquidez e na estruturação de instrumentos de financiamento a projetos de descarbonização.”

Luiz Masagão Ribeiro Filho, Sócio da Tesouraria

## Schneider Electric

“ O mercado regulado de carbono é um catalisador para acelerarmos a transição ecológica no Brasil com a máxima velocidade, estimulando, por meio da precificação das permissões de emissão, os setores de maior impacto a adotarem soluções e tecnologias já disponíveis atualmente, como eficiência energética, eletrificação e digitalização, que são relegadas a segundo plano devido à falta de atratividade nos casos de negócio.”

João Carlos Souza, Sales Manager - Sustainability Solutions | Schneider Electric



“ A Shell apoia esse estudo pelo terceiro ano consecutivo porque acredita que ele ajuda a qualificar o debate e avançar nas políticas e regulamentações para a implementação de um mercado de carbono regulado, ao mesmo tempo que o mercado voluntário de carbono cresce, ganha força e credibilidade internacional, posicionando o Brasil como um dos países líderes na economia de baixo carbono.”

Flávio Rodrigues, Vice-Presidente de Relações Corporativas da Shell Brasil

## TAUIL | CHEQUER MAYER | BROWN

“ Para nós, é uma honra podermos apoiar um estudo de tamanha relevância, verdadeira prestação de serviços à sociedade brasileira. Entendemos que os próximos passos na construção e aperfeiçoamento de instrumentos de precificação de carbono, em especial com o desenvolvimento de mercados de carbono, serão decisivos para contribuímos para uma adequada inserção do Brasil com um papel de protagonismo na nova ordem econômica mundial de baixo carbono.”

Luiz Gustavo E. Bezerra, Sócio / Head da área de Ambiental & Mudanças Climáticas do Tauil & Chequer Advogados associado à Mayer Brown

## Trench Rossi Watanabe.

“ A nova edição do estudo chega em um momento decisivo para o desenvolvimento de um mercado de carbono brasileiro e se mostra uma ferramenta importante para ampliar o conhecimento sobre o tema e melhorar a qualidade das tomadas de decisão voltadas para ESG. Trench Rossi Watanabe vem assessorado grandes empresas em projetos e transações relacionadas à geração de créditos carbono e reconhece a relevância dessa agenda para os negócios, para as comunidades e para o planeta.”

Renata Amaral, Sócia do grupo de Meio Ambiente, Mudanças Climáticas e Sustentabilidade de Trench Rossi Watanabe

# LISTA DE ACRÔNIMOS

**A6.4ER** - Article 6, paragraph 4, emission reduction

**ACV** - Avaliação do Ciclo de Vida

**AFOLU** - Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo

**BC** - Cenário de Baixo Carbono

**BC0** - Cenário de Baixo Carbono com preço US\$ 0/tCO<sub>2</sub>

**BC25** - Cenário de Baixo Carbono com preço US\$ 25/tCO<sub>2</sub>

**BC100** - Cenário de Baixo Carbono com preço US\$ 100/tCO<sub>2</sub>

**BECCS** - Biomass Energy with Carbon Capture and Storage

**BOF** - fornos de oxigênio básico”

**BEN** - Balanço Energético Nacional

**CBAM** - Carbon Board Adjustment Mechanism

**CBIO** - Crédito de Descarbonização por Biocombustíveis

**CCUS** - Carbon Capture, Utilization and Storage

**CH<sub>4</sub>** - Metano

**CMA** - Custo marginal de abatimento

**CMPD** - Carbon Market Policy Dialogue

**CO<sub>2</sub>** - Dióxido de carbono

**CPS** - Cenário de Políticas Atuais

**CVM** - Comissão de Valores Mobiliários

**COP** - Conference of Parties / Conferência das Partes da Organização das Nações Unidas

**CORSIA** - Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation

**DDS** - Descarbonização Profunda

**E&P** - Extração e Produção

**ETS** - Emission Trading System

**EU CBAM** - European Union Carbon Board Adjustment Mechanism

**EU ETS** - European Union Emission Trading System

**FEBRABAN** - Federação Brasileira de Bancos

**GATT** - General Agreement on Tariffs and Trade

**GEE** - Gases de efeito estufa

**HFC** - Hidrofluorocarbonetos

**H2NZ** - Hydrogen for Net Zero Initiative

**ICAP** - Instituto de Pesquisa e Capacitação

**ICC** - International Chamber of Commerce

**ICROA** - International Carbon Reduction and Offsetting Accreditation

**IEA** - International Energy Agency

**IETA** - International Emissions Trading Association

**ILPF** - Integração Lavoura-Pecuária-Floresta

**IPCC** - Intergovernmental Panel on Climate Change

**ISIC** - Standard Industrial Classification of All Economic Activities

**ITMOs** - Internationally transferred mitigation outcomes

**kgCO<sub>2</sub>e** - Quilograma de dióxido de carbono equivalente

**MBRE** - Mercado Brasileiro de Redução de Emissões

**MCER** - Mitigation Contribution Emission Reductions

**MDIC** - Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços

**OMC** - Organização Mundial do Comércio

**MRV** - Mensuração, Registro e Verificação

**NDC** - Nationally Determined Contributions

**OCDE** - Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico

**ONU** - Organização das Nações Unidas

**PC** - Pegada de Carbono

**P&D** - Pesquisa e Desenvolvimento

**PIB** - Produto Interno Bruto

**PL** - Projeto de Lei

**PMR** - Partnership for Market Readiness

**PNH2** - Programa Nacional do Hidrogênio

**PNMC** - Política Nacional sobre Mudança do Clima

**REDD+** - Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação

**REF** - Cenário de Referência

**RGGI** - Regional Greenhouse Gas Initiative

**RVE** - Reduções Verificadas de Emissões

**SBCE** - Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões

**SCE** - Sistema de Comércio de Emissões

**SCN** - Sistema de Contas Nacionais

**SELIC** - Sistema Especial de Liquidação e de Custódia”

**SH** - Sistema Harmonizado

**SIN** - Sistema Interligado Nacional

**SNIC** - Sindicato Nacional da Indústria do Cimento

**tCO<sub>2</sub>e** - Tonelada de dióxido de carbono equivalente

**Twh** - Terawatts-hora

**UE** - União Europeia

**UF** - Unidade Federativa

**UNFCCC** - United Nations Framework Convention on Climate Change

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
<b>2. PANORAMA GLOBAL ATUALIZADO</b>	<b>10</b>
2.1. MERCADOS DE CARBONO REGULADOS EM NÍVEL REGIONAL, NACIONAL E SUBNACIONAL	10
2.2. INTERAÇÃO ENTRE MERCADOS	13
2.2.1. INTERAÇÃO ENTRE MERCADOS REGULADOS REGIONAIS, NACIONAIS E SUBNACIONAIS E O MERCADO VOLUNTÁRIO	13
2.2.2. INTERAÇÃO ENTRE MERCADOS REGULADOS PELO ACORDO DE PARIS, MERCADOS JURISDICIONAIS E O MERCADO VOLUNTÁRIO	16
2.3. MENSAGENS-CHAVE	18
<b>3. POTENCIAIS IMPACTOS DO EU CBAM PARA PRODUTOS BRASILEIROS SELECIONADOS</b>	<b>19</b>
3.1. UMA VISÃO GERAL SOBRE OS IMPACTOS POTENCIAIS DE UM CBAM	20
3.1.1. REDUÇÃO DE EMISSÕES E VAZAMENTO DE CARBONO	20
3.1.2. IMPACTOS MACROECONÔMICOS	20
3.2. ANÁLISE DE POTENCIAIS IMPACTOS DO EU CBAM PARA PRODUTOS BRASILEIROS SELECIONADOS	23
3.2.1. PRODUTOS	23
3.2.2. PEGADA DE CARBONO	24
3.2.3. ANÁLISE DOS IMPACTOS DAS TAXAS DE AJUSTES DE FRONTEIRA APLICÁVEIS AOS PRODUTOS BRASILEIROS	26
3.3. MENSAGENS-CHAVE	28
<b>4. ATUALIZAÇÕES POLÍTICAS E REGULATÓRIAS DO BRASIL SOBRE MERCADOS DE CARBONO</b>	<b>29</b>
4.1. MENSAGENS-CHAVE	34
<b>5. CUSTOS E IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS DA MITIGAÇÃO EM SETORES SELECIONADOS</b>	<b>35</b>
5.1. OPORTUNIDADES E CUSTOS DE ABATIMENTO PARA OS SETORES DE INDÚSTRIA E COMBUSTÍVEIS	35
5.1.1. INDÚSTRIA	36
5.1.2. COMBUSTÍVEIS	39
5.2. IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS DA REGULAÇÃO DE CARBONO	42
5.2.1. IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS DA REGULAÇÃO DE CARBONO NO BRASIL	43
5.2.2. IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS DA REGULAÇÃO DE CARBONO EM SISTEMAS IMPLEMENTADOS	46
5.2.3. PONTOS DE ATENÇÃO PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM MERCADO REGULADO NO BRASIL	47
5.3. MENSAGENS-CHAVE	48
<b>6. RECOMENDAÇÕES</b>	<b>49</b>
6.1. AO GOVERNO	49
6.2. AO SETOR PRIVADO	51
<b>7. REFERÊNCIAS</b>	<b>53</b>
<b>8. ANEXOS</b>	<b>62</b>
8.1. ANEXO A: INFORMAÇÃO DOS DATASETS ORIGINAIS RETIRADOS NO ECOINVENT PARA PRODUTOS SELECIONADOS	62

# 1. INTRODUÇÃO

Após o sucesso de suas publicações em 2021 e 2022, o estudo “Oportunidades para o Brasil em mercados de carbono” apresenta uma nova publicação em 2023 atualizando o mercado sobre o tema. Os estudos dos anos anteriores apresentaram oportunidades com foco em atuação nos mecanismos do Artigo 6 do Acordo de Paris e no mercado voluntário de carbono. No entanto, identificou-se no relatório do último ano que a ausência de uma regulamentação de um mercado de carbono no Brasil tem influência direta em outras barreiras para a participação no mercado voluntário no Brasil (ICC BRASIL; WAYCARBON, 2022). Dessa forma, o desenvolvimento do ecossistema de mercados de carbono do Brasil como um todo depende diretamente de uma análise sobre o desenvolvimento de um mercado regulado de carbono no Brasil e suas implicações.

Assim, o presente estudo, com um foco distinto das edições anteriores, tem como **objetivo realizar uma análise dos potenciais impactos do estabelecimento do mercado regulado brasileiro**. Para tal, inicialmente, apresentou-se um panorama com as tendências de implantação de novos mercados, as possíveis formas de interação de um mercado regulado nacional com o mercado no âmbito do Artigo 6 do Acordo de Paris e com o mercado voluntário de carbono. Identificou-se, ainda, os possíveis impactos na competitividade internacional de produtos brasileiros frente à exposição a taxas de ajuste de fronteira de mercados regulados estrangeiros buscando compre-

ender-se a implementação de um mercado regulado no Brasil pode minimizá-los. Além disso, analisou-se as atualizações políticas e regulatórias do país quanto a mercados de carbono, os custos e as oportunidades da mitigação de emissões em setores a serem regulados e os impactos socioeconômicos da implementação do sistema no Brasil. Esses custos e oportunidades mostram que a precificação de carbono pode não ser tão penosa aos setores já que há medidas de mitigação com custo negativo. Destaca-se ainda que são escassos os estudos que trazem os possíveis impactos socioeconômicos relacionados à precificação de carbono no país. A presente análise leva à sugestão de ações que podem minimizar os impactos negativos e maximizar os positivos. Assim, como nas edições anteriores, ao final, o estudo traz recomendações ao governo brasileiro e ao setor empresarial sobre o estabelecimento do mercado regulado brasileiro e a atuação nos mercados de carbono.

É importante ressaltar que, mesmo que o mercado regulado de carbono no Brasil seja criado em breve, a atualidade deste estudo permanece, uma vez que as análises levam a recomendações que não se limitam à etapa de implementação do mercado. Há necessidade de avaliações periódicas de impactos da operação do sistema, aspectos infralegais que serão definidos posteriormente à lei que criará o mercado e outros elementos fundamentais que serão definidos ao longo do tempo.

Observa-se ainda que, como os projetos de lei em tramitação no país para a regulamentação de um mercado de carbono<sup>1</sup> consideram a formação de um Sistema de Comércio de Emissões (em inglês, *Emission Trading System - ETS*)<sup>2</sup>, assim como o Projeto *Partnership for Market Readiness* (PMR) Brasil<sup>3</sup>, que recomendou um ETS como o instrumento mais indicado para o Brasil, este estudo terá o enfoque específico na estruturação deste tipo de mercado no Brasil e nos elementos do seu desenho.

1. Vide capítulo 4.

2. ETS são sistemas regulados em nível internacional, nacional ou regional onde, por meio de um marco regulatório, se estabelece um limite máximo de emissão (*cap*) e os agentes que emitem abaixo deste limite podem negociar (*trade*) suas permissões de emissão (*allowances*) com os que emitem acima deste limite (ICC BRASIL; WAYCARBON, 2022).

3. Sob a coordenação do Ministério da Fazenda e do Banco Mundial, este projeto teve como objetivo discutir a conveniência e a oportunidade de incluir a precificação de carbono no pacote de instrumentos destinados à implementação da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) no período pós-2020.



## 2. PANORAMA GLOBAL ATUALIZADO

Diversas jurisdições avançaram internamente nas ações climáticas em 2022, estabelecendo novas metas ou desenvolvendo políticas para reduzir as emissões. Ao final de 2022, 89 países, representando 86% das emissões globais, adotaram compromissos *net-zero*<sup>4</sup> com horizonte temporal entre 2035 e 2060. Apesar dos esforços, a ambição global das políticas climáticas ainda está muito aquém do necessário para cumprir as metas do Acordo de Paris. As Contribuições Nacionalmente Determinadas (do inglês *Nationally Determined Contributions* - NDCs<sup>5</sup>) novas e atualizadas, se implementadas, projetam um aquecimento global entre 2,4°C e 2,6°C até 2100<sup>6</sup>. Para entrar no caminho de 1,5°C, como perseguido pelo Acordo de Paris, o mundo deve cortar as emissões atuais em 45% até 2030 (BANCO MUNDIAL, 2023a).

Assim, é necessário que os países continuem apresentando NDCs cada vez mais ambiciosas, tracem estratégias custo-efetivas para alcançá-las e façam os investimentos necessários, que podem geralmente ser vultosos. **A necessidade de desenvolver estratégias econômicas para a implementação da NDC e a eficácia demonstrada da precificação de carbono na redução de emissões, portanto, vêm aumentando as chances de torná-las elemento central para muitos países cumprirem as metas de Paris** (BANCO MUNDIAL, 2023a).

Considerando os mecanismos de precificação de carbono, pode-se dizer que há três diferentes ambientes de mercado de carbono: o mercado regulado internacional no âmbito do Acordo de Paris, que está sendo estruturado com os mecanismos do Artigo 6; os mercados de carbono regulados em nível regional, nacional e subnacional, em que empresas de setores seguem arranjos específicos de cada jurisdição; e o mercado voluntário, em que empresas realizam as compensações de suas emissões de forma voluntária. Seguindo o foco deste estudo, este capítulo apresentará um panorama de mercados regulados e sua interação com outros mercados.

### 2.1. MERCADOS DE CARBONO REGULADOS EM NÍVEL REGIONAL, NACIONAL E SUBNACIONAL

Há dois mecanismos econômicos de precificação de carbono regulados em nível regional, nacional e subnacional: o tributo sobre o carbono e o ETS. Um tributo sobre o carbono estabelece diretamente um preço para o carbono, definindo uma taxa sobre as emissões de gases de efeito estufa ou - mais comumente - sobre o conteúdo de carbono dos combustíveis fósseis. É diferente de um ETS porque o resultado da redução de emissões de um tributo sobre o

carbono não é pré-definido, mas o preço do carbono é (BANCO MUNDIAL, 2023b).

Já os ETSs, são sistemas em que seu regulador aloca ou leiloa **permissões de emissões**<sup>7</sup>, que são direitos de emitir uma certa quantidade de gases de efeito estufa (GEE) considerando um *cap* (limite máximo de emissões do sistema, que é igual ao total de permissões de uma jurisdição/setor de uma jurisdição), a empresas dos setores regulados. Empresas que emitam abaixo de suas permissões podem transacionar suas permissões excedentes com uma empresa que emite acima. A escassez de permissões em circulação no mercado incentiva investimentos em descarbonização, de forma que a redução de emissões provenientes desses investimentos proporcionará uma maior quantidade de permissões disponível para ser transacionada.

A Figura 1, na página a seguir, apresenta como são feitas as alocações e as transações de permissões em um ETS.

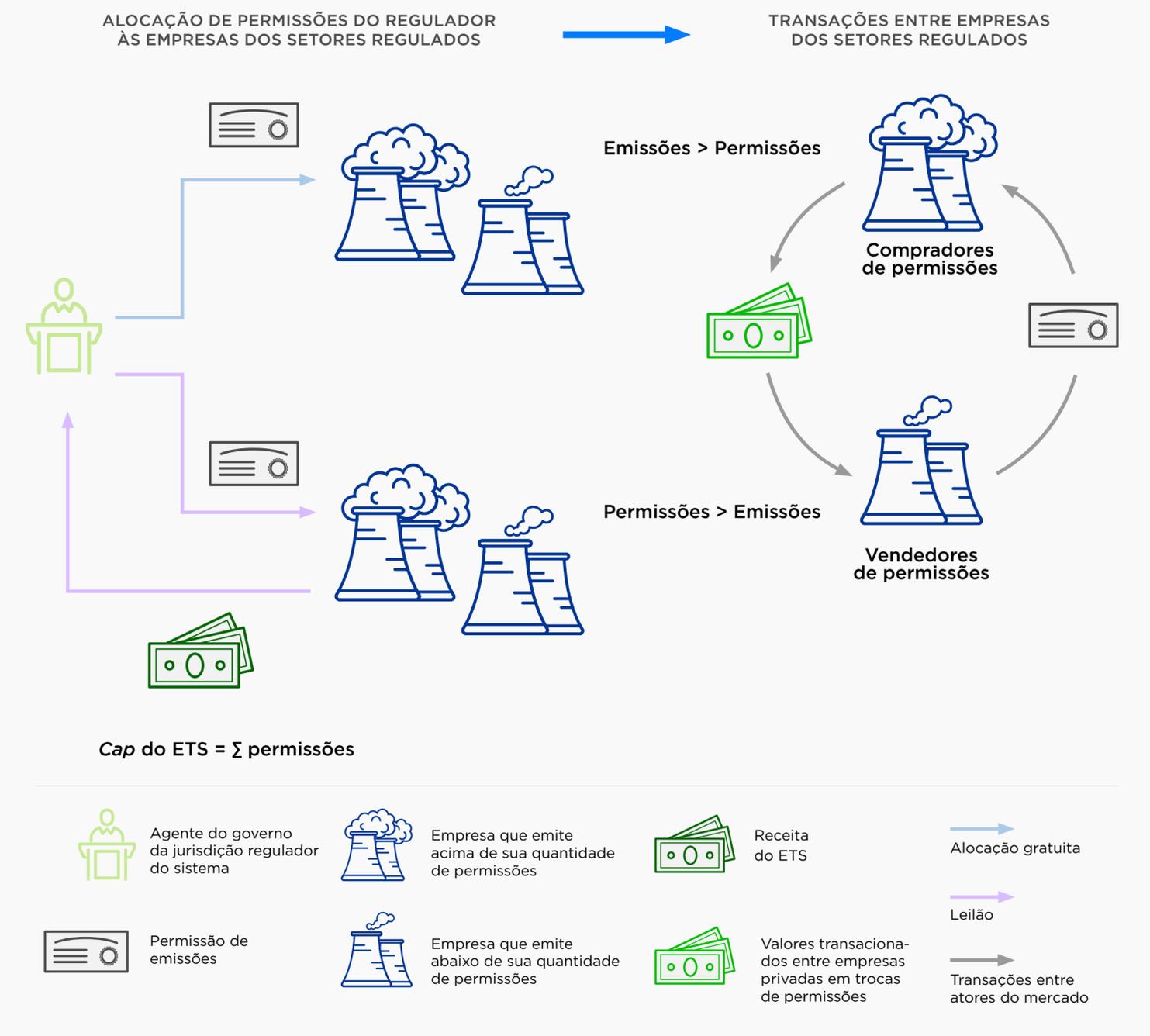
4. *Net-zero* refere-se a balanço nulo entre as emissões e remoções de gases de efeito estufa da atmosfera. O Acordo de Paris instrui os Estados a alcançarem um equilíbrio entre as emissões por fontes antrópicas e as remoções por sumidouros de gases de efeito estufa a partir de 2050.

5. É um plano de ação climática para reduzir as emissões e se adaptar aos impactos climáticos. Cada Parte do Acordo de Paris é obrigada a estabelecer uma NDC e atualizá-la a cada cinco anos (UNITED NATIONS, 2022).

6. Na prática, a diferença dos cenários de aumento da temperatura tem consequências severas para os ecossistemas globais e o bem-estar humano. Quanto maior o aumento da temperatura, maiores os riscos de eventos climáticos severos, como calor extremo, seca, inundações fluviais e costeiras e quebra de safras. No cenário de aumento entre 2,4°C e 2,6°C, estima-se um aumento de 100% na frequência de eventos de calor extremo em relação a 2021 e estes seriam cerca de 120% mais intensos; haveria também um aumento de 40% nas secas que seriam cerca de 100% mais intensas (IEA, 2021).

7. Observa-se que essas permissões podem ser alocadas pelo regulador de forma gratuita e/ou por meio de leilões. E, geralmente, caso uma empresa emita acima de suas permissões, deve pagar uma multa. Essas formas de alocação serão debatidas no [Capítulo 4](#) deste relatório.

**Figura 1 - Esquema de funcionamento de um ETS**

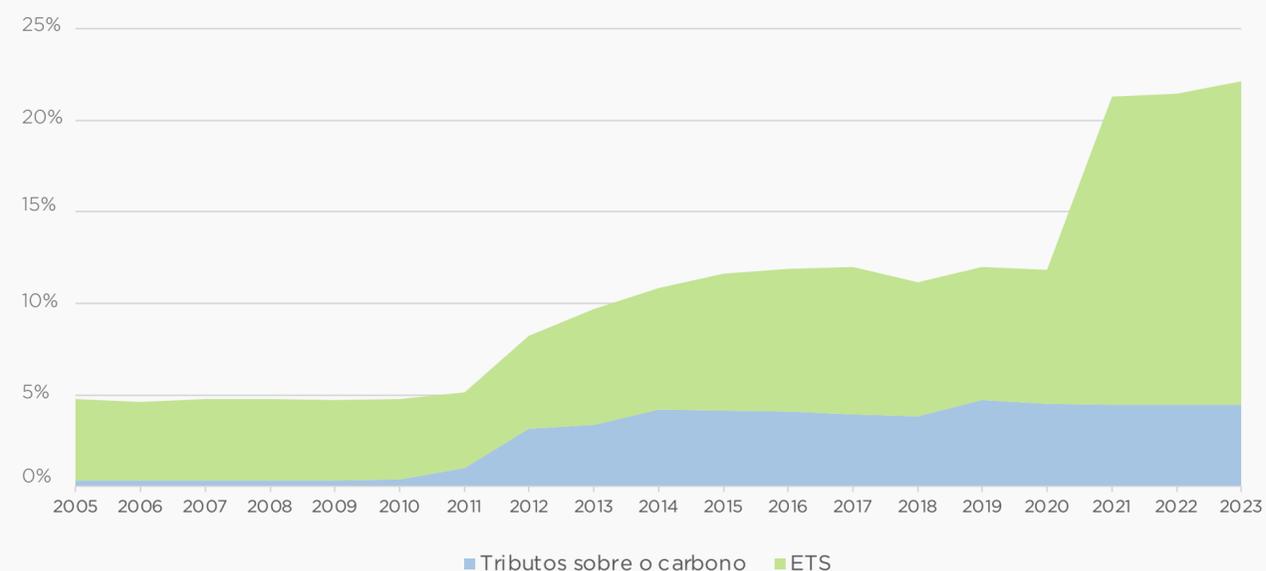


Fonte: Elaboração própria.

A parcela de emissões globais de GEE coberta por um desses dois instrumentos – tributos ou ETS – é de quase 23% (BANCO MUNDIAL, 2023a). A Figura 2, abaixo, apresenta o crescimento da cobertura de

emissões, sendo que a parte coberta por ETSs cresceu expressivamente nos últimos anos e, atualmente, é superior a 17%.

**Figura 2 - Cobertura das emissões de gases de efeito estufa pelo mercado regulado de carbono**



Fonte: Elaboração própria com base em BANCO MUNDIAL (2023c). Extração de dados em 15/06/23.

No último ano, surgiram novos ETSs na Áustria e no estado de Washington, nos Estados Unidos, e novos tributos sobre o carbono em quatro estados do México— Querétaro, no Estado do México, Yucatán e Guanajuato. Em junho de 2023, havia, no total, 74 instrumentos de precificação de carbono em operação sendo 28 ETSs<sup>9</sup>. Além desses, foram mapeados outros oito ETSs em desenvolvimento que devem entrar em operação nos próximos anos, entre eles Colômbia, Indonésia e Vietnã. Há ainda 12 jurisdições

que estão considerando a implementação de um ETS, incluindo o Brasil (no Capítulo 4 deste relatório aborda-se as atualizações políticas e regulatórias para o estabelecimento deste ETS) e a Nigéria, primeira jurisdição africana a anunciar que está considerando a implementação de um ETS (BANCO MUNDIAL, 2023a; ICAP, 2023a; PLATAFORMA MEXICANA DE CARBONO, 2023).

Até 2028, deverá ser lançado ainda um novo ETS da

8. Há 40 jurisdições que possuem tributos sobre o carbono, conforme a extração de dados em 15/06/23.

9. Guanajuato foi lançado posteriormente à publicação do Banco Mundial (2023a), segundo a Plataforma Mexicana de Carbono (2023). Assim, contando com ele e os 73 de abril de 2023 (BANCO MUNDIAL, 2023a), são 74 instrumentos de precificação de carbono. E, o ICAP (2023a) declara que, em janeiro de 2023, havia 28 ETSs.

União Europeia (UE) que terá uma meta climática mais ambiciosa, de pelo menos 55% de redução líquida de emissões em 2030 com ano-base 1990. Para alcançar esse objetivo, espera-se que o novo ETS inclua emissões de combustíveis usados em edifícios, transporte rodoviário (regulando os fornecedores de combustível e não os consumidores finais) e setores industriais ainda não cobertos pelo atual ETS da UE, conhecido como EU ETS.

Atualmente, os setores mais regulados em ETSs são: energia e indústria (ICAP, 2023a). Os sistemas geralmente estabelecem etapas de inclusão de novos setores. O ETS da Alemanha, por exemplo, recentemente ampliou a sua cobertura com a inclusão de combustíveis derivados de carvão usados em instalações não cobertas pelo EU ETS (BANCO MUNDIAL, 2023a). A Figura 3, abaixo, apresenta os setores regulados em diversos ETSs.

**Figura 3 - Setores regulados em ETSs**

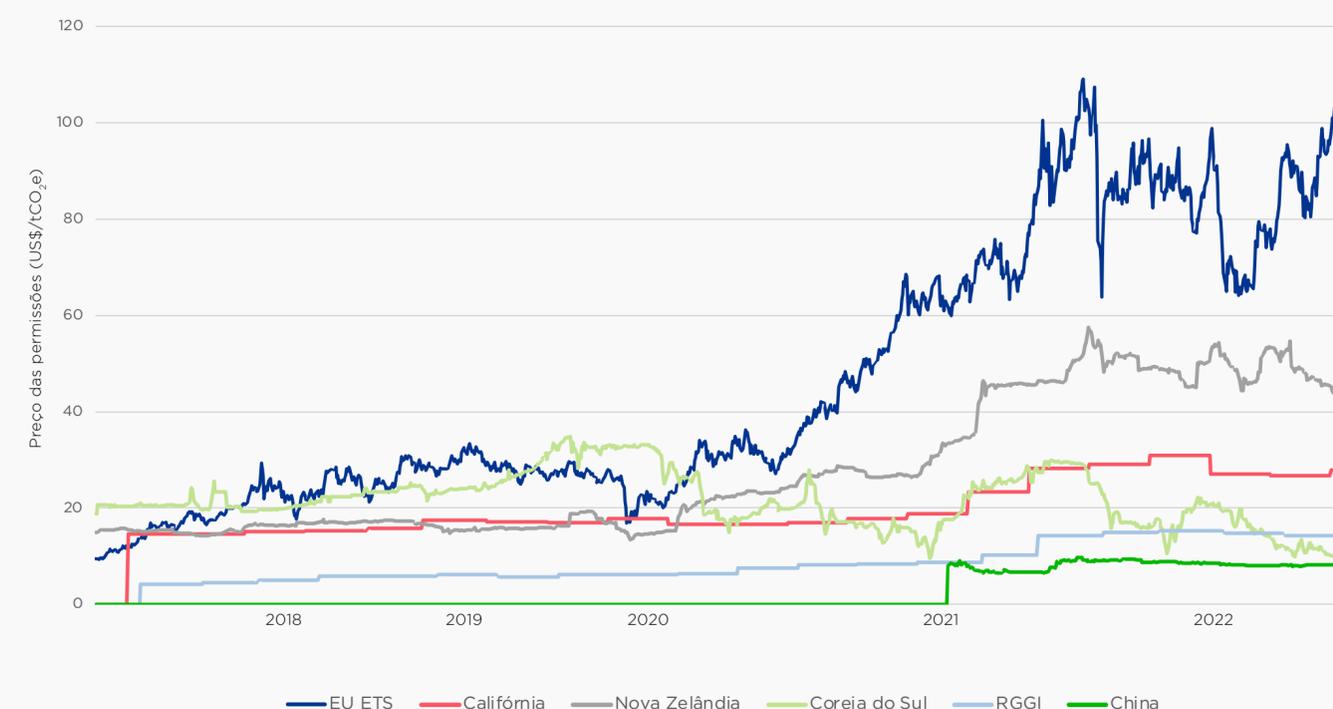
China (nacional), Massachussets e RGGI	■							
Cazaquistão, México e Montenegro	■	■						
Califórnia, Oregon, Washington, Nova Escócia e Québec	■	■	■	■				
EU ETS	■	■		■				
Tóquio		■	■					
Alemanha			■	■				
Reino Unido e Suíça	■	■			■			
China (pilotos)	■	■	■	■	■			
Coreia do Sul	■	■	■	■	■	■		
Nova Zelândia	■	■	■	■	■		■	
Áustria		■	■	■				■
	Energia	Indústria	Construção	Transportes	Aviação doméstica	Resíduos	Florestas	Agricultura

Fonte: ICAP (2023a).

A evolução dos preços das permissões é impulsionada por fatores como: alterações na escassez atual e futura esperada de permissões seja a curto ou a longo prazo; custos marginais de abatimento de tecnologias dos setores regulados; variações nas condições econômicas gerais, tais como a crise energética decorrente da guerra da Ucrânia; revisões nas regras dos sistemas; e interações com outras políticas climáticas e energéticas. Apesar da significativa volatilidade, os preços no EU ETS, o primeiro a ser implementado, continuaram a subir nos últimos 12 meses. Num contexto de crise energética, os preços

das permissões no EU ETS aumentaram 8,6% entre junho de 2022 e maio de 2023, atingindo um pico de € 100,34/tCO<sub>2</sub> em fevereiro de 2023 (IETA, 2023a). A maior parte das jurisdições segue essa tendência. Entre as exceções está o ETS da Coreia do Sul, possivelmente, devido a elevação do cap pela transição entre a fase 2 e a fase 3 com a inclusão de mais setores (ICAP, 2023a). A Figura 4 apresenta a variação de preço das permissões dos seguintes ETS: União Europeia (EU ETS), China, Nova Zelândia, Califórnia<sup>10</sup>, RGGI<sup>11</sup> e Coreia do Sul.

**Figura 4 - Preço das permissões 2018-2023 nos principais ETSs**



Fonte: Elaboração própria com base em dados de ICAP (2023b). Extração de dados em: 15/03/2023.

10. O ETS de Québec utiliza o mesmo preço que o ETS da Califórnia para suas permissões.

11. O *Regional Greenhouse Gas Initiative* (RGGI) é um esforço cooperativo baseado no mercado entre os estados de Connecticut, Delaware, Maine, Maryland, Massachusetts, New Hampshire, Nova Jersey, Nova York, Pensilvânia, Rhode Island, Vermont e Virginia para limitar e reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> do setor elétrico. Representa a primeira iniciativa regional implementada nos Estados Unidos com leilões nos quais os participantes podem optar por enviar uma única oferta para todas as permissões desejadas ou uma série de ofertas para grupos de permissões a preços diferentes.

A despeito deste crescimento, a maior parte das emissões cobertas por ETSs está em sistemas onde os preços médios ficaram abaixo de US\$ 10 em 2022, enquanto cerca de um quinto desse total está em sistemas onde o preço médio das permissões em 2022 estava acima de US\$ 70. As diferenças entre os preços das permissões de diferentes ETSs são motivadas, entre outros fatores, pela diferença dos custos de abatimento em diferentes países, pelos diferentes níveis de ambição dos sistemas que são determinados por meio do *cap*, por mudanças na escassez atual e futura esperada de subsídios em cada sistema, por variações nas condições econômicas gerais, por projeto do sistema e por reformas de políticas (GUSMÃO *et al.*, 2015; HOF *et al.*, 2017; ICAP, 2023a).

Embora os preços das permissões tenham subido em todos os ETSs envolvidos no *Carbon Market Policy Dialogue* (CMPD)<sup>12</sup> durante 2021, o atingimento dos US\$ 100/tCO<sub>2</sub>e necessários para alcançar o cenário de 2°C do Acordo de Paris continua sendo um grande desafio (GALDI *et al.*, 2022). Acredita-se que os preços precisem aumentar globalmente no longo prazo para se alcançar a neutralidade climática na escala e no ritmo necessários, estando entre US\$ 61 a US\$ 122 (sem considerar o efeito da inflação) até 2030. No entanto, menos de 5% das emissões globais de GEE são cobertas por um preço de carbono igual ou superior a este até 2030, sendo a maioria praticada na Europa (BANCO MUNDIAL, 2023a).

Já quanto às receitas, houve um crescimento de mais de 10% em 2022, atingindo quase US\$ 95 bilhões globalmente, sendo 69% provenientes de ETSs e 31%

de tributos sobre o carbono. Características diferentes de *design* da regulação afetam o valor da receita gerada por um tributo sobre carbono ou um ETS, incluindo quais fontes de emissões são cobertas e como o preço é definido, bem como o nível de linhas de base ou alocações gratuitas, o uso de leilões, de esquemas de descontos e de compensações (BANCO MUNDIAL, 2023a).

Destaca-se, ainda, que, após anos de planejamento e negociações, em abril de 2023, o Parlamento e o Conselho Europeu aprovaram o regulamento que estabelece o Mecanismo de Ajuste de Fronteiras de Carbono (CBAM) da União Europeia (EU CBAM). O principal objetivo do CBAM é garantir a competitividade da indústria local, evitando a fuga de carbono e encorajando níveis comparáveis de ação climática globalmente, particularmente, no que diz respeito a produtos intensivos em emissões comercializados internacionalmente. Este mecanismo, cuja fase de transição deve começar ainda em 2023, prevê uma taxa às importações de alumínio, cimento, ferro e aço, eletricidade, fertilizantes e hidrogênio para a UE. China, Estados Unidos, Canadá e Reino Unido são parceiros comerciais que provavelmente estabelecerão um mecanismo semelhante em resposta ao CBAM da União Europeia (IETA, 2023a).

## 2.2. INTERAÇÃO ENTRE MERCADOS

Cada ambiente de comercialização de créditos de carbono apresenta uma unidade de transação distinta. Nos ETSs, mercados regulados de carbono em nível regional, nacional ou subnacional, a transação realizada é de **permissões de emissões**. Por sua vez, no mercado internacional regulado no âmbito do Acordo de Paris, há dois mecanismos: o do **Artigo 6.2** e do **Artigo 6.4**, cujas unidades transacionadas são, respectivamente, (i) as unidades de mitigação internacionalmente transferíveis (em inglês, *Internationally transferred mitigation outcomes - ITMOs*), nas quais resultados de mitigação de emissões de um país podem ser negociados para o cumprimento da NDC de outro país; e (ii) as *Article 6, paragraph 4, emissions reductions (A6.4ER)*, reduções de emissão geradas por projetos de carbono do setor privado de um país que podem ser transacionadas pela empresa responsável pelo projeto ou pelo país hospedeiro para o cumprimento da NDC de outro país ou para empresas privadas estrangeiras. Já o **mercado voluntário** comercializa Reduções Verificadas de Emissões (RVE) conhecidas como **créditos de carbono** geradas por projetos de carbono que podem ser usados para compensações de emissões (do inglês, *offsets*) (ICC BRASIL; WAYCARBON, 2021).

Em todos esses mercados, embora a origem da unidade transacionada seja distinta, a unidade de medida é a mesma: tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO<sub>2</sub>e). De maneira genérica, utiliza-se a

expressão “preço do carbono” pela mesma unidade de medida. Desta forma, dada a permissão dos reguladores dos sistemas, é possível a interação entre mercados regulados e o mercado voluntário. **A inclusão de créditos do mercado voluntário de forma limitada pode ser usada como um mecanismo de flexibilidade do sistema com o objetivo de colaborar para o atendimento das metas de um mercado regulado.**

### 2.2.1. INTERAÇÃO ENTRE MERCADOS REGULADOS REGIONAIS, NACIONAIS E SUBNACIONAIS E O MERCADO VOLUNTÁRIO

Os créditos de carbono gerados no mercado voluntário podem ser usados não só para fins de compensação voluntária, mas também para conformidade em mercados regulados domesticamente e/ou internacionalmente, desde que autorizados pelas regulações. Há ETSs e tributos sobre o carbono que permitem algum uso de reduções adicionais de GEE produzidas por aqueles que estão fora do *cap* (nacionalmente ou internacionalmente). Os ETSs já dão uma certa flexibilidade para as empresas, tendo em vista que é possível optar entre reduzir suas próprias emissões e comprar permissões do mercado. Adicionalmente, as compensações com créditos de carbono podem aumentar ainda mais essa flexibilidade para atingir as metas climáticas (LA HOZ THEUER *et al.*, 2023). Os geradores de créditos de carbono podem vendê-los aos produtores de GEE cobertos pelo ETS. No entanto, existem regras específicas de cada ETS que limitam

12. Composto pelo EU ETS e os ETSs da Califórnia, China, Nova Zelândia, Quebec e Suíça, este grupo tem o objetivo de aprofundar a cooperação entre os ETSs.

a quantidade e os tipos de compensações que serão utilizados para cumprimento do ETS (ISDA, 2021).

As compensações com créditos de carbono podem reduzir os custos de conformidade ao fornecer opções adicionais de custo de abatimento potencialmente mais baixo para as empresas e, ao mesmo tempo, incentivar atividades de mitigação de outros setores e/ou regiões (LA HOZ THEUER *et al.*, 2023). Como os custos de abatimento mais baratos tendem a se concentrar em economias menos desenvolvidas, as compensações de emissões têm o potencial de fornecer uma plataforma para cooperação internacional (GALDI *et al.*, 2022). Embora haja vantagens no uso de créditos de carbono em mercados regulados, experiências sugerem que o uso de compensações também pode representar riscos aos objetivos de um ETS (LA HOZ THEUER *et al.*, 2023).

A primeira experiência de ETSs com compensação de emissões foi do EU ETS. As compensações sob o EU ETS tinham o objetivo de ser suplementares à redução doméstica, atuando como uma medida de contenção de custos no caso de uma escassez de permissões domésticas que as tornaria muito caras. Durante a fase II (2008–2012), o EU ETS já tinha um excedente considerável de permissões, tornando o uso de créditos de compensação essencialmente desnecessário. Mesmo assim, uma grande quantidade de créditos ainda foi cedida como uma opção mais barata para cumprimento, com excedentes de permissões depositados para anos posteriores. Assim, as altas impor-

tações de créditos internacionais somadas aos efeitos da crise econômica vivida na época acarretaram um excesso de oferta de permissões em 1 GtCO<sub>2</sub>e. Com isso, o preço das permissões caiu, prejudicando a relação custo-benefício do sistema no longo prazo, já que não valia a pena para empresas dos setores regulados investirem na mitigação de suas emissões (GALDI *et al.*, 2022). Atualmente, o EU ETS não aceita mais compensações e há ainda outras jurisdições que optaram – desde o início ou posteriormente, devido a experiências desfavoráveis – por não aceitarem compensações (ASIAN DEVELOPMENT BANK, 2016).

A dependência de compensações pode, portanto, desincentivar a mitigação e os investimentos em baixo carbono nos setores regulados (LA HOZ THEUER *et al.*, 2023). Com essa dependência de compensações, os setores regulados no ETS tendem a ficar presos a tecnologias de alto carbono, postergando ações efetivas e tornando as reduções de emissões mais caras no futuro. Assim, pode-se dizer que no longo prazo, conforme o mercado vai amadurecendo, a dependência do uso de créditos de compensação pode atrasar a ação doméstica de redução e a transformação de baixo carbono dos setores cobertos pelo ETS. Por outro lado, no curto prazo, com o sistema em fases iniciais, a flexibilidade para cumprir os compromissos por meio de créditos de compensação é particularmente útil para os participantes do ETS minimizarem o custo econômico da mitigação de GEE (ASIAN DEVELOPMENT BANK, 2016). Assim, infere-se que, **se um ETS inicia aceitando compensa-**

**ções, é necessário que, com o seu amadurecimento, haja uma reavaliação sobre a inclusão de compensações identificando se seus impactos ainda são vantajosos para o sistema.** Atualmente, os ETSs que não incluem compensações são: Áustria, Alemanha, China, Massachusetts (EUA), Montenegro, Nova Zelândia, Oregon (EUA), Reino Unido, EU ETS, Nova Escócia (Canadá) e Suíça. A China está analisando se irá incluir.

Colômbia e Vietnã, ainda desenvolvendo seus ETSs, já estão considerando a integração com as compensações<sup>13</sup> no desenvolvimento de seus respectivos sistemas (ICAP, 2023a). Além disso, é importante citar que, mesmo que os países não aceitem compensações atualmente, esta limitação pode ser revista. Por exemplo, o governo do Reino Unido indicou que está aberto a revisar esta restrição à medida que o sistema evolui, especialmente para decidir como implementar obrigações sob o *Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA)*<sup>14</sup> juntamente com o ETS para a aviação. O Quadro 1 mostra os ETSs que atualmente têm participação de compensações e quais são as restrições para essa inclusão.

13. No Vietnã, compensações internacionais e domésticas. Na Colômbia, apenas de projetos registrados em um determinado programa de registros nacional.

14. Sistema de compensação de carbono para a aviação.

**Quadro 1 - ETSs com participação de compensações e suas restrições para a inclusão**

ETS	Restrição geográfica	Restrição de inclusão de compensações	Outros tipos de restrições	
Canadá	Não	Não	Há outros requisitos, mas não foram especificados	
Cazaquistão			Não especificado	
Saitama (Japão)			Tipo de projeto	
Coreia do Sul	Sim, apenas créditos gerados no país.	5%	Para projetos do MDL, há limitação quanto a origem da empresa responsável pelo projeto	
Califórnia (EUA)		4% (até 2025) e 6% (de 2026 até 2030)	Não especificado	
México		10%	Tipos de GEE e outros ainda a serem especificados	
Shenzhen (China)		10%	Tipo de projeto	
Quebec (Canadá)		Sim, créditos gerados no país ou aquelas de uma jurisdição vinculada (Califórnia).	8%	Há outros requisitos, mas não foram especificados
RGGI (EUA)		Sim, apenas créditos gerados na jurisdição	3,30%	Tipos de projeto
Washington (EUA)			Não	Há outros requisitos, mas não foram especificados
Chongqing (China)			8%	Temporalidade e tipo de projeto
Fujian (China)			5% (créditos não florestais) ou 10% (mix de créditos florestais e não florestais)	Tipo de projeto
Guangdong (China)			10%	Tipos de GEE
Shanghai (China)	1%		Tipo de projeto	
Tianjin (China)	10%		Temporalidade e tipo de projeto	
Tóquio (Japão)	Não		Tipo de projeto	
Pequim (China)	Sim, apenas créditos gerados no país, sendo pelo menos 50% dentro da jurisdição	5%	Temporalidade dependendo de cada tipo de projeto	
Hubei (China)	Sim, os projetos devem estar localizados em condados-chave sob o plano nacional ou provincial de alívio da pobreza na jurisdição.	10%	Temporalidade e tipo de projeto	

Fonte: BANCO MUNDIAL (2023c).

Observa-se que, nas jurisdições que apresentam restrições de inclusão de compensações, não há percentuais maiores que 10%. A maioria das jurisdições apresenta como requisito que os créditos a serem incluídos sejam gerados no território nacional ou da jurisdição e há ainda outras formas de restrição, sendo a mais comum a aceitação de apenas alguns tipos de projetos específicos. No ETS de Tóquio, por exemplo, o uso de créditos de carbono ficou restrito aos de origem doméstica que forem negociados a preços elevados. Isso mostrou que **o design estratégico e a integração de medidas de compensação podem ser necessários para ajudar as instalações a obterem redução de emissões, contornando problemas enfrentados em outros sistemas associados com a dependência e uso extensivo de compensações** (ASIAN DEVELOPMENT BANK, 2016).

Assim, **é fundamental compreender quais tipos de créditos serão incluídos de forma a permitir uma melhor relação custo-benefício e, ao mesmo tempo, a proteção da integridade ambiental, que está relacionada à sua capacidade de representar uma redução real, permanente, adicional e verificável de emissões** (GALDI *et al.*, 2022). Destaca-se que é de responsabilidade das jurisdições garantir a integridade ambiental das compensações que forem incluídas no ETS, principalmente, no que se refere à sua adicionalidade<sup>15</sup>, linha de base<sup>16</sup> e ao risco de não-permanência<sup>17</sup> (LA HOZ THEUER *et al.*, 2023).

15. O conceito de adicionalidade requer que qualquer atividade de mitigação considerada para um mecanismo baseado no mercado demonstre que as reduções de emissões correspondentes não teriam acontecido na ausência do apoio de tal mecanismo. A adicionalidade é fundamental para garantir que unidades que não representam reduções reais de emissões, não comprometam os mercados de carbono. Se essas unidades forem utilizadas para cumprir obrigações de mitigação (compensação), isso resultaria em um aumento geral de emissões em vez de uma redução. A adicionalidade é, portanto, uma salvaguarda para a integridade ambiental (MICHAELOWA *et al.*, 2019).

16. A linha de base é um cenário definido como razoável e conservador que existiria na ausência do projeto de carbono. Ao definir a linha de base, o desenvolvedor do projeto deve levar em consideração a legislação aplicável relevante e a eficácia com que ela é aplicada (GOLD STANDARD, 2022).

17. O risco de não permanência é o risco de que o carbono evitado ou removido por um projeto não permaneça assim durante o prazo comprometido (BEZERO CARBON, 2022).

Além disso, **o apetite por reduzir os custos de conformidade pode aumentar com o tempo, independentemente das considerações sobre a cooperação internacional e do apoio aos países em desenvolvimento, fazendo com que reguladores de ETSs decidam pela inclusão de compensações em seus sistemas.** Os créditos de carbono do mercado voluntário podem, portanto, desempenhar um papel relevante no futuro dos ETSs e da mitigação de emissões globais (GALDI *et al.*, 2022).

### 2.2.2. INTERAÇÃO ENTRE MERCADOS REGULADOS PELO ACORDO DE PARIS, MERCADOS JURISDICIONAIS E O MERCADO VOLUNTÁRIO

Após as negociações da Conferência das Partes 26 (COP26) em relação aos ajustes correspondentes<sup>18</sup>, permanece incerta a relação do mercado regulado pelo Acordo de Paris com os mercados voluntários, de forma que vários esforços de supervisão já estão em andamento para ajudar a reduzir tal incerteza e fornecer mais clareza aos usuários desses mercados. Apesar do texto aprovado em Glasgow não regular o mercado voluntário, é possível que a comercialização desses créditos seja impactada pelas decisões no âmbito do Acordo de Paris<sup>19</sup> (ICROA, 2021).

Existe, nesse cenário, uma tensão inevitável entre promover mercados de carbono para obter financia-

mento, regular e supervisionar esses mercados para garantir a integridade ambiental e o atingimento dos objetivos de desenvolvimento sustentável requisitados pelos investidores. Há também o risco de que a proliferação de esforços regulatórios e de supervisão adicione outra camada de incerteza sobre quais regulamentações serão eventualmente aplicadas. Além disso, os créditos ofertados nos mercados voluntários provêm, predominantemente, de emissões evitadas, especialmente de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação (REDD+), que de fato não reduzem as emissões dos países (FATTOUH; MAINO, 2022). Segundo a Climate Focus, aproximadamente, 78% dos créditos emitidos entre 2002 e 2022 são de atividades de desmatamento ou conversão florestal evitados (CLIMATE FOCUS, 2022). Portanto, a agenda de integração entre os mercados deve ser de promoção convergente de mecanismos, explorando oportunidades custo efetivas, criando fluxos relevantes de investimento para transição e harmonizando regulações que garantam a integridade desses mercados.

#### Box 1

### CRÉDITO DE PROJETOS REDD+

Apesar da popularidade dos créditos de projetos de REDD+ no mercado voluntário, ainda não há clareza sobre qual seria seu papel nos mercados de carbono regulados pelo Artigo 6. A modalidade de pagamento por resultados é abordada no Artigo 5 do Acordo de Paris, que inclui o mecanismo de REDD+.

Entretanto, dado que a definição dos ITMOs inclui reduções e remoções de emissões sem inclusão ou exclusão explícita de setores específicos, há uma expectativa de que atividades de redução de emissões, como de REDD+, possam se tornar ITMOs. Com base nisso, é esperado que programas de REDD+ em escala jurisdicional de alta qualidade, que atendam a todos os outros requisitos do Artigo 6.2, possam ser usados para alcançar as NDCs e outros propósitos internacionais de mitigação (ECOSYSTEM MARKETPLACE, 2021; UN-REDD PROGRAMME, 2022).

Instituições como a *International Emissions Trading Association* (IETA) e a *International Carbon Reduction and Offsetting Accreditation* (ICROA), no entanto, já expressaram suas preocupações em relação à sobreposição dos conceitos de REDD+ conforme regulamenta o Artigo 5 do Acordo de Paris e créditos verificados. Isso ocorre porque existem diferenças importantes entre os créditos de carbono verificados que são gerados usando padrões independentes reconhecidos para mercados de carbono e os resultados de mitigação gerados de acordo com a Estrutura de Varsóvia. Embora estabeleçam as bases para programas de REDD+, a Estrutura de

Varsóvia<sup>20</sup> não foi criada para funcionar como padrão ou mecanismos de crédito de carbono (IETA, 2023b).

Após um debate entre as Partes da *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC), não houve consenso sobre os resultados do Artigo 5 serem elegíveis para abordagens baseadas no mercado, sugerindo-se uma consideração mais aprofundada de modalidades de verificação antes de se permitir isso. A decisão relacionada da Organização das Nações Unidas (ONU) diz que avançar para uma abordagem baseada no mercado - comércio de carbono - para a Estrutura de Varsóvia exigiria orientação adicional aos governos, particularmente no que diz respeito à verificação.

Além disso, frequentemente, a qualidade dos créditos de REDD+ no mercado voluntário é questionada a partir de indícios de que o desmatamento seria evitado na área do projeto mesmo na sua ausência ou que o risco de desmatamento é superestimado. Uma matéria recente publicada pelo jornal *The Guardian* voltou a questionar a qualidade dos créditos REDD+ a partir de estudos que buscavam avaliar a efetividade dos projetos em relação ao desmatamento evitado, alegando que a maioria dos créditos são inúteis no combate ao desmatamento (THE GUARDIAN, 2023). A Verra, maior certificadora do mercado voluntário, no entanto, alega que a metodologia utilizada nos estudos não é adequada para analisar a efetividade dos projetos de REDD+, dado que a localização dos projetos não é aleatória, fator que afetaria as análises por meio de métodos de controle sintético usados nos estudos divulgados pelo *The Guardian* (VERRA, 2023).

18. Consiste em um mecanismo para evitar a dupla contagem dos créditos comercializados, em que o país comprador recebe um "crédito" em sua NDC, enquanto o país vendedor "debita" sua NDC com o correspondente dos créditos vendidos.

19. Isso se dá pelos requisitos de contabilidade de redução de emissões para atendimento das NDCs e a necessidade de aplicar os ajustes correspondentes na comercialização internacional.

20. Criada na COP 21, a Estrutura de Varsóvia (*Warsaw Framework*) estabeleceu uma estrutura para a implementação de atividades de REDD+, visando a integridade ambiental e resultados tangíveis. Um elemento crítico da estrutura são as modalidades para medir, relatar e verificar (MRV) as emissões e remoções de gases de efeito estufa como uma ferramenta essencial para vincular as atividades de REDD+ ao financiamento baseado em resultados (VOIGT; FERREIRA, 2015).

Entretanto, dada a incerteza na relação entre o mercado voluntário e os créditos de carbono do Artigo 6, é possível que haja a necessidade de se alinhar as regras do mercado voluntário com as do Artigo 6, em particular no que diz respeito aos ajustes correspondentes. O Gold Standard, por exemplo, já anunciou que permitirá que os créditos autorizados sob o Artigo 6 sejam emitidos e transacionados por meio de seu registro e fornecerá *tags* para crédito autorizado e rastreará se o ajuste correspondente for aplicado. Em 2022, o Gold Standard também realizou uma parceria com a Agência de Energia da Suécia, que adaptará a infraestrutura de negociação dos créditos da verificadora para facilitar as transações de créditos no âmbito do Artigo 6 (LEUGERS, 2021). Para a Verra, como as emissões reivindicadas como compensações de empresas privadas não são contabilizadas pela NDC do país de domicílio, não haveria necessidade de se fazer o ajuste correspondente, dado que as contas nacionais do país de domicílio não são afetadas por ação voluntária. Dessa forma, na visão da Verra, o ajuste correspondente não deveria ser aplicado aos créditos negociados exclusivamente no mercado voluntário (VERRA, 2021). Isso não valeria se os créditos forem transacionados entre mercado voluntário e regulado.

No âmbito do Artigo 6.2, os países podem autorizar o uso dos resultados de mitigação de três principais formas: 1) para cumprimento de NDCs; 2) para propósitos de mitigação internacional, que não o cumprimento de NDCs, como o CORSIA; ou 3) para “outros propósitos” – conceitos que não são definidos, mas que se entende que sejam para uso dos ITMOs para

compromissos climáticos corporativos e outros compromissos voluntários (VCM PRIMER, 2021).

Esses ITMOs, quando usados por empresas em outros países, que não o país transferidor, seja de forma voluntária ou mercado regulado nacional, estariam sujeitos ao ajuste correspondente, embora o momento em que as partes devam aplicar os ajustes possa diferir, dando a elas mais opções (UNDP, 2022). Isso **permite a geração de créditos de carbono “ajustados” que podem ser negociados para compensações voluntárias, evitando dupla contagem**. Para isso acontecer, será necessário que o país transferidor autorize o uso dos ITMOs, o que daria maior controle aos países sobre como os resultados de mitigação podem ser usados e quais poderiam ser transferidos para o exterior. **Isso poderia fornecer incentivos para que os países anfitriões transferissem os resultados de mitigação de projetos em setores de difícil abatimento – com maior custo marginal de abatimento (CMA) – atraindo financiamento para esses setores, e usar os resultados de mitigação de projetos com baixos custos de abatimento para cumprir sua própria NDC** (FATTOUH; MAINO, 2022).

**O Artigo 6.4 também pode ser relevante para o mercado voluntário, uma vez que os créditos emitidos pelo mecanismo poderiam ser negociados e aposentados por participantes voluntários do mercado, como desenvolvedores de projetos, intermediários e corporações. Alguns A6.4ERs poderão ser autorizados pelo país hospedeiro dos projetos de carbono para serem usados para fins de conformidade em mercados regulados nacionais em outros países.**

Como o uso desses A6.4Rs reduziriam as emissões do país anfitrião, isso requer um ajuste correspondente no inventário de emissões de GEE do país vendedor na primeira transferência internacional e outro no inventário de emissões de GEE do país que sedia a empresa compradora. Já os A6.4ER não autorizados para uso internacional em outras NDCs foram rotulados como *Mitigation Contribution Emission Reductions* (MCERs) na COP27 e não requerem ajustes correspondentes porque o impacto da mitigação continua a ser acumulado no país, dado que elas já contribuem para a NDC do país hospedeiro. Há, no entanto, um debate em andamento e tais MCERs não autorizados podem ser usados apenas para fins específicos, já que a lista de casos de uso acordada no texto do Artigo 6.4 da COP27 foi, deliberadamente, deixada em aberto (IETA, 2023c).

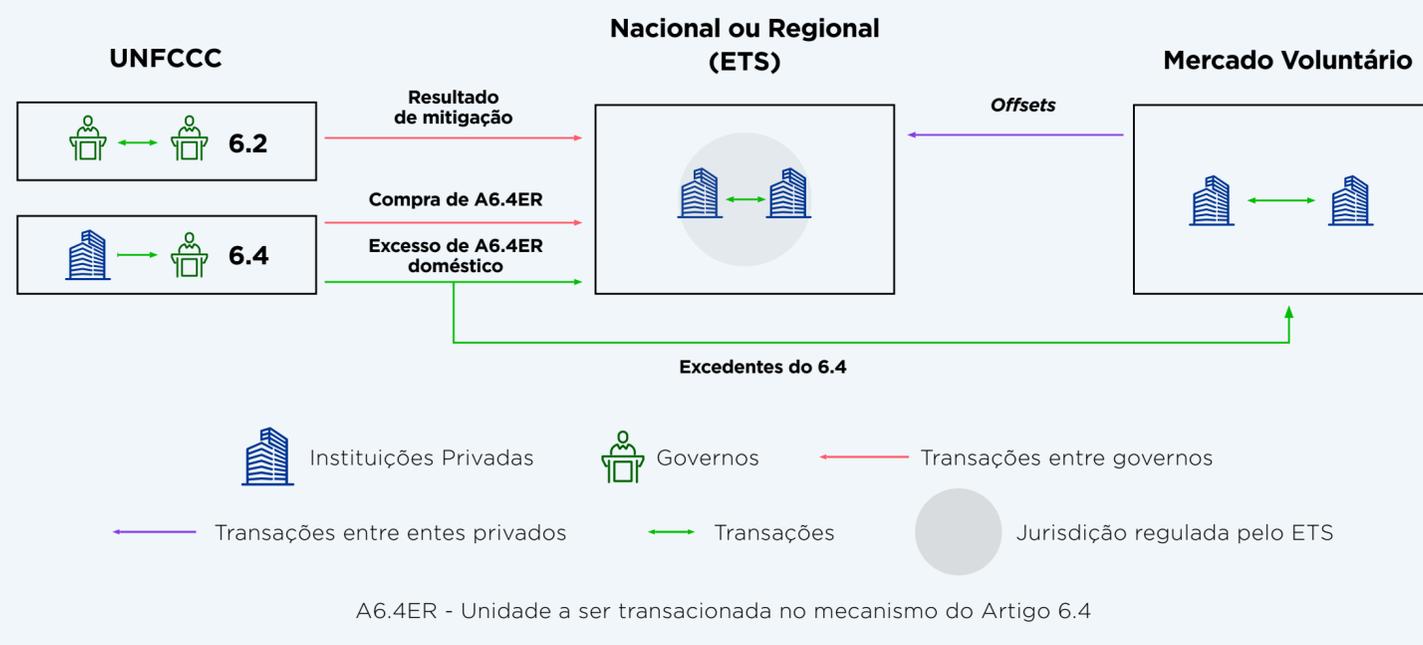
Dessa forma, o uso dos créditos de carbono poderá seguir diversos caminhos, dependendo principalmente da aceitação do país hospedeiro do projeto em relação à comercialização dos créditos e à aplicação do ajuste correspondente. Os governos deverão, por sua vez, decidir como usarão o mercado voluntário e serem seletivos ao autorizar os créditos que contribuirão ou não para as NDCs. **Pode ser oportuno para o país hospedeiro atrair recursos do setor privado para atingir as reduções de emissões cooperativamente, sendo fundamental identificar os setores prioritários em que o mercado voluntário poderá financiar uma mitigação que seria mais custosa de outra forma.**

## 2.3. MENSAGENS-CHAVE

### 1 Fluxos de interações entre os ambientes de comercialização em mercados de carbono:

▶ A Figura 5, abaixo, ilustra esses fluxos e as entidades envolvidas.

Figura 5 - Interação entre os ambientes de mercados de carbono



Fonte: Elaboração própria<sup>3</sup>.

### 2 Preço de permissões:

▶ Embora tenha acontecido um aumento abrupto no patamar de preços das permissões no final de 2021, o aumento não continuou no mesmo ritmo em 2022. Acredita-se,

porém, que os preços devem continuar aumentando globalmente no longo prazo para direcionar os investimentos à neutralidade climática na escala e no ritmo necessários.

### 3 Mecanismos de ajuste de fronteira:

▶ Não só a União Europeia com o CBAM, mas também outros países, tais como a China, os Estados Unidos, o Canadá e o Reino Unido, estão trabalhando na implementação de taxas sobre o carbono de produtos importados (ajustes de fronteira) em detrimento de isenção a produtos exportados. Dessa forma, é necessário que os governos de países exportadores estejam atentos e se preparem para possíveis taxações impostas por países relevantes em sua pauta exportadora.

### 4 Amadurecimento dos sistemas:

▶ Nos mercados regulados, percebe-se a ampliação do número de setores regulados, iniciando, tipicamente, com combustíveis e indústria, e abrangendo outros setores com o amadurecimento do sistema.

▶ Percebe-se a tendência de maior restrição ao uso de *offsets* em sistemas mais maduros, como o EU ETS. No curto prazo, a estratégia utilizada pelos ETSs deve ser a inclusão de compensações, a fim de reduzir custos de conformidade das empresas e incentivar a descarbonização em outros setores e/ou regiões. No longo prazo, com o amadurecimento dos sistemas, a estratégia utilizada tende a ser de uma maior restrição do

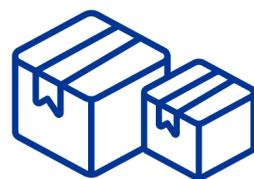
uso de compensações com créditos gerados domesticamente – ou mesmo a não utilização de créditos de carbono – para que a dependência das compensações não desincentive excessivamente a mitigação e investimentos em baixo carbono nos setores regulados.

### 5 Quanto aos mecanismos do Artigo 6:

▶ Espera-se que a comercialização de créditos de carbono internacionalmente seja impactada pelas decisões no âmbito do Acordo de Paris. Deverá ser necessário um alinhamento entre as regras dos mercados, em especial, quanto aos ajustes correspondentes.

Embora ainda não haja uma definição específica sobre os tipos de projetos que serão aceitos nos mecanismos do Acordo de Paris, pela definição dos ITMOs que inclui reduções e remoções de emissões sem inclusão ou exclusão explícita de setores específicos, espera-se que atividades de redução de emissões, como de REDD+, possam ser incluídas no mecanismo do Artigo 6.2.

21. Esta figura é uma versão atualizada de uma figura semelhante apresentada na primeira edição deste relatório. O entendimento dos fluxos de interação entre os ambientes de comercialização mudou a partir da evolução dos documentos que tratam da operação dos mecanismos do Artigo 6 do Acordo de Paris.



### 3. POTENCIAIS IMPACTOS DO EU CBAM PARA PRODUTOS BRASILEIROS SELECIONADOS

Conforme as políticas climáticas nacionais se tornam mais ambiciosas, a questão acerca de mecanismos de ajuste de fronteira torna-se central. Uma vez que a precificação do carbono enfrenta o problema fundamental de “efeito carona”, em que cada país tem incentivo para deixar que os demais lidem com o desafio da mudança climática, esses instrumentos podem ser uma maneira de aprimorar a precificação do carbono em âmbito internacional. Em dezembro de 2022, a União Europeia anunciou o seu *Carbon Border Adjustment Mechanism* (CBAM), e outros países como Canadá, Reino Unido e Estados Unidos consideram implementar sistemas semelhantes (CANADA, 2021; US TRADE REPRESENTATIVE, 2021; UK GOVERNMENT, 2023).

Um mecanismo de ajuste de fronteira para a precificação do carbono consiste em uma cobrança sobre o conteúdo de carbono de produtos importados a partir da qual espera-se conceder um tratamento equivalente ao preço doméstico do carbono, potencialmente combinado com descontos para o conteúdo de carbono das exportações<sup>22</sup>. No caso do EU CBAM, no entanto, o mecanismo de ajuste vem para substituir as alocações gratuitas dadas aos exportadores (EUROPEAN COMMISSION, 2023), bem como para trazer medidas de controle de mercado considerando aspectos ambientais.

O EU CBAM também tem outra finalidade. Segundo tal norma, busca evitar que empresas europeias transfiram sua produção para países sem exigência de compensação das emissões de GEE ou ainda a

perda de competitividade dos produtos europeus para aqueles importados a preços menores, diante da ausência de custos com a compensação de suas emissões. Por outro lado, o EU CBAM traz o argumento de estímulo à redução de emissões em países exportadores, embora esta finalidade seja questionada por esses países, diretamente, impactados.

Segundo Keen, Parry e Roaf (2021), normalmente os países adotam tais mecanismos por três razões principais:

- **Para ajudar a preservar a competitividade das indústrias domésticas na presença de precificação doméstica de carbono**, buscando evitar distorções nos preços relativos de bens domésticos e estrangeiros, evitando a discriminação – o que pode ajudar também na aceitabilidade da política de precificação de carbono;

- **Para reduzir o risco de fuga de carbono (ou vazamento de emissões, do inglês “carbon leakage”)**, ou seja, compensar parcialmente os aumentos de emissões em países estrangeiros induzidos pela política de mitigação doméstica, o que sinaliza uma preocupação não apenas com o impacto das mudanças climáticas a nível nacional, mas também para além de suas fronteiras;

- Em nível internacional, os mecanismos de ajustes de fronteira podem **fortalecer os incentivos para a precificação do carbono**, dado que há um incentivo fiscal direto na medida em que os países não pertencentes ao mecanismo, na prática, renunciam as receitas de suas exportações coletadas pelo país importador por meio do mecanismo.

Apesar de estarem relacionados, Keen, Parry e Roaf (2021) ressaltam que esses objetivos são distintos. Por exemplo: é possível que o vazamento das emissões seja significativo mesmo que os efeitos da precificação do carbono na competitividade sejam pequenos e vice-versa. Dessa forma, de acordo com o objetivo buscado, os formuladores de política devem estar atentos a três principais pontos: 1) como estruturar bem esse mecanismo, ou seja, definir a cobertura setorial, a forma de mensuração do conteúdo de carbono nos bens transacionados, o tratamento das exportações etc.; 2) se o mecanismo de ajuste de fronteira é preferível em relação a outros instrumentos, como a alocação gratuita; e 3) recomenda-se, ainda, manter a integridade do CBAM e do ETS por meio de restrições equivalentes, por exemplo requisitar a mensuração das emissões indiretas, garantindo a igualdade de tratamento e evitando flexibilizações. Essa abordagem asseguraria a conformidade com o Artigo 3º do Acordo Geral de Tarifas e Comércio (do inglês, *General Agreement on Tariffs and Trade - GATT*), promovendo a igualdade de condições e não discriminação no comércio internacional. Ao fazer essas escolhas, os formuladores de política também precisarão considerar a preservação dos incentivos domésticos para mitigação dos GEE, o impacto na receita do instrumento de precificação e os custos administrativos e de conformidade do sistema.

No EU CBAM, em vigor na fase de transição a partir de outubro de 2023, os importadores da UE de mercadorias cobertas pelo CBAM precisarão, na fase definitiva do mecanismo<sup>23</sup>, comprar certificados CBAM, que

22. A remissão do imposto sobre as exportações é tratada como um recurso opcional - e, de fato, muitas propostas não permitem esse abatimento (KEEN; PARRY; ROAF, 2021).

23. A partir de janeiro de 2026.

terão seu preço calculado em função do preço médio semanal do leilão das permissões EU ETS expresso em €/tonelada de CO<sub>2</sub> emitida.

Se os importadores tiverem a capacidade de não apenas comprovar o pagamento de um preço de carbono durante a produção das mercadorias importadas, mas também evidenciar a pegada de carbono de seus produtos, visando evitar a tributação com base nos valores médios determinados pela UE, então, o montante correspondente poderá ser deduzido do valor total a ser pago (EUROPEAN COMMISSION, 2023).

### 3.1. UMA VISÃO GERAL SOBRE OS IMPACTOS POTENCIAIS DE UM CBAM

O CBAM consolidou-se como uma ferramenta para reduzir o risco de vazamento de carbono e buscar nivelar o campo de atuação das indústrias na descarbonização da economia. No entanto, ainda restam questionamentos sobre o impacto potencial do CBAM nas exportações e na competitividade de países em desenvolvimento, nas metodologias estabelecidas, bem como na criação de distorções comerciais com a introdução do mecanismo, trazendo consigo discussões sobre a necessidade de apoio a países de

baixa ou média renda. É consensual que esses países precisarão de suporte para adotar tecnologias verdes em seus processos produtivos e, assim, reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas.

Portanto, podemos avaliar os impactos do CBAM sob duas perspectivas principais. A primeira diz respeito à efetividade dos mecanismos em termos de redução de emissões e vazamento de carbono. A outra se refere ao potencial impacto macroeconômico da precificação do carbono nas importações dos países que adotam o mecanismo<sup>24</sup>. A abordagem do impacto macroeconômico requer a identificação dos efeitos desses instrumentos no bem-estar e no emprego (UNCTAD, 2021).

Ao analisar essas duas perspectivas considerando a precificação de carbono com e sem a implementação concomitante de um CBAM, é importante notar que a maioria dos estudos, incluindo o da UNCTAD (2021), chegam a conclusões convergentes: a precificação de carbono resulta no fuga de carbono, ao passo que a introdução de um mecanismo de CBAM acarreta redução relevante desse vazamento<sup>25</sup>. A precificação incentiva a redução de emissões de CO<sub>2</sub>, ao mesmo tempo que o vazamento de carbono é mitigado por meio do CBAM e os padrões comerciais se alteram em favor de países onde a produção é relativamente mais eficiente em termos de emissões de GEE<sup>26</sup>.

#### 3.1.1. REDUÇÃO DE EMISSÕES E VAZAMENTO DE CARBONO

Diversos estudos<sup>27</sup> têm avaliado a eficiência do CBAM na minimização do vazamento de carbono e na redução das emissões de CO<sub>2</sub>. Böhringer, Carbone e Rutherford (2014) sugerem que a redução de vazamento de carbono varie entre 2% e 12%. Contudo, a experiência de um CBAM no setor elétrico da Califórnia, jurisdição que possui um ETS, não demonstrou ser tão efetiva na redução do vazamento de carbono, devido ao escopo limitado da política e ao que Pauer (2018) chamou de “*resource shuffling*”. Este ocorre quando os importadores de eletricidade substituem fontes intensivas por fontes de baixo carbono, enquanto a instalação que foi substituída continua gerando energia elétrica com alta intensidade em carbono, a qual acaba sendo consumida por outros usuários em jurisdições com regulamentações mais permissivas, diminuindo, dessa forma, os esforços globais de redução de CO<sub>2</sub>.

No caso específico do cenário europeu, com a imposição da precificação sobre carbono, a magnitude das reduções de emissões é apontada como significativa pela UNCTAD e, sem a implementação sincronizada de um CBAM, a UE sofreria um considerável vazamento de carbono. E um cenário com uma taxa de US\$ 44/tCO<sub>2</sub> sobre importações de eletricidade e produtos industriais intensivos em energia<sup>28</sup>, a fuga é

reduzida em mais de cinquenta por cento (de 13,3% para 5,2%), sugerindo que o CBAM pode ser um instrumento eficaz (UNCTAD, 2021)<sup>29</sup>. Os impactos reais do EU CBAM devem ser avaliados e monitorados ao longo do tempo para uma adequada avaliação de sua evolução.

Markkanen *et al.*, (2021) verificaram resultados semelhantes e salientaram que a redução no vazamento de carbono seria parcialmente compensada por um leve aumento nas emissões da UE, mas as emissões globais totais diminuiriam. Caso outros países adotassem políticas climáticas mais ambiciosas em resposta à proposta da UE, seria possível alcançar ainda mais reduções nas emissões globais. Isso reforça a importância da coordenação e cooperação internacional no combate às mudanças climáticas para maximizar o impacto das ações empreendidas pela UE.

#### 3.1.2. IMPACTOS MACROECONÔMICOS

Os efeitos macroeconômicos de um CBAM dependem da forma como o instrumento é desenhado e da maneira como se o analisa. Estudos de modelagem sugerem que o EU CBAM poderia resultar em um leve aumento no produto interno bruto (PIB) da UE, de 0,2% até 2030 e de 0,4% até 2050, além de gerar de 600 mil empregos adicionais (MARKKANEN *et al.*, 2021). Outros estudos apontam que as tarifas podem

24. Por exemplo, no caso da UE, ao considerar o volume de importações dos setores cobertos pelo EU CBAM, os países em desenvolvimento mais expostos seriam a Índia, o Brasil e a África do Sul, enquanto Moçambique seria o país menos desenvolvido mais exposto (UNCTAD, 2021).

25. Não há evidências claras de um vazamento significativo de carbono no EU ETS (VERDE, 2020). Contudo, a ausência de evidências pode ser atribuída ao fato de que as análises estão concentradas nas fases iniciais do EU ETS e necessitam de acompanhamento à medida que os sistemas amadurecem.

26. A título de exemplo, a precificação doméstica do carbono a USD\$ 88 acarretaria vazamentos de carbono de 15,1%. A introdução do CBAM reduziria o vazamento de carbono para aproximadamente 6,9% UNCTAD (2021), p. 18. Acesso em 31 julho 2023.

27. A saber, Bao *et al.* (2012), Monjon e Quirion (2011), Weisbach *et al.* (2013).

28. Cimento, vidro, aço, alumínio, papel e celulose, derivados do petróleo e carvão, produtos químicos e fertilizantes.

29. As análises trazidas pelo UNCTAD (2021) foram realizadas antes do lançamento do plano da UE para o CBAM e, portanto, não refletem as especificações detalhadas do que está sendo implementado.

criar efeitos distributivos negativos para países sujeitos à medida, aumentando a desigualdade entre as nações (BÖHRINGER; CARBONE; RUTHERFORD, 2014).

Estimativas também indicam que, se o EU CBAM se aplicar a todos os bens cobertos pelo ETS, as exportações de países em desenvolvimento podem sofrer com um custo adicional (LOWE, 2021). O *Boston Consulting Group* calculou que o setor do aço, por exemplo, poderia ser mais afetado na China e na Rússia devido à alta intensidade de carbono no processo produtivo, enquanto Turquia e Índia poderiam se tornar mais atraentes devido aos processos mais limpos (AYLOR *et al.*, 2020).

Quando se trata do contexto brasileiro, também para o setor siderúrgico, 10,4% das exportações brasileiras são destinadas à UE e passaram a estar sujeitas ao CBAM. Como consequência, Oliveira e Santos (2022) estimam que, em um cenário em que o setor reduza suas emissões em 45%, o impacto no valor agregado das exportações de aço para a UE tende a ser de, no mínimo, 15%, considerando que o valor total correspondente às taxas do CBAM seriam absorvidos pelo setor. Caso não haja nenhuma medida de redução de emissões, o impacto no valor agregado das importações do setor pode chegar a 28,5%. Este último cenário é de baixa probabilidade, em grande parte devido aos compromissos já assumidos por diversas empresas produtoras de aço em relação à redução de emissões

A análise da UNCTAD (2021) identifica o potencial impacto do EU CBAM, especialmente em países em desenvolvimento. A redução média nas exportações desses países em setores intensivos em carbono é de apenas 1,4% com uma taxa de US\$ 44/tCO<sub>2</sub> e um pouco abaixo de 2,4% com uma taxa de US\$ 88/tCO<sub>2</sub>. Em ambos os cenários, os países desenvolvidos não sofrem quedas nas exportações, sugerindo que o CBAM pode ampliar o *gap* entre países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Essa lacuna é percebida quando se analisa os efeitos desse mecanismo sobre a renda. Com uma taxa de carbono de US\$ 44/tCO<sub>2</sub>, a renda dos países desenvolvidos aumenta em US\$ 2,5 bilhões, dado que esses países tendem a possuir uma produção menos intensiva em carbono. Por outro lado, a renda dos países em desenvolvimento diminui em US\$ 5,9 bilhões<sup>30</sup>, uma vez que grande parte desses países são exportadores de combustíveis fósseis. No Brasil, a perda de renda poderia alcançar US\$ 444,3 milhões, com as exportações de produtos energointensivos reduzindo em 1,49% em relação a um cenário sem o CBAM (UNCTAD, 2021). Para Xiaobei, Fan e Jun (2022), a introdução de um CBAM também acarreta perdas líquidas para países em desenvolvimento, especialmente os que dependem de exportações intensivas em carbono.

Os efeitos sobre emprego e salários são pouco significativos na maior parte das economias, ficando muito abaixo de 0,1%. O CBAM pode aumentar o desemprego em países cujas exportações para a UE são

dominadas por produtos cobertos pelo mecanismo<sup>31</sup>. Por outro lado, o desemprego diminui em países que produzem produtos intensivos em energia com emissões de CO<sub>2</sub> relativamente menores (UNCTAD, 2021).

Nesse contexto, é relevante o papel das instituições multilaterais no apoio à análise e mitigação de riscos e no aprimoramento das respostas de políticas comerciais. Xiaobei, Fan e Jun (2022) discutem a possibilidade de lançar um Fundo Equitativo de Descarbonização utilizando recursos do CBAM. Isso poderia atenuar os riscos e impactos gerados pelo mecanismo, se os recursos forem direcionados para estimular investimentos verdes, fornecer assistência financeira e tecnológica para mitigação e adaptação em países de baixa e média renda.

Dessa forma, as receitas fiscais arrecadadas por meio do CBAM, principalmente oriundas de países em desenvolvimento, seriam em grande parte devolvidas a eles e poderiam ser usadas para impulsionar e tornar suas economias mais verdes, compensando assim a maior parte dos efeitos negativos da implementação do mecanismo, ou mesmo chegando a um efeito líquido positivo (XIAOBEI; FAN; JUN, 2022). Além disso, a reciclagem de receita para apoiar a ação climática em países menos desenvolvidos pode aumentar a aceitabilidade política do EU CBAM fora do bloco, diminuindo também as chances de distorções comerciais e retaliações (MARKKANEN *et al.*, 2021).

No geral, embora as evidências indiquem que os impactos macroeconômicos de um CBAM sejam provavelmente reduzidos, os benefícios ambientais potenciais da redução das emissões de CO<sub>2</sub> - tanto dentro quanto fora do país de origem - podem ser significativos. Assim, é provável que outros países com metas climáticas ambiciosas sigam o exemplo do EU CBAM, como os já mencionados Canadá, China e Estados Unidos, além do Reino Unido, que recentemente divulgou consulta pública para a implementação de legislação similar<sup>32</sup>.

É importante ressaltar que o impacto efetivo de qualquer CBAM dependerá principalmente do nível de emissões de carbono incorporado nas exportações dos parceiros comerciais e dos preços de carbono já pagos nos países de origem, caso existam. Dessa forma, é fundamental que se adote uma abordagem cuidadosa na implementação do mecanismo, considerando os diferentes contextos econômicos e industriais dos países envolvidos, bem como a busca por soluções que apoiem a transição para tecnologias mais verdes nos países em desenvolvimento.

Do ponto de vista da competitividade da indústria doméstica, a precificação do carbono em nível global em conjunto com os mecanismos de ajustes de fronteira podem ser vistos de duas formas: embora a ausência de um preço doméstico do carbono possa permitir que as empresas se beneficiem no curto prazo, essa ausência também pode enfraquecer sua

30. As regiões que sofrem perdas de renda com a introdução do CBAM incluem Oceania (com a Austrália dominando essa região), Índia, Sérvia e Bósnia e Herzegovina, Federação Russa, Ucrânia, Arábia Saudita, África do Sul e outros países do Oriente Médio, e, em menor escala, Brasil, Canadá, China e Turquia (UNCTAD, 2021).

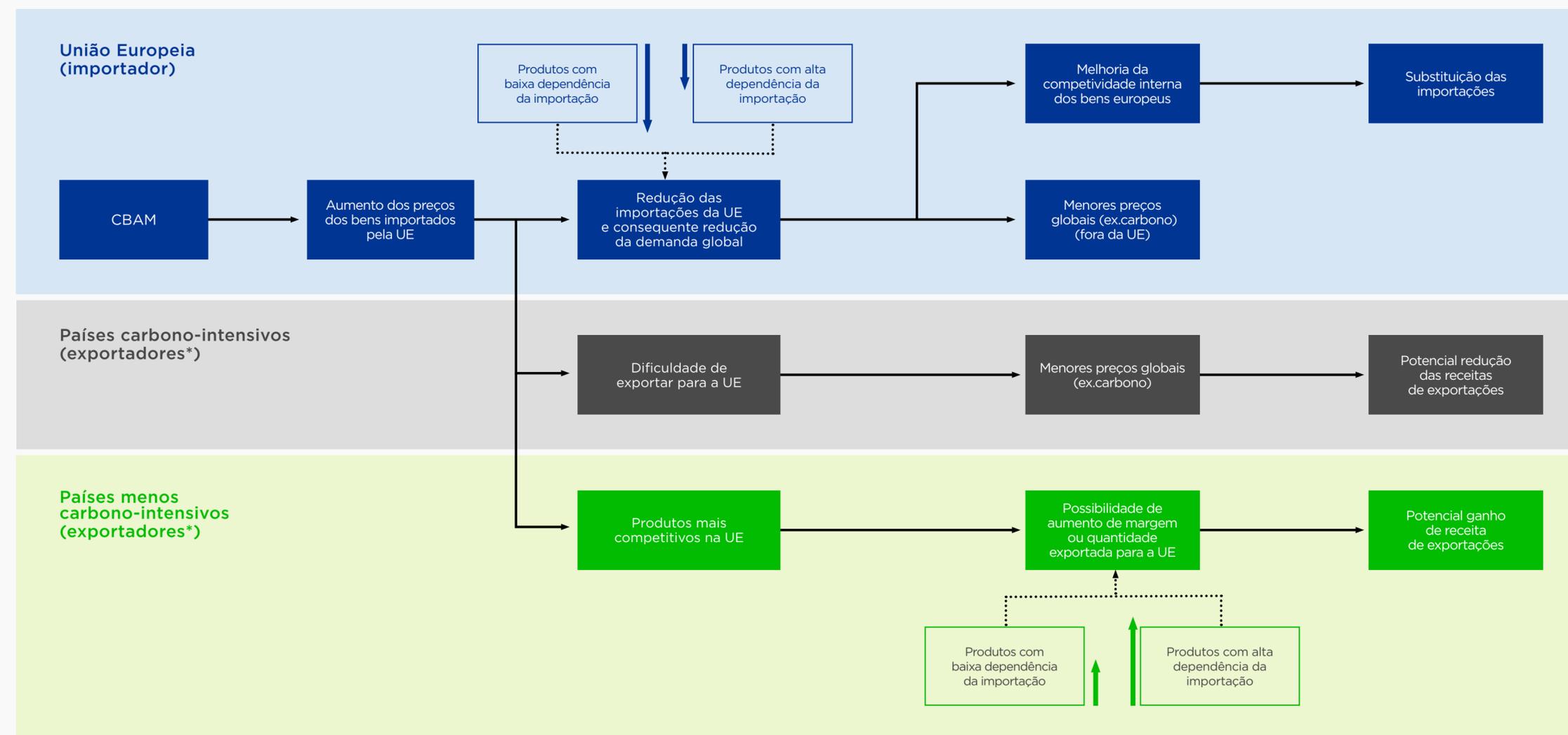
31. Como Cazaquistão, Sérvia e Bósnia e Herzegovina, Arábia Saudita e Ucrânia, bem como os países dos grupos regionais do Norte da África e Ásia Central.

32. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/consultations/addressing-carbon-leakage-risk-to-support-decarbonisation>. Acesso em 31 de julho de 2023.

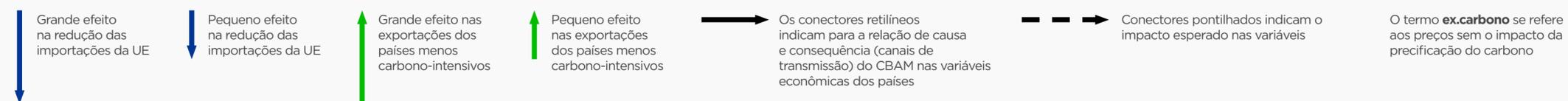
posição competitiva no médio a longo prazo, pois elas estão menos bem posicionadas para competir em um ambiente de mercado em que as emissões de carbono são restritas (BANCO MUNDIAL, 2015). Dessa forma, países menos carbono intensivos como o Brasil podem se beneficiar com custos de produção associados às emissões de GEE nas atividades produtivas relativamente menores que seus pares globais, podendo, inclusive, atrair empresas estrangeiras.

Cabe ressaltar que esse impacto deve ser considerado conjuntamente a uma série de outros fatores. No geral, os custos das emissões de carbono serão um fator entre muitas decisões de produção e investimento, mesmo em setores intensivos em emissões. Em geral, o impacto das políticas de carbono na competitividade frequentemente são menos intensos que outros fatores mais influentes, como mudanças nos custos de insumos, a qualidade geral das instituições, os níveis de educação, a eficiência dos mercados financeiros e de trabalho e a qualidade do ambiente de negócios (BANCO MUNDIAL, 2015). A Figura 6, ao lado, evidencia os potenciais impactos do CBAM nas economias envolvidas nas transações.

**Figura 6 - Potenciais impactos do CBAM nas economias envolvidas nas transações**



\* Exportadores que já precificam internamente o carbono poderão abater o valor do carbono no valor a ser pago no CBAM.



## 3.2. ANÁLISE DE POTENCIAIS IMPACTOS DO EU CBAM PARA PRODUTOS BRASILEIROS SELECIONADOS

Esta seção avalia o impacto potencial da incidência de taxas de ajuste de fronteira, a partir do caso do CBAM da União Europeia, sobre os produtos dos setores provavelmente abarcados por um mercado regulado no Brasil. Essa avaliação foi feita por meio da pegada de carbono desses produtos. Atualmente, a metodologia requer que sejam mensuradas as emissões diretas e indiretas proveniente do processo produtivo para a maioria dos setores cobertos, calculadas de acordo com o Anexo IV da regulação do CBAM (EUROPEAN COMMISSION, 2023). Entretanto, a metodologia de cálculo ainda não está totalmente definida e está prevista a avaliação da inclusão, em uma próxima revisão da regulação, da solicitação da análise de ciclo de vida dos produtos. Com base nessa premissa, a metodologia adotada neste capítulo avalia a pegada de carbono dos produtos atualmente mais exportados para a UE.

### 3.2.1. PRODUTOS

A escolha dos produtos se deu em três etapas. Primeiramente, foram identificados setores da indústria brasileira potencialmente incluídos no mercado

de carbono, de acordo com recomendações do projeto PMR Brasil e projetos de lei em tramitação, além do fato de estes serem, em geral, os primeiros setores regulados nas fases iniciais de sistemas de precificação já implementados, quais sejam: combustíveis e indústria (química, papel e celulose, siderurgia, alumínio, cimento, cal, vidro, alimentos e bebidas, têxtil, mineração e cerâmica). Em seguida, foram levantados os setores que atualmente já estão cobertos pelo CBAM<sup>33</sup> e aqueles que constam na lista da União Europeia de setores e subsetores considerados expostos ao risco de fuga de carbono (EUROPEAN COMMISSION, 2019). Por fim, foi considerada a exposição dos setores ao comércio internacional, isto é, quais deles possuem maior participação na pauta exportadora do Brasil para a UE e que se enquadram nas etapas descritas anteriormente. Nesta etapa, chegamos aos setores de fabricação de ferro e aço básicos; fabricação de óleos e gorduras vegetais e animais; e extração de petróleo bruto.

Os valores de exportação de produtos desses setores foram obtidos por meio da plataforma Comex Stat do Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC). A seleção dos produtos foi realizada com base na correspondência dos códigos<sup>34</sup> usados nas diferentes bases de dados utilizadas. O objetivo foi alcançar o nível máximo de detalhamento do produto representante de cada subsetor. Esse processo de desagregação dos produtos que compõem os setores foi necessário por ser importante para a

escolha de um único produto que representasse todo o setor e também para a avaliação da pegada de carbono (PC).

No mais, o produto selecionado precisava estar disponível na base de dados do *Ecoinvent*, que foi utilizada para avaliação da emissão associada à sua produção (ECOINVENT, 2023). Tendo como critério a granularidade, o *Ecoinvent* é o maior e mais renomado banco de dados onde é possível se obter a avaliação do ciclo de vida (ACV) de diversos produtos, ofere-

cendo também o suporte para avaliações de sustentabilidade (ECOINVENT, 2023).

Os Quadros 2, 3 e 4 apresentam a descrição de cada setor escolhido e os produtos (mais exportados pelo Brasil para UE) no sistema de classificação *Standard Industrial Classification of All Economic Activities* (ISIC) e Sistema Harmonizado (SH), bem como o valor das exportações em dólar dos principais produtos de cada setor selecionado no ano de 2022.

**Quadro 2 - Dados de exportação dos principais produtos do setor da indústria de Ferro e Aço (fabricação de ferro e aço básico)**

Código ISIC Classe	Descrição ISIC Classe	Código SH4	Descrição SH4	2022 - Valor FOB (Milhões US\$)
2410	Fabricação de ferro e aço básicos	7207	Produtos semimanufaturados de ferro ou aço não ligado	5.589,16
		7202	Ferro-ligas	4.081,94
		7201	Ferro fundido bruto e ferro spiegel (especular), em lingotes, linguados ou outras formas primárias	2.384,46
		7208	Produtos laminados planos, de ferro ou aço não ligado, de largura igual ou superior a 600 mm, laminados a quente, não folheados ou chapeados, nem revestidos	1.233,68

Fonte: Comex Stat (2023).

33. Em sua fase de transição, o mecanismo abrangerá as importações dos seguintes setores: ferro e aço; cimento; alumínio; fertilizantes; hidrogênio; e eletricidade.

34. A correspondência da ISIC, que é a classificação de atividades econômicas de referência utilizada para classificar atividades econômicas produtivas e fez-se a correspondência com a classificações do Sistema de Contas Nacionais (SCN), com os códigos no SH que é a classificação internacional de mercadorias, para que fosse possível obter uma classificação mais desagregada.

**Quadro 3 - Dados de exportação dos principais produtos da indústria de alimentos e bebidas (Fabricação de óleo e gorduras vegetais e animais)**

Código ISIC Classe	Descrição ISIC Classe	Código SH4	Descrição SH4	2022 - Valor FOB (Milhões US\$)
1040	Fabricação de óleos e gorduras vegetais e animais	2304	Tortas e outros resíduos sólidos da extração do óleo de soja	10.335,94
		1507	Óleo de soja e respectivas fracções, mesmo refinados, mas não quimicamente modificados	3.930,09
		1508	Óleo de amendoim e respectivas fracções, mesmo refinados, mas não quimicamente modificados	275,01
		1502	Gorduras de animais das espécies bovina, ovina ou caprina, exceto as da posição 1503	136,32

Fonte: Comex Stat (2023).

**Quadro 4 - Dados de exportação do produto que compõem o setor de Combustíveis (extração de petróleo bruto)**

Código ISIC Classe	Descrição ISIC Classe	Código SH4	Descrição SH4	2022 - Valor FOB (Milhões US\$)
0610	Extração de petróleo bruto	2709	Óleos brutos de petróleo ou de minerais betuminosos	42.553,77

Fonte: Comex Stat (2023).

A partir da escolha dos produtos em função da atividade comercial, verificou-se a disponibilidade de informações na base de dados do *Ecoinvent*. O Quadro 5 apresenta o produto representativo de cada subsetor selecionado, bem como os principais insumos utili-

zados nos respectivos processos produtivos. A avaliação desses insumos buscou garantir que o dado escolhido no *Ecoinvent* representasse da melhor forma possível cada um dos setores estudados.

**Quadro 5 - Produtos escolhidos de cada subsetor e seus principais insumos**

Setor	Descrição SH4	2022 - Valor FOB (Milhões US\$)
Fabricação de ferro e aço básicos	Produção de aço, conversor, baixa liga	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ferro gusa</li> <li>• Ferroníquel</li> <li>• Dióxido de carbono, fóssil</li> </ul>
Fabricação de óleos e gorduras vegetais e animais	Farelo de soja e produção de óleo bruto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soja</li> </ul>
Extração de petróleo bruto	Produção de petróleo e gás	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gás natural</li> <li>• Óleo combustível pesado</li> </ul>

Fonte: Comex Stat (2023).

### 3.2.2. PEGADA DE CARBONO

Esta seção apresenta informações sobre as emissões diretas e indiretas de CO<sub>2</sub> e associadas a um produto/processo, isto é, as emissões oriundas de todos os estágios, desde a cadeia de suprimentos - a exemplo da energia usada no transporte e na produção de matérias-primas - até as emissões diretas da pro-

dução (análise do berço ao portão), como a queima de combustíveis fósseis em veículos e equipamentos. Essa medida obtida por meio da ACV é conhecida como Pegada de Carbono ("PC"), segundo a metodologia do GHG Protocol (2011) que segue as diretrizes das normas ISO 14067 (PEGADA) e ISO 14040/44 (ACV) (SHABIR *et al.*, 2023).

A quantificação da PC foi feita para os três produtos escolhidos na seção anterior, considerando sua produção no território nacional, europeu e a média do resto do mundo, além dos dados de produção disponíveis na literatura. Essa quantificação foi realizada a fim de que fosse possível avaliar a “competitividade climática” dos produtos nacionais e internacionais, por meio da comparação das pegadas desses produtos produzidos em localidades diferentes, avaliando o resultado de suas emissões por quilo de produto. Mediante essa avaliação é possível o entendimento de implicações que os produtos nacionais poderiam sofrer em um cenário de vigência do EU CBAM. Na sequência, será feita uma análise sobre os principais concorrentes do Brasil na UE para os produtos selecionados e as implicações dessa análise para a discussão de taxas de ajuste de fronteira.

### PREMISSAS

Para a avaliação das emissões específicas incorporadas, o EU CBAM diferencia os produtos em dois grupos: simples e compostos. Os produtos simples são aqueles produzidos a partir de uma única matéria-prima e combustíveis com zero emissões implícitas de carbono (EUROPEAN COMMISSION, 2023). Os produtos compostos são aqueles cuja produção se dá pela combinação de várias matérias-primas diferentes e necessitam de processos de transformação complexos. Neste caso, o cálculo das emissões incorporadas considera uma quantidade maior de variáveis<sup>35</sup>.

O *software* utilizado no cálculo foi o openLCA®, com o banco de dados do *Ecoinvent* v3.9.1 (ECOINVENT, 2023) e o método de cálculo de impacto do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) 2021 para converter as emissões de GEE em CO<sub>2</sub>e, avaliando a produção de 1 tonelada de cada produto. A partir dos *datasets* originais (detalhados no Anexo A), foram realizadas adaptações na base de dados para o cálculo da PC desses produtos. Isso incluiu a adaptação dos fatores de emissão do resto do mundo, a fim de refletir mais precisamente a realidade brasileira. Para esses, foi considerado o consumo de eletricidade do Sistema Interligado Nacional (SIN), considerando a contribuição de cada fonte de energia a partir do Balanço Energético Nacional (BEN) 2022 (EPE, 2022), enquanto para o consumo de combustível na cadeia de produção *upstream*, adaptaram-se os fatores de acordo com os *datasets* nacionais. Na ausência deles, foram adotados *datasets* que englobassem a região da América Latina. Isso foi possível uma vez que o CBAM apresenta a possibilidade de fazer esse tipo de alteração nos cálculos das emissões como uma forma de comprovar que as instalações e/ou processos produtivos em determinada área geográfica são menos intensivos em emissões do que os valores de referências e/ou os valores europeus. É importante ressaltar que, para esse tipo de alteração, é necessário que os dados sejam confiáveis e que as adaptações alternativas específicas da região sigam as orientações definidas na regulamentação, conforme item 7 do Anexo IV (EUROPEAN COMMISSION, 2023).

### RESULTADOS

Os resultados encontrados para as emissões de CO<sub>2</sub>e incorporadas nos produtos selecionados estão apresentados na Tabela 1. Percebe-se que os produtos nacionais selecionados são menos intensivos em carbono do que o perfil “resto do mundo”, mas não em relação à UE. No caso da fabricação de aço no Brasil, a adaptação dos dados partiu do processo de produção com o perfil do resto do mundo (mesmos fluxos de entradas e saídas e na mesma quantidade), alterando-se somente a matriz elétrica e o perfil da produção dos combustíveis tanto do processo principal de produção do produto, como da produção dos insumos mais representativos (aqueles que representam mais de 80% das emissões totais). Para a produção do aço, além da produção direta, que representa 3% das emissões totais, incluiu-se na adaptação o ferro gusa e o ferroníquel, com 67% e 18% das emissões totais, respectivamente.

Apesar dessas adaptações, as emissões devido à queima de combustíveis fósseis nos processos siderúrgicos são expressivas e a regionalização praticamente não apresenta alterações significativas, pois as emissões da queima não são alteradas. Portanto, de maneira geral, é possível afirmar que produtos que possuem maior consumo energético em processo produtivo devem apresentar maiores valores de emissões e, conseqüentemente, uma maior pegada de carbono em relação aos produzidos na UE, que, em geral, apresenta processos mais tecnológicos e com

menor consumo. O resultado são taxas mais elevadas a serem aplicadas a esses produtos. Racional similar se aplica à produção de óleo e gás, onde o consumo de combustível tem representatividade maior na pegada do que a energia elétrica. Acrescenta-se que para esse último caso os dados originais utilizados já tendo sido para Brasil, sem necessidade de adaptações adicionais.

Por outro lado, o processo da soja é uma vez e meia menos carbono intensivo que os seus concorrentes internacionais. Isso provavelmente se deve aos processos produtivos adotados no Brasil serem menos emissores que os adotados no resto do mundo, incluindo a União Europeia. Isto deve incluir a adoção de técnicas modernas de agricultura de conservação, como o plantio direto, rotação de culturas e o uso de técnicas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), que têm contribuído para a redução das emissões de mudança de uso da terra (ESTEVAM *et al.*, 2022; GAROFALO *et al.*, 2022).

A Tabela 1 apresenta o cálculo da pegada de carbono na produção de 1 tonelada kg dos produtos selecionados para o Brasil, a Europa e o restante do mundo.

35. Pois esse cálculo leva em consideração as emissões da obtenção de cada matéria-prima utilizada, além das emissões do processo de fabricação e montagem do produto.

**Tabela 1 - Cálculo da pegada de carbono na produção 1 tonelada dos produtos selecionados para o Brasil, Europa e resto do mundo**

Setor (ISIC Classe)	Produto	Brasil (tCO <sub>2</sub> e)	UE (tCO <sub>2</sub> e)	Mundo (tCO <sub>2</sub> e)
Fabricação de ferro e aço básicos	Produção de aço, conversor, baixa liga <sup>36</sup>	2,14	2,08	2,18
Fabricação de óleos e gorduras vegetais e animais	Farelo de soja e produção de óleo bruto	3,04	7,60	7,82
Extração de petróleo bruto	Produção de petróleo e gás <sup>37</sup>	0,34	0,18*	0,39**

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da base de dados do Ecoinvent (2023).

\* Emissão calculada considerando a média da produção de petróleo da Holanda, Alemanha, Noruega e Romênia.

\*\* Emissão calculada considerando a média da produção de petróleo da Rússia e da Arábia Saudita.

Por fim, de acordo com a proposta do EU CBAM, a cobrança de tarifas será baseada na diferença das emissões dos produtos importados em relação aos europeus. Os países que exportarem para a UE deverão declarar as emissões de carbono incorporadas em seus produtos. Será estabelecida uma referência para as emissões permitidas em produtos similares aos produzidos na UE e uma taxa de ajuste a ser aplicada com base no preço médio semanal das permissões EU ETS, expresso em €/tonelada de CO<sub>2</sub> emitida. Os importadores deverão recolher uma taxa compensando as emissões adicionais e nivelando as condições de concorrência com as empresas europeias, como parte do processo de importação, conforme descrito no Regulamento (UE) 2023/956 do parlamento europeu (PARLAMENTO EUROPEU; CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA, 2023).

Dessa forma, ter produtos menos intensivos em emissões em comparação com concorrentes internacionais representa um novo elemento de vantagem competitiva, uma vez que a UE não é autossuficiente em vários produtos, a exemplo dos estudados neste trabalho.

### 3.2.3. ANÁLISE DOS IMPACTOS DAS TAXAS DE AJUSTES DE FRONTEIRA APLICÁVEIS AOS PRODUTOS BRASILEIROS

O CBAM da UE consiste numa tarifa sobre produtos importados com base em suas emissões incorporadas. Segundo o argumento da União Europeia, a adoção do CBAM se origina na busca por medidas ambiciosas para enfrentar o desafio climático em

suas fronteiras. Para se entender suas possíveis implicações sobre as exportações brasileiras e o impacto na competitividade dos produtos nacionais é preciso entender as emissões e eventuais incorporações de preços de carbono nos produtos dos países que concorrem diretamente com o Brasil no mercado europeu. Isso porque, para evitar que haja dupla precificação, agentes que importem produtos já submetidos a um sistema de precificação de carbono em sua origem poderão ter o pagamento correspondente deduzido da taxa a ser paga no CBAM.

É claro que, em princípio, há uma perda de competitividade porque os produtos brasileiros exportados para a União Europeia podem se tornar mais caros em relação aos produtos de países que já possuem um preço de carbono incorporado em seus produtos, por já serem submetidos a um sistema de precificação no local de origem. O Quadro 6 apresenta a análise de quais são os países que mais exportam cada um dos produtos selecionados no mundo e aqueles que mais exportam para a UE.

**Quadro 6 - Relação dos principais países exportadores dos produtos selecionados em 2022**

Subsetor	Código (SH4)	Principais países exportadores para a EU	Principais países exportadores mundialmente
Fabricação de ferro e aço básicos	7202	• Brasil • África do Sul • Rússia	• Indonésia • África do Sul • Brasil
Fabricação de óleos e gorduras vegetais e animais	2304	• Brasil • Argentina • Holanda	• Argentina • Brasil • Estados Unidos
Extração de petróleo bruto	2709	• Arábia Saudita • Rússia • Estados Unidos	• Arábia Saudita • Rússia • Canadá

Fonte: Eurostat (2023) e OEC (2023).

36. O processo de ajuste não tem por objetivo alterar as categorias de insumos contempladas no conjunto de dados original, mas sim contextualizar regionalmente o insumo em questão. Dessa forma, considerou-se a utilização de Gás Natural e não carvão vegetal. Contudo, essa inclusão foi regionalizada conforme o perfil de produção do Gás Natural no Brasil.

37. Este conjunto de dados representa o inventário de ciclo de vida da extração *offshore* de petróleo e gás por meio de métodos convencionais de extração. Esses valores correspondem a uma média da produção nacional durante um intervalo temporal. Portanto, é possível que haja discrepâncias em relação às informações mais recentes divulgadas. A Petrobras, por exemplo um dado de pegada 15,8 kgCO<sub>2</sub>e por barril de óleo equivalente, porém, o detalhamento desse dado não é divulgado.

O Quadro 7, por sua vez, apresenta os levantamentos dos sistemas de precificação dos países que exportam os produtos considerados na avaliação da PC. É importante salientar que a implementação de sistemas de precificação em outras regiões cria uma pressão econômica para que o Brasil também adote políticas de redução de emissões. Isso deve ser um ponto

de atenção para o setor industrial brasileiro, que terá que se adaptar a essas mudanças. Observa-se que, além de evitar a fuga de carbono e proteger a indústria local, o EU CBAM teve desde a sua origem a expectativa de induzir países fora da UE a adotar soluções de descarbonização, incluindo a precificação de carbono.

**Quadro 7 - Sistemas de Precificação nos países de origem das importações**

Países	Há sistemas de precificação (tributo sobre o carbono ou ETS)?	Detalhamento
África do Sul	Sim	• O tributo sobre o carbono cobre todos os tipos de combustíveis fósseis queimados por grandes empresas nos setores da indústria, energia e transporte.
Arábia Saudita	Não	--
Argentina	Sim	• O tributo sobre o carbono se aplica às emissões de CO <sub>2</sub> de todos os setores com algumas isenções, como a exportação dos combustíveis abrangidos, teor de biocombustíveis de combustíveis líquidos e utilização de combustíveis fósseis como matérias-primas em processos químicos. • O tributo cobre a maioria dos combustíveis líquidos (exceto gás fóssil) e alguns produtos sólidos (carvão mineral e coque de petróleo).
Canadá	Sim	• O tributo cobre 21 tipos de combustível, resíduos de combustíveis que são queimados com a finalidade de produzir calor ou energia nessas jurisdições.
Estados Unidos	Sim, para alguns estados	• Califórnia - Sistema de <i>cap-and-trade</i> aplicado às emissões de GEE dos setores de indústria, energia, transporte, edifícios e de processos industriais. • Massachusetts - ETS aplicado às emissões de CO <sub>2</sub> do setor de energia. • RGGI - programa de <i>cap-and-trade</i> para limitar o dióxido de carbono do setor de energia. Abrange 12 estados.
Holanda	Sim	• O “Preço mínimo do carbono para a eletricidade” aplica-se às emissões diretas de CO <sub>2</sub> de todos os geradores (incluindo a cogeração em instalações industriais) abrangidos pelo EU ETS. • “Preço mínimo do carbono para a indústria” se aplica às emissões diretas de CO <sub>2</sub> de todas as instalações industriais também cobertas pelo EU ETS mais a incineração de resíduos.
Indonésia	Sim	• A Indonésia possui um ETS doméstico obrigatório para o setor de energia como um dos mecanismos de política para ajudar a atingir suas metas de NDC.
Rússia	Não	--

Fonte: Adaptado de Banco Mundial (2023).

Por outro lado, uma das vantagens dos produtos produzidos no Brasil em relação aos seus concorrentes internacionais é a matriz elétrica mais limpa. Enquanto muitos países ainda são altamente dependentes de combustíveis fósseis, o Brasil se diferencia por sua matriz elétrica com forte presença de renováveis. De acordo com dados do Balanço Energético Nacional (2022), as usinas hidroelétricas representam 56,8% da oferta interna de energia elétrica do país, enquanto eólica representa 10,6%, solar 2,4% e biomassa 8,2%. Já a parte não renovável é composta por carvão e derivados (3,9%); gás natural (12,8%); derivados de petróleo (3,0%) e nuclear (2,2%).

Segundo Neto (2021), as emissões médias de GEE por unidade de energia no Brasil são de 141.305 toneladas de CO<sub>2</sub>e por Twh (Terawatts-hora), enquanto a média mundial fica em torno de 230.697. Em complemento a isso, a quantidade de CO<sub>2</sub> emitido por MWh gerado pelo Brasil em 2022 foi cerca de 75% menor que a dos países europeus da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) (EPE, 2023).

No entanto, é importante evidenciar que essa vantagem competitiva não deve ser vista como uma razão para o Brasil não buscar outras iniciativas em relação às questões climáticas. Pelo contrário, é uma oportunidade para o país se posicionar como líder na produção de produtos com baixa intensidade de carbono e continuar aprimorando suas práticas atraentes. Além disso, a vantagem mencionada fica mais aparente em procedimentos de alto consumo energético. Porém,

como observado anteriormente, as emissões dos próprios processos industriais<sup>38</sup> podem ser preponderantes na PC. Assim, igualmente relevante a busca por iniciativas que considerem processos menos intensivos em carbono, como a adoção das tecnologias da indústria 4.0, que têm a capacidade de aprimorar a gestão de processos industriais de forma a minimizar suas emissões.

Finalmente, ressalta-se que a introdução do CBAM pode estimular um maior diálogo internacional sobre medidas de combate às mudanças climáticas, com a União Europeia e outros países. Eventuais impactos poderão variar dependendo das políticas adotadas pelo Brasil para reduzir suas emissões e da forma como o CBAM será implementado pela UE. Ainda assim, o Brasil pode ver a situação como uma oportunidade para melhorar sua competitividade e promover práticas mais sustentáveis em sua economia, fortalecendo sua posição nas discussões globais sobre mudanças climáticas.

38. Dentre as emissões oriundas das etapas de processo é possível citar: óleo combustível pesado, queimado em forno de refinaria, e gás natural queimado em turbina a gás.

### 3.3. MENSAGENS-CHAVE

#### 1 O objetivo do CBAM:

- ▶ O CBAM é um mecanismo para combater a perda de competitividade e aumento do vazamento de carbono influenciados por sistemas de precificação de carbono.
- ▶ No entanto, é preciso cautela para avaliar a configuração desse mecanismo e sua capacidade de impactar os principais parceiros comerciais envolvidos.

#### 2 Principais impactos e considerações:

- ▶ Apesar da escassez de experiências práticas e da recente implementação do EU CBAM, é consensual que seu impacto depende das emissões de carbono incorporado nas exportações dos parceiros comerciais e dos preços de carbono pagos em seus países de origem.
- ▶ Os riscos de perdas macroeconômicas e distributivas, especialmente para países em desenvolvimento, podem ser mitigados se as receitas do CBAM forem destinadas a investimentos verdes, apoio financeiro e tecnológico voltados para mitigação e adaptação. Todavia, na ausência de medidas como essas, é possível que a desigualdade econômica entre os países aumente.

#### 3 Vantagem competitiva do Brasil:

- ▶ Considerando o perfil dos produtos analisados neste capítulo, o Brasil possui processos menos carbono intensivos em comparação com seus concorrentes internacionais que também exportam para a UE, o que significa, no curto prazo, vantagem competitiva.
- ▶ Na comparação com a produção local, ainda que o Brasil possua uma matriz elétrica mais limpa, alguns produtos se mostraram mais carbono intensivos que os da UE devido às emissões provenientes do próprio processo industrial serem preponderantes na pegada de carbono.
- ▶ Na avaliação dos impactos do EU CBAM, destaca-se que, ainda que alguns produtos de origem europeia possam ter menos emissões incorporadas, a UE não é autossuficiente na produção de todos eles, o que abre espaço para a entrada e permanência da importação de produtos brasileiros. Essa condição deve ser explorada em uma estratégia de fortalecimento da posição do Brasil no mercado europeu, mesmo com o EU CBAM.
- ▶ Comparado a outros países em desenvolvimento, o Brasil possui vantagem competitiva devido à sua matriz elétrica renovável, potencial de redução de emissões com tecnologias financeiramente viáveis e tecnolo-

gias inovadoras, a exemplo da captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS – *Carbon Capture, Utilisation and or Storage*) e hidrogênio verde<sup>39</sup>.

#### 4 Importância da implementação de um mercado de carbono regulado:

- ▶ O EU CBAM impõe taxação proporcional para produtos importados de jurisdições que já possuem um sistema de precificação de emissões implementado.
- ▶ Para criar metas de redução setoriais e melhorar a contabilidade de emissões, o Brasil deve avançar na criação de um mercado de carbono regulado (ETS), de forma a isentar produtos e setores do EU CBAM.
- ▶ Neste contexto, um sistema de Mensuração, Relato e Verificação (MRV) também ajudaria a reduzir incertezas relacionadas à mensuração de emissões ao longo da cadeia produtiva.

#### 5 A relevância do sistema de MRV:

- ▶ Um sistema de MRV padronizado pode permitir que a indústria nacional relate adequadamente o conteúdo de carbono das suas exportações.
- ▶ A compatibilidade dos sistemas de MRV também é essencial para conexão entre mercados de diferentes jurisdições.

- ▶ A interoperabilidade entre mercados é uma proposta frequente nos projetos de lei em tramitação no Congresso, o que exige que o mercado brasileiro seja comparável com os demais mercados.

#### 6 Importância da evolução contínua do Brasil rumo à descarbonização de sua economia:

- ▶ Com a elevação do nível de ambição da política climática a nível global, os CBAMs têm potencial para ser amplamente adotados nas estratégias climáticas dos países.
- ▶ É preciso que as políticas climáticas converjam em seu objetivo principal de uma redução real e eficiente das emissões globais de carbono, garantindo sustentabilidade econômica e equidade entre as nações.
- ▶ O Brasil tem vantagens competitivas que o posicionam como ator relevante nos esforços globais de combate às mudanças climáticas. Ao adotar uma postura proativa para acelerar a descarbonização de seus processos produtivos, o país pode aproveitar as oportunidades identificadas para se manter competitivo em relação aos principais *players*.

39. Ver seção 4.1, onde abordamos com mais detalhes os custos e oportunidade de abatimentos.



## 4. ATUALIZAÇÕES POLÍTICAS E REGULATÓRIAS DO BRASIL SOBRE MERCADOS DE CARBONO

No Brasil, diversos Projetos de Lei (PLs) tramitam na Câmara dos Deputados e no Senado Federal, em geral apensados ou em tramitação conjunta. Ainda assim, não há uma previsão para uma lei que regule o mercado regulado de carbono seja aprovada. A idealização do Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE) foi inicialmente formalizada pela PNMC de 2009, que visava, entre outras coisas, a criação de um mercado operacionalizado em bolsas de mercadorias e futuros, bolsas de valores e entidades de balcão organizado autorizadas pela Comissão de Valores Mobiliários (CVM), onde se daria a negociação de títulos mobiliários representativos de “**emissões de gases de efeito estufa evitadas certificadas**”<sup>40</sup>.

Segundo a análise jurídica realizada pelo Projeto *PMR Brasil* (BANCO MUNDIAL, 2020a), a definição sobre o que seriam esses títulos representativos de emissões evitadas, entretanto, pode diferir do conceito das permissões de emissões em um mercado regulado. As permissões não se equivalem em emissões evitadas a partir de um projeto com adicionalidade, como acontece no mercado voluntário, mas sim **direitos de emissões** que correspondem às obrigações legais dos operadores de conciliar suas emissões.

Como pressupõe obrigações aos entes regulados, que passarão a ter que conciliar suas emissões com os direitos de emissão, sendo obrigados a comprar tais direitos, caso ultrapassem o limite estabelecido, **o estabelecimento de um mercado regulado no**

**Brasil deve ser disposto em lei**, dado que se constitui em uma restrição à livre iniciativa, conforme o Artigo 170 da Constituição Federal. Adicionalmente, a operacionalização de um Sistema de Comércio de Emissões pode demandar a instituição de um órgão implementador ou regulador e arranjos institucionais que somente poderão ser estabelecidos mediante lei, devido ao princípio da legalidade<sup>41</sup> ao qual a Administração Pública está sujeita.

É preciso, ainda, a construção de um arranjo que garanta a segurança das transações das permissões de emissões, proporcionando confiança nos contratos, que pode ser uma oportunidade de garantir autonomia, transparência e credibilidade à gestão dos incentivos de preço. Nesse sentido, segundo a análise do PMR, uma estrutura regulatória para a criação do mercado de carbono deve incluir (BANCO MUNDIAL, 2018):

1. os princípios e diretrizes gerais para orientar a alocação de permissões de emissão - como os setores regulados, os limites, escopos etc. - com critérios de controle de preços e medidas para proteger a competitividade;
2. a periodicidade da revisão das regras, com critérios que contemplem os objetivos nacionais de mitigação;
3. práticas de comercialização, penalidades, registro de direitos de emissão, regras financeiras e de contabilidade de carbono, padrões MRV e uso de derivativos financeiros;
4. o percentual máximo permitido para o uso de créditos de carbono do mercado voluntário (offsets);
5. a identificação do órgão executivo do governo,

em nível federal, para implementar e coordenar o marco regulatório; e

6. as regras de credenciamento das instituições privadas gestoras do mercado, tais como: bolsa de valores, agentes, operadoras e entidades de MRV.

Em geral, os setores regulados e os limites de emissão não são estabelecidos nas propostas regulatórias atualmente em tramitação. Para o PL 2.148/2015 e seus apensados, assim como o PL 412, por exemplo, esse estabelecimento ficaria à critério do Plano Nacional de Alocação (PNA), a ser definido pelo Poder Executivo (BRASIL, 2022a, 2022b). A última versão do substitutivo do PL 412, já traz os limiares para os entes que serão monitorados - fontes de emissões acima de 10 mil toneladas de CO<sub>2</sub>e - e para as fontes reguladas, que são aquelas com emissões acima de 25 mil toneladas de CO<sub>2</sub>e por ano e explicita a não participação da agropecuária entre os setores regulados.

No entanto, os PLs atualmente em tramitação preveem mecanismos de controle de preço e medidas para proteger a competitividade, como alocações gratuitas ou mecanismos de ajuste de fronteira, porém sem especificar efetivamente como serão implementados.

Teoricamente, os setores a serem abrangidos por um mecanismo de ajuste devem ser aqueles com alta intensidade em carbono e expostos ao comércio internacional. **A fim de promover maior aceitação e reduzir as controvérsias sobre os parâmetros utilizados para definir esses setores, sugere-se que na**

40. Segundo a Lei 12.187 de 29 de dezembro de 2009 (BRASIL, 2009).

41. O princípio pelo qual a administração pública só pode restringir algum direito se amparada por uma lei que concede ao poder público essa prerrogativa. O princípio da legalidade está consagrado no art. 5º, II, da Constituição, segundo o qual ninguém será obrigado a fazer ou deixar de fazer alguma coisa senão em virtude de lei (DI PIETRO, 2017).

fase inicial de precificação no Brasil, setores com risco de competitividade, sejam identificados por meio de indicadores similares ao EU ETS, embora com gradação menos restritiva, considerando a fase inicial de precificação e o grau de competitividade da indústria no Brasil (BANCO MUNDIAL, 2018). A compatibilidade desses indicadores pode se tornar ainda mais interessante devido à implementação do EU CBAM, dado que os exportadores brasileiros precisarão reportar as emissões incorporadas em seus produtos para os importadores europeus.

Para que o sistema de preços realmente reflita as emissões realizadas, é preciso que haja um sistema que MRV, inclusive com um banco de dados nacional de fatores de emissão, que deve ser criado para garantir a uniformidade dos fatores usados nos cálculos. Fatores de emissão específicos devem ser verificados por um órgão competente. Idealmente, o sistema MRV deve ser introduzido antes do sistema de mercado, de forma a coletar dados que ajudem a calcular realisticamente a meta de conformidade.

Para isso, é preciso definir também o arranjo institucional e o fluxo de governança para o mercado, que devem ser estabelecidos por meio de uma lei (BANCO MUNDIAL, 2020b). O PMR sugere dois arranjos institucionais possíveis, que se diferem pela presença de uma entidade privada com o propósito de apoiar o órgão implementador ao longo do ciclo de *compliance* do Sistema de Comércio. Já os PLs em tramitação na Câmara de Deputados e no Senado Federal propõem diferentes arranjos. O Quadro 8 resume as estruturas de governanças propostas para o MBRE.

**Quadro 8 - Estruturas de Governanças propostas para o mercado brasileiro**

Estrutura de Governança Proposta pelo PMR	Estrutura de Governança Proposta pelo PL 2148 e seus apensados	Estrutura de Governança Proposta pelo substitutivo do PL 412
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Comitê Interministerial:</b> comitê responsável pela coordenação estrutural e estratégica do sistema.</li> <li>• <b>Órgão Regulador:</b> seria responsável por aspectos regulatórios macro, como a definição de metas, com base em critérios definidos pelo Comitê Interministerial ou em regulamento próprio.</li> <li>• <b>Órgão Assessor/Implementador:</b> órgão que deteria a atribuição técnica e a estrutura para coordenar e fiscalizar o sistema, podendo ser uma entidade da administração pública vinculada a um ministério ou uma agência reguladora criada com essa finalidade.</li> <li>• <b>Agente Verificador:</b> Entidade privada contratada pelo agente regulado e acreditada pelo órgão acreditador para verificação do cumprimento das obrigações do agente regulado. Nesse caso, seria possível considerar um arranjo em que o órgão assessor centralize a contratação e alocação de verificadores, o que poderia reduzir os riscos de conflito de interesses entre agentes regulados e o agente verificador.</li> <li>• <b>Plataforma de Operações:</b> Plataforma autorizada pela Comissão de Valores Mobiliários (CVM) a comercializar os direitos de emissão.</li> <li>• <b>Órgão Acreditador:</b> Órgão governamental com capacidade técnica para acreditação dos verificadores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Órgão Superior:</b> composto por integrantes do órgão superior do Sistema Financeiro Nacional, com a competência de estabelecer a orientação estratégica em matérias afetas às implicações do SBCE para a política monetária e de crédito, bem como estabelecer normas para o aperfeiçoamento dos ativos e instrumentos financeiros relacionados à operação eficiente do Sistema;</li> <li>• <b>Órgão Deliberativo e Recursal:</b> colegiado pelo Comitê Interministerial sobre a Mudança do Clima e Crescimento Verde, além de instituições de representação dos setores regulados para estabelecer, entre outras coisas, o Plano Nacional de Alocação, apreciar e aprovar os Acordos Setoriais;</li> <li>• <b>Órgão Consultivo:</b> composto por representantes do governo e da sociedade civil para fornecer subsídios técnicos às decisões do órgão deliberativo; e</li> <li>• <b>Autoridade Competente:</b> órgão público designado para a gestão do SBCE que coordenaria as instituições responsáveis pelo Registro de Relato Operacional do sistema e pelo Mercado Regulado de Carbono; editar regulamento aplicável a setores regulados, no caso de inexistência de Acordo Setorial ou falta de adesão a ele; aplicar as sanções administrativas eventualmente aplicáveis aos entes regulados; e implementar e gerir o Registro de Relato Operacional do SBCE.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima:</b> tem a função de estabelecer as regras gerais do SBCE; aprovar o Plano Nacional de Alocação; instituir grupos técnicos para fornecimento de subsídios e apresentação de recomendações para aprimoramento do SBCE; e aprovar o plano anual de aplicação dos recursos oriundos da arrecadação do SBCE;</li> <li>• <b>Órgão Gestor:</b> constitui a instância executora a quem compete: regular o mercado, observando as diretrizes do Comitê Interministerial, regular a apresentação de informações sobre emissões de GEE; definir as atividades, instalações, fontes e gases a serem regulados; definir o patamar anual de emissão de GEE acima do qual os operadores das instalações ou fontes passam a dever submeter o plano de monitoramento e de apresentar relato de emissões e remoções de gases de efeito estufa, além da conciliação periódica de obrigações. Adicionalmente, cabe ao Órgão Gestor estabelecer os requisitos e os procedimentos para MRV e os requisitos para os procedimentos de conciliação periódica de informações, requisitos para geração de Certificados de Redução ou Remoção Verificada de Emissões; estabelecer regras e gerir os eventuais processos para interligação do SBCE com sistemas de comércio de emissões de outros países ou organismos internacionais etc.</li> <li>• <b>Comitê Técnico Consultivo Permanente:</b> é o órgão consultivo do SBCE ao qual compete fornecer subsídios técnicos e apresentar recomendações para aprimoramento do SBCE.</li> </ul>

Fonte: Elaboração Própria, com base em Banco Mundial (2020b) e Brasil (2022a, 2022b).

Já o comércio das permissões deve ser estabelecido com uma meta de redução ou um orçamento total de carbono a ser distribuído e vendido. Na maioria dos casos, há uma parte alocada gratuitamente e outra em leilão. Ao final de cada período de compromisso, cada fonte regulada deve reconciliar o total emitido com o total de permissões gratuitas e compradas.

Essas permissões distribuídas gratuitamente podem ser por meio de indicadores históricos (*grandfathering*) ou por indicadores de performance setoriais (*benchmarking*). Considera-se que as alocações por *grandfathering* tendem a beneficiar os setores mais atrasados em relação ao controle de suas emissões. Por outro lado, essa é uma métrica mais simples de ser implementada, já que depende basicamente de dados históricos, das metas de redução de emissões e de um fator de proteção para setores com risco de competitividade (BANCO MUNDIAL, 2018).

Ainda segundo o Banco Mundial (2018), quando se deseja reconhecer os esforços passados de controle, a métrica de *benchmarking*, pode ser mais adequada, já que o nível inicial de alocação livre de cada ente regulado é proporcional a um indicador de intensidade de emissão do produto considerado eficiente. Assim, define-se um *benchmark* intrasetorial observando trajetórias tecnológicas e estas de diferentes produtos dentro de um mesmo setor. Para estimar os fatores de intensidade de emissão (emissão por produção), inicialmente, utiliza-se uma medida das intensidades observadas no setor, geralmente em discussão com os órgãos regulados. Essa medida,

no entanto, demanda maiores esforços para definir os produtos industriais a serem regulados, estimar a intensidade de emissão desses produtos e os custos de reduzir as emissões de cada produto e assim estabelecer os critérios para a alocação gratuita.

**Dada a falta de dados e sua simplicidade, recomenda-se, na fase inicial no Brasil, o critério de *grandfathering*, com alocação gratuita de 50% para todos os setores com risco de competitividade. Para emissões não cobertas pelas alocações gratuitas, a alocação seria via leilões, conciliando as emissões com a compra dos direitos de emissão** (BANCO MUNDIAL, 2018).

As permissões em mecanismos com altas proporções de alocações gratuitas tendem a possuir menor liquidez, porque menos empresas se envolverão ativamente no mercado se suas necessidades de permissões forem mais ou menos satisfeitas pelas alocações. Como no processo de negociação, as empresas divulgam implicitamente sua avaliação dos custos de abatimento, a inibição das negociações cria barreiras à descoberta de preços.

Já a compra dos direitos de emissões acontece em leilões (mercado primário), que geralmente acontecem de forma trimestral, possibilitando inclusive o leilão de permissões futuras para facilitar o planejamento das empresas. **Deve haver ainda um preço mínimo para as permissões vendidas no leilão.** Visando aumentar a custo-efetividade do sistema, deve ser possível poupar as permissões para uso futuro (*banking*).

O leilão envolve a alocação de permissões por meio de um processo de licitação competitivo, permitindo a descoberta de preços e fortes incentivos à redução de carbono. **A previsibilidade sobre o acontecimento dos leilões facilita a transparência e um sinal de preço estável para participantes e consumidores e pode reduzir a volatilidade do preço das emissões.** Adicionalmente, esse mecanismo cria uma fonte de receita para o governo que pode ser distribuída para uma ampla gama de potenciais beneficiários (ICAP; BANCO MUNDIAL, 2021).

**A participação nos leilões pode ser restrita aos agentes regulados ou não.** Segundo a *International Organization of Securities Commissions* (IOSCO), em alguns mercados, as instituições financeiras e outros participantes não regulados podem participar dos leilões. Na União Europeia, cerca de 30% dos participantes dos leilões são instituições financeiras. Também é importante notar que os agentes regulados podem decidir cobrir sua exposição assumindo posições no mercado de derivativos, em vez de comprar permissões diretamente por meio de leilões ou no mercado à vista, para reduzir seus custos de capital e mitigar as restrições de liquidez financeira associadas às permissões. É neste contexto em particular que as instituições financeiras podem decidir participar nos leilões, adquirindo em seu lugar estas quotas e assumindo posições vendidas no mercado de derivativos, por exemplo (IOSCO, 2023).

Instituições financeiras e outros agentes não regulados podem participar também do mercado secundá-

rio, o que ajuda o desenvolvimento do mercado, especialmente por aumentarem a liquidez das permissões. Adicionalmente, podem possibilitar a proteção contra a variação de preços e aumentar a sinalização de preços, o que permite que as empresas tomem decisões de investimento mais informadas sobre sua emissão de GEE (IOSCO, 2023). **Entende-se, portanto, que a solidez dos mercados primários e secundários das permissões de emissões ajudaria a reduzir assimetrias de informação e a opacidade do mercado,** umas das principais barreiras de mercado levantadas pela edição anterior deste estudo (ICC BRASIL; WAYCARBON, 2022)<sup>42</sup>.

42. O aumento da liquidez assim como a redução da opacidade e da assimetria informacional sobre os preços também pode ajudar no financiamento de projetos para descarbonização, já que os fluxos de caixa desses projetos poderão ser estimados com maior precisão e, portanto, contribuir na avaliação de risco de crédito desses projetos. Se as instituições financeiras participarem do mercado, eventualmente, podem aceitar as permissões de emissões como garantias dos financiamentos, reduzindo assim o custo de crédito.

## Box 2

## DEFINIÇÃO JURÍDICA DAS UNIDADES DE CARBONO TRANSACIONADAS NO MERCADO REGULADO E VOLUNTÁRIO

Um dos entraves à operacionalização do mercado de carbono no Brasil ainda é a sua definição jurídica. Enquanto alguns textos, como a Política Nacional da Mudança do Clima, tratam as permissões de emissões como valores mobiliários, outros tratam como ativos financeiros, como os projetos de lei em tramitação na Câmara de Deputados e no Senado Federal.

Na ótica da Comissão de Valores Mobiliários (CVM), as permissões não seriam valores mobiliários porque não se enquadram como Investimentos Coletivos nem como Derivativos. Dessa forma, a CVM chegou a emitir algumas notas técnicas sobre essa classificação, considerando que as permissões não seriam valores mobiliários. Em 2022, emitiu a Resolução 175, que considera os créditos de carbono transacionados no mercado regulado e Créditos de Descarbonização por Biocombustíveis (CBIOS) como ativos financeiros (CVM, 2022).

Para o Banco Central, no entanto, os créditos de carbono e os CBIOS são vistos como Ativos de Sustentabilidade. A definição foi publicada na Instrução Normativa 325/2022 que, dentre outras coisas, tinha o objetivo de reger o registro contábil desses ativos nas instituições financeiras. A Instrução

também versa sobre a contabilização a preços de mercado ou a valor de aquisição, a depender da finalidade da aquisição dos créditos, o que por sua vez pode também afetar a tributação decorrente do ganho sobre a negociação dos créditos.

Dessa forma, ainda não há uma classificação consensual sobre a definição jurídica das permissões de emissões no mercado regulado. Entende-se que essa é uma barreira significativa para o pleno funcionamento do mercado, já que para que esses títulos sejam negociados em mercado regulamentado de valores mobiliários, é necessário que seja criado um novo ambiente de negociação específico que permita a comercialização dos direitos de emissão com estrutura segura e compatível às estruturas atualmente utilizadas (BANCO MUNDIAL, 2020a). Adicionalmente, ainda é preciso definir qual será a entidade regulamentadora do mercado, que abordará as questões técnicas e procedimentais relacionadas à criação desse ambiente de comercialização (BANCO MUNDIAL, 2020a).

Para o mercado voluntário, a indefinição é ainda maior, dado que nem a CVM nem o Banco Central reconhecem os créditos como valores mobiliários ou como ativos financeiros. Apesar disso, os projetos de lei em tramitação na Câmara de Deputados e no Senado Federal, PL 2148 e o PL 512, respectivamente, consideram os créditos do mercado voluntário, denominados de Remoções Verificadas de Emissões (RVE), como ativos financeiros.

Outros mecanismos podem ser avaliados para a redução da incerteza relacionada aos preços das permissões, como Mecanismos de Estabilização de Mercado. Essa pode ser uma alternativa interessante para o Brasil estabelecer um preço mínimo para as permissões vendidas nos leilões, devido à forte presença de tecnologias de baixos custos marginais de abatimento disponíveis no país. Dessa forma, quando os custos de redução num sistema se revelam mais baratos do que o esperado, a oferta de permissões pode ultrapassar a demanda, resultando numa pressão que reduz os preços das permissões, enfraquecendo os incentivos para o investimento em tecnologia de baixo carbono e em ações de redução de emissões, uma vez que as opções de redução ficam relativamente mais caras do que a compra de permissões de emissão (ACWORTH; SCHAMBIL; BERNSTEIN, 2020).

Preços demasiadamente altos, por sua vez, podem comprometer a viabilidade econômica do sistema de comércio, o que pode fornecer um motivo para um limite de preços. Definir um limite de preços, no entanto, requer equilibrar diferentes considerações: um preço máximo baixo pode reduzir os incentivos para o investimento em tecnologias de baixa emissão; por outro lado, preços significativamente mais altos que os custos marginais de abatimento podem comprometer a viabilidade econômica do sistema de comércio ou resultar em preços mais altos, impactando os consumidores e a atividade econômica (ACWORTH; SCHAMBIL; BERNSTEIN, 2020).

**Eventualmente, o mercado nacional pode ser integrado com os demais mercados mundiais.** Com isso,

metas de redução de emissões podem ser alcançadas por meio da compra e venda de permissões em jurisdições fora do país, na forma de unidades negociáveis. Essa decisão de promover a integração internacional deve avaliar como os efeitos sobre a demanda e o abastecimento do mercado interno são estimados face à diversidade de mercados em outras jurisdições. Adicionalmente, a integração internacional pressupõe a harmonização de regras de quase todas as características de projeto que podem gerar desequilíbrios competitivos, desde metas anuais até o ponto de regulação, critérios de alocação, penalidades e, em especial, regras de MRV (BANCO MUNDIAL, 2018).

**Já em relação ao uso de *offsets*, o PMR considerou que o uso deveria ser limitado a 20% nos períodos iniciais, sendo reduzido a 10% nos períodos seguintes** a fim de evitar que os preços do carbono sejam muito reduzidos, prejudicando o incentivo à descarbonização e à inovação tecnológica setorial, e para minimizar potenciais efeitos de vazamento. Cabe ainda ressaltar, como mostrado no Capítulo 2, que os percentuais de inclusão em outros países que possuem restrições de inclusão de compensações no mercado regulado geralmente não passam de 10%. **O PL 2.148/2015 e seus apensados<sup>43</sup>, no entanto, preveem que o percentual máximo de aquisições de RVE seria não inferior a 25% do total das emissões que excederem as suas permissões.**

Nesse âmbito do mercado voluntário, é preciso estabelecer medidas de envolvimento e proteção das comunidades tradicionais e dos povos originários, coibindo práticas abusivas e ilegais na geração do crédito.

43. O PL 2.148/2015 apensa os PLs: 10.073/2018; 5.710/2019; 290/2020 e o PL 528/2021.

Para eventuais não cumprimento das obrigações, é também preciso estabelecer as penalidades aplicáveis aos agentes. O PMR assume uma multa de R\$ 100 mil, podendo dobrar em caso de reincidência ou, no máximo, 5% do faturamento anual dos últimos dois anos da empresa responsável pela fonte regulada, ajustados pelo Índice de Preços ao Consumidor Amplo.

Além da multa, sugere-se que a obrigatoriedade de compra do equivalente não cumprido da meta ocorra da seguinte forma gradual: 1. primeiro ano: uma vez a quantidade de créditos que não foi atendida; 2. Segundo e terceiro anos: uma vez e meia a quantidade não atendida; 3. Fases subsequentes: três vezes a quantidade não atendida.

Essa penalidade, no entanto, pode ser considerada branda, especialmente, para as empresas mais poluidoras que poderiam decidir entre comprar as devidas permissões de emissões ou pagar a multa, a depender do preço do crédito e de como será o processo de *compliance*. É preciso, portanto, elaborar um sistema de penalidade que efetivamente desincentive a fraude nos inventários de GEE dos entes regulados ou em outros pontos que afetem o mercado.

O PL 412, por sua vez, prevê a aplicação de: i) advertência; ii) multa; iii) publicação, às expensas do infrator, de extrato da decisão condenatória por dois dias seguidos, de uma a três semanas consecutivas, em meio de comunicação indicado na decisão, nos casos de reincidência de infrações graves; iv) embargo de atividade, fonte ou instalação; v) suspensão parcial ou total de atividade, de instalação e de fonte; vi) restritiva de direitos que podem consistir em, den-

tre outras coisas, perda ou restrição de incentivos ou benefícios fiscais, perda ou suspensão da participação em linhas de financiamento em estabelecimentos oficiais de crédito e proibição de contratar com a Administração Pública.

A multa a ser aplicada será em valor não inferior ao custo das obrigações descumpridas, desde que não supere o limite de 5% (cinco por cento) do faturamento bruto da empresa, grupo ou conglomerado obtido no ano anterior à instauração do processo administrativo, atualizado pela taxa do Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (SELIC), no caso de infrações cometidas por empresas. Para demais pessoas jurídicas ou físicas, a multa poderá ser entre R\$ 50 mil a R\$ 5 milhões.

Como a precificação do carbono pode alterar a estrutura de custos de alguns setores, é preciso que haja um cronograma de uso das receitas auferidas pelo governo após a implementação do sistema de comércio. Em primeiro lugar, é preciso identificar as fontes de receita – como os leilões de permissões, as tributações sobre as negociações no mercado secundário e eventualmente as multas aplicadas. Posteriormente, é preciso estabelecer como o governo fará o uso desses recursos, tanto para manter a governança necessária para o funcionamento do sistema, quanto para compensar eventuais efeitos econômicos adversos da precificação.

Ainda de acordo com o PMR, a prioridade para o uso dos recursos advindos da precificação seria a compensação tributária – ou seja – uma redução de impostos nos setores produtivos. A “segunda priori-

dade” seria a compensação distributiva, dado que a precificação pode fazer com que as famílias de baixa renda arquem com os custos da mitigação, dado que as empresas podem repassar o preço das permissões para os consumidores. O valor a ser distribuído seria o equivalente à receita arrecadada, descontada das compensações fiscais (BANCO MUNDIAL, 2018). De forma oposta: o PL 412, após a operacionalização e manutenção do SBCE, prioriza a utilização dos recursos em atividades de pesquisa e desenvolvimento que busquem novas soluções para a descarbonização nos setores regulados, o apoio à implementação de atividades relacionadas à Política Nacional de Mudança do Clima e, por fim, à compensação pela contribuição dos povos indígenas e povos e comunidades tradicionais para a conservação da vegetação nativa e dos serviços ecossistêmicos.

Como dito, as diversas propostas para o arcabouço legal do mercado de carbono brasileiro abordam os principais mecanismos que um mercado regulado deve possuir. Até a elaboração deste estudo, faltava ainda, uma proposta convergente e a estruturação do como os mecanismos funcionarão, que devem vir, provavelmente, via decreto presidencial.

Nesse sentido, o PL 412 incorporou novas propostas e segue como uma proposta convergente, aprovada com unanimidade no Senado Federal. Dessa forma, como dito anteriormente, espera-se que o foco seja a indústria, regulando as fontes e instalações que emitem acima 25 mil toneladas de CO<sub>2</sub>e ao ano, atingindo cerca de 4 mil empresas. Há ainda a previsão sobre a interoperabilidade entre mercado regulado e voluntário, em que as empresas poderão compen-

sar parte das emissões no mercado voluntário, e um capítulo específico para a salvaguarda de povos indígenas e tradicionais. O Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima, criado pelo Decreto 11.550/2023 segue como órgão deliberativo do SBCE.

A revisão dos principais normativos aprovados ou em tramitação demonstra a importância do tema mercado de carbono para os Poderes Executivo e Legislativo, que em geral trazem os mecanismos necessários para o funcionamento do mercado. Mais do que a presença desses elementos essenciais, no entanto, é preciso pensar em como esses mecanismos funcionarão. Alguns entendimentos já devem estar claros nas fases iniciais como um processo sobre como serão definidos os limites de emissões e as permissões gratuitas, bem como a previsão de sanções aos entes regulados que descumpram a lei. Adicionalmente, é preciso considerar que um registro nacional de emissões demandará um alto custo de implementação e operacionalização, de forma que será preciso buscar formas de financiamento e cooperação técnica para o funcionamento desse sistema (PROLO, 2023).

Ressalta-se que, de forma geral, o desenho, a adoção e a operação de arranjos para a precificação de carbono na América Latina são marcados por consideráveis níveis de aprendizado na prática (*learning by doing*). É importante que governos da região, como o Brasil, reconheçam tal possibilidade e assegurem espaço de manobra para que correções e inovações sejam propostas dentro do arcabouço legal de um instrumento de precificação de carbono (FGV EAESP, 2019).

## 4.1. MENSAGENS-CHAVE

### 1 Princípios e diretrizes gerais para orientar a alocação de permissões

- ▶ Para que o mercado de carbono regulado funcione de forma eficiente, é preciso que diversos mecanismos atuem conjuntamente, de forma a incentivar a redução de emissões pelos agentes regulados, tomando o cuidado para que os setores mais expostos ao comércio exterior não percam competitividade e para que as famílias mais vulneráveis não arquem com o custo da mitigação.
- ▶ Ainda é necessário definir os setores que serão regulados. Das propostas legislativas atualmente em tramitação, os PLs 412 e 2.148 tratam brevemente disso, apenas excluindo o setor de agropecuária do mercado regulado.
- ▶ Dada a falta de dados disponíveis e sua simplicidade, recomenda-se nesta fase inicial no Brasil o critério de *grandfathering*, com alocação gratuita de 50% para todos os setores com risco de competitividade. Para emissões não cobertas pelas alocações gratuitas a alocação seria via leilões, conciliando as emissões com a compra dos direitos de emissão (BANCO MUNDIAL, 2018).

### 2 Práticas de comercialização, penalidades, registro de direitos de emissão, regras financeiras

### e de contabilidade de carbono, padrões de mensuração, reporte e verificação (MRV) e uso de derivativos financeiros:

- ▶ A distribuição dos créditos pode ser realizada por alocações gratuitas juntamente com leilões, podendo os setores não regulados, inclusive instituições financeiras, negociar as permissões no mercado primário (compra nos leilões) e secundário. Para que isso aconteça de forma eficiente, é preciso ainda estabelecer a definição jurídica das permissões para que as regras contábeis e tributárias sejam também aplicadas de acordo com essa definição.
- ▶ O sistema de MRV desempenha papel crucial na integridade do mercado nacional e na conexão entre os diferentes mercados internacionais.
- ▶ A permissão do uso de derivativos financeiros, bem como o das permissões em outros períodos (*banking*) podem aumentar a previsibilidade de preços do mercado, possibilitando a gestão de risco das empresas.

### 3 Sobre a periodicidade da revisão das regras, com critérios nacionais de mitigação:

- ▶ Espera-se que seja estabelecida pelo Plano Nacional de Alocação, que será definido pelo

Poder Executivo, assim como outras regras a serem atualizadas com maior periodicidade.

### 4 Percentual máximo permitido para o uso de créditos de carbono do mercado voluntário (*offsets*):

- ▶ Nota-se alguns elementos presentes nas propostas legislativas que diferem das recomendações técnicas do PMR, como o percentual do uso de *offsets*. Um percentual elevado de créditos do mercado voluntário poderia desincentivar as reduções de emissões dos entes regulados. Adicionalmente, ainda é preciso estabelecer mecanismos para considerar a autonomia dos povos originários em relação aos projetos de carbono do mercado voluntário.

### 5 Identificação do órgão executivo do governo, em nível federal, para implementar e coordenar o marco regulatório:

- ▶ Espera-se que o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima seja o órgão do Poder Executivo a propor e coordenar o marco regulatório, que já está sendo elaborado com a participação de diversos ministérios.
- ▶ É preciso definir quais os demais órgãos reguladores, implementadores e demais órgãos a serem criados para garantir o pleno funcionamento do sistema.



## 5. CUSTOS E IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS DA MITIGAÇÃO EM SETORES SELECIONADOS

Para identificar a viabilidade, custos, oportunidades e opções de políticas públicas para alcance das metas de mitigação de longo prazo no Brasil é fundamental analisar os papéis potenciais de diferentes setores. As simulações realizadas no Projeto PMR mostram que a precificação do carbono é preferencial em setores estratégicos, como combustíveis e processos industriais. Além disso, a maioria dos ETSs em vigor até 2023 no mundo, incluía pelo menos um desses dois setores, e muitos deles abrangiam ambos, principalmente, aqueles em fase inicial de implementação (BANCO MUNDIAL, 2020b).

Em contrapartida, o setor de Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo (AFOLU, na sigla em inglês) raramente é coberto pelos esquemas internacionais de precificação, devido à dificuldade de regulamentação, considerada a grande quantidade de agentes envolvidos. Não obstante, dado o potencial da agricultura de baixo carbono no país, o setor poderia contribuir para um mercado de carbono regulado, atuando como fornecedor de compensações. A regulação deve estar atenta a essas oportunidades. Outro ponto que merece atenção em termos de realização de oportunidades é a regularização fundiária como condição do mercado relacionado a florestas. Com base nisso, esta seção será centrada nos setores da Indústria e Combustíveis.

### 5.1. OPORTUNIDADES E CUSTOS DE ABATIMENTO PARA OS SETORES DE INDÚSTRIA E COMBUSTÍVEIS

O custo marginal de abatimento (CMA) é um conceito comumente utilizado para analisar a viabilidade econômica de projetos de redução de GEE, considerando o custo de redução de uma tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO<sub>2</sub>e) em um projeto ou atividade. Os custos podem ser estimados de duas principais formas. A primeira se baseia em avaliações de projetos de forma individualizada, considerando os custos de investimento e operação, bem como a diferença de emissões correspondentes deste projeto em relação a um cenário de projeto ou atividade contrafactual, que, geralmente, é a tecnologia usualmente utilizada (KESICKI; STRACHAN, 2011). Em geral, essa é a forma em que empresas baseiam suas estratégias de descarbonização, selecionando, prioritariamente, os projetos de menor custo de abatimento e abaixo do preço do carbono em vigor.

A outra forma de estimação dos custos baseia-se em modelos macroeconômicos, que operam com diferentes níveis de precificação de carbono e registram a redução de emissões de CO<sub>2</sub> correspondente, a partir do nível tecnológico, da produtividade agregada e dos custos das tecnologias. Dessa forma, o CMA<sup>44</sup> é, comumente, utilizado em análises de custo-bene-

fício em que as metas de redução de emissões dos países sejam alcançadas com o menor custo. Além disso, **o CMA é o principal balizador das estratégias de negociação de créditos de carbono no âmbito do Acordo de Paris, já que os países devem adotar primeiramente as atividades com menor custo para cumprirem suas NDCs, fazendo uso dos mercados de carbono para subsidiar projetos de maior custo de abatimento.**

Dessa forma, torna-se evidente a importância de se conhecer os custos marginais de abatimento nas diferentes opções de redução de GEE na definição de critérios para um mercado regulado de carbono. Alguns estudos buscam estimar esses custos no cenário nacional, a exemplo do estudo “Opções de Mitigação de Emissões de GEE em Setores-Chave (BRASIL, 2017a)”, que estimou os potenciais custos de abatimento de emissões de GEE por meio de uma análise integrada econômico-energética. Esse estudo serviu de base para a publicação, em 2021, da primeira edição deste relatório partindo de três cenários principais, que se diferem de acordo com as premissas adotadas para as tendências setoriais de desenvolvimento e incorporação tecnológica, preço do carbono e outras políticas públicas até o ano de 2050 (ICC BRASIL; WAYCARBON, 2022). A descrição dos cenários pode ser observada no Quadro 9.

44. O CMA pode apresentar valores negativos ou positivos. No primeiro caso, é um indício de que o projeto é economicamente viável (“no regret investment”), enquanto o segundo caso significa que o projeto não é economicamente atrativo (“climate justified investment”) de acordo com as premissas consideradas na análise. A presença de custos negativos, obtidos de estudos econômicos e de engenharia, podem não ser aplicáveis diretamente na realidade, além de existirem possíveis barreiras que podem não ser bem representadas nas análises, como: i) competição por tecnologias de baixo carbono com outros setores, que pode alterar o preço dessas tecnologias e consequentemente o retorno dos investimentos; ii) adequação dos custos de investimento, operação e manutenção, obtidos na literatura científica, à realidade econômico-tributária do país; iii) impactos de deficiências regulatórias, refletidos em custos de transação não capturados pela metodologia; iv) não aditividade e aplicabilidade de medidas em face de restrições técnico-operacionais; entre outras.

### Quadro 9 - Cenários considerados no estudo Opções de Mitigação

Cenários <sup>45</sup>	Descrição
<b>Cenário de Referência (REF)</b>	Apresenta características de base de mercado, sem maiores mudanças qualitativas e que mantém o ritmo natural de incorporação de tecnologias no setor – manutenção de tendências setoriais e políticas já em curso.
<b>Cenário de Baixo Carbono (BC)</b>	Incorpora programas, políticas públicas, ações e estratégias que podem ser desenvolvidas, em face da disponibilidade comercial e aplicação em âmbito internacional e/ou nacional nos setores, com objetivo de reduzir as emissões de GEE.
<b>Cenário BC+I</b>	Adece às características básicas do cenário BC, com a consideração da entrada de tecnologias de ruptura nos setores. Ou seja, tecnologias que estão tecnicamente desenvolvidas, ou em desenvolvimento, porém proibitivas em função do elevado custo de implementação e de restrições técnicas à difusão.

Fonte: Brasil (2017).



#### 5.1.1. INDÚSTRIA

Os cenários do estudo “Opções de Mitigação” são utilizados para analisar os impactos setoriais da precificação do carbono. Na indústria, os segmentos analisados são: Alimentos e Bebidas; Cerâmica; Cimento; Ferro-gusa e Aço; Ferroligas; Metalurgia de Metais Não Ferrosos; Mineração e Pelotização; Papel e Celulose; Químico; e Têxtil.

De forma geral, o estudo evidencia o baixo desempenho em eficiência energética da indústria brasileira, o que pode representar uma oportunidade de redução de emissões. Entretanto, as emissões até 2030 poderão perdurar por dois motivos: o primeiro está ligado à competitividade da indústria, que deixa pouca mar-

gem para negociação e, portanto, para absorção de custos adicionais; o segundo diz respeito ao uso de equipamentos intensivos em capital e de longa duração, o que retarda a implantação de tecnologias inovadoras de baixa emissão (BRASIL, 2017m).

Os segmentos industriais apresentam um potencial significativo de redução de 387 MtCO<sub>2</sub> no cenário de Baixo Carbono (BC) até 2050 e os resultados indicam que as medidas mais custo-efetivas estão diretamente relacionadas à melhoria da eficiência energética (BRASIL, 2017m). Nesse sentido, as tecnologias que reduzem as emissões ao longo da cadeia produtiva do setor industrial, apesar de terem o ano de 2010 como base, já apontavam para a viabilidade econômica das ações de mitigação. A Tabela 2, ao lado, apresenta os custos e potenciais de abatimento por segmentos da indústria para o cenário BC entre 2010 e 2050 e as opções de mitigação mais representativas.

Tabela 2 - Custos e potenciais totais de abatimento por segmentos da Indústria para o cenário BC entre 2010 e 2050 e opções de mitigação mais representativas por segmento

Segmentos da Indústria	Opções de Mitigação mais representativas	Potencial de Mitigação entre 2010 e 2050 (MtCO <sub>2</sub> e)	Custo de Abatimento (US\$/tCO <sub>2</sub> e)	
		Baixo Carbono (BC)	À taxa de desconto social*	À taxa de desconto de mercado**
<b>Alimentos e bebidas</b>	Recuperação do gás de combustão; melhora do isolamento em caldeiras a gás natural.	24,6	-185 a -31	-94 a -2
<b>Cerâmica</b>	Otimização da combustão em fornos na rota por via seca.	25,3	-263 a 84	6 a 368
<b>Cimento</b>	Adoção do processo de via seca com múltiplos estágios de preaquecedores e pré-calcinadores; uso de carboneto de escória na produção de cimento.	29,1	8	8,74
<b>Ferro-gusa e aço</b>	Aplicação de fornos Scope 21; recuperação de calor sensível no <i>basic oxygen furnace</i> (BOF).	53,9	-	-330 a 150
<b>Ferroligas</b>	Substituição de fornos a arco semicobertos por cobertos; recuperação de calor e monóxido de carbono.	26,1	-667 a -479	-385 a -262
<b>Metalurgia e metais não-ferrosos</b>	Recuperação de calor; isolamento de fornos.	39,4	0 a 326	8 a 374
<b>Mineração e pelotização</b>	Uso de veículos híbridos elétrico-diesel no segmento de extração.	34,7	-286 a -17	-25 a 33
<b>Outras indústrias (cal, gesso, vidro)</b>	Substituição de coque por gás natural no setor de cal.	14,2	-	-54 a 292
<b>Papel e celulose</b>	Aplicação de secadores CondeBelt; utilização de prensas mais eficientes.	16,7	-331 a 930	-88 a 641
<b>Químico</b>	Eficientização de sistemas motores; adoção de gás natural em caldeiras e fornos em substituição a combustíveis mais carbono-intensivos, como coque, carvão, óleo diesel e óleo combustível.	46,7	-70 a 81	-14 a 89
<b>Têxtil</b>	Eficientização da combustão nas caldeiras.	14,7	-1 a 32	11 a 72

Fonte: (BRASIL, 2017a, 2017b, 2017c, 2017d, 2017e, 2017f, 2017g, 2017h, 2017i, 2017j, 2017n, 2017o).

\*Taxa de desconto social equivale a 8% a.a.

\*\*Taxa de desconto de mercado varia entre 15% e 18% a.a., a depender da atividade.

45. Para a construção dos cenários, o estudo Opções de Mitigação de Emissões de GEE em Setores-Chave utiliza o ano-base de 2010. Portanto, é importante considerar que ao longo dos últimos anos, as opções e custos das tecnologias podem ter variado. Isso ocorre devido ao aumento das economias de escala e às variações nos pressupostos de custo, que torna essas tecnologias mais acessíveis. Assim, algumas tecnologias incluídas nos cenários BC e BC+I podem já ser amplamente utilizadas em alguns setores e, conseqüentemente, não contribuir para uma mitigação adicional das emissões.

Destaca-se que, no setor de **Alimentos e Bebidas e Cimento** todas as tecnologias consideradas na modelagem realizada são economicamente viáveis (BRASIL, 2017j, 2017o). Em particular, para o setor cimenteiro, outro estudo aponta que o potencial de redução de emissões no setor poderia resultar na mitigação de cerca de 421 MtCO<sub>2</sub> até 2050 por meio da substituição do clínquer pelo uso de carboneto de escória, da substituição do coque de petróleo por biomassa e resíduos e de medidas de eficiência energética (SNIC, 2019).

Já no setor de **Ferro-Gusa e Aço**, é importante citar que o alto potencial de mitigação das emissões é inferior apenas ao do setor cimenteiro e representa uma redução emissões de 13% até 2050. Cerca de 12% da produção brasileira de ferro-gusa é obtida por meio do uso de carvão vegetal proveniente de florestas plantadas, em substituição ao carvão mineral, um diferencial competitivo do Brasil em relação a outros países no setor siderúrgico (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2021). Ainda há margem para aumentar a produção de ferro-gusa com carvão vegetal e, conforme apontado na revisão do Plano Siderúrgico<sup>46</sup>, a melhoria da conversão da madeira em carvão vegetal, além de ser uma opção para reduzir ainda mais as emissões também promove a redução de custos no setor (IBRAM, 2021).

No entanto, o setor de Metalurgia de Metais Não Ferrosos – que engloba alumínio e demais metais não ferrosos – apresenta alternativas tecnológicas

que não são viáveis economicamente a taxas de desconto de mercado e social (BRASIL, 2017g). Embora o custo dessas tecnologias seja mais elevado, o sub-setor de alumínio se distingue pelo alto índice de reciclagem, vantagem comparativa que resulta em emissões mais baixas em relação a outros países (MMA, 2022). Outro setor com alto índice de reciclagem é o de Cal e Vidro (BRASIL, 2017e). A baixa intensidade tecnológica dos processos produtivos de cal limita a adoção de atividades de baixo carbono. Por outro lado, a maior reciclagem de vidro usado como constituinte da mistura de matéria-prima é uma excelente oportunidade, pois consegue mitigar 1 tCO<sub>2</sub> a cada 6 toneladas de vidro reciclado e utilizado na produção (ABIVIDRO, 2019).

Estudos globais mais recentes, como McKinsey&Company (2022), têm avaliado a implementação de medidas de mitigação, considerando as indústrias de Aço e Cimento. Os caminhos para descarbonização do setor de **Aço** envolvem a substituição dos fornos de oxigênio básico (BOF), que liberam carbono por meio da queima do carvão de coque. Apesar de existirem diversas tecnologias promissoras de alternância, ainda há incertezas quanto a uma rota preferencial. Uma estratégia chave para a descarbonização desse setor seria trocar os altos-fornos (BOF) por fornos elétricos a arco (EAFs) – abastecidos por eletricidade proveniente de fontes neutras em carbono. A matéria-prima para EAFs consiste em aço à base de sucata, o que ajudaria também a reduzir as emissões. Adicionalmente, o gás natural é usado

na maioria dos processos de redução direta do ferro, a substituição do gás natural por hidrogênio verde tornaria esse processo praticamente livre de emissões. Outra opção envolve a aplicação de captura, utilização e armazenamento de carbono (*Carbon Capture Utilization or Storage - CCUS*) em conjunto com técnicas tradicionais de fabricação de aço, ainda que essa abordagem permaneça em estágio iniciais e careça de comprovação de viabilidade econômica (MCKINSEY&COMPANY, 2022).

Segundo o mesmo estudo, a rota de descarbonização para o setor de **Cimento** pode ser menos clara em termos tecnológicos do que em outros segmentos da Indústria. Se utilizadas em conjunto, várias técnicas já estabelecidas teriam o potencial de diminuir as emissões na cadeia produtiva. As medidas de eficiência energética, também consideradas no estudo Opções de Mitigação, seriam concentradas nos fornos, que consomem quase 90% da energia usada na fabricação de cimento. A mudança para combustíveis alternativos, como biomassa, também reduziria as emissões, embora seu uso dependa da disponibilidade e cadeias de suprimentos locais. McKinsey&Company (2022) reforçam o potencial de descarbonização de medidas para substituição do clínquer por materiais que não liberam CO<sub>2</sub><sup>47</sup>. No entanto, considerando que esses pontos trazem uma visão global sobre o setor, é provável que as estratégias convencionais por si só possibilitem que a indústria de cimento contribua com aproximadamente um terço da redução das emissões necessárias para conter o aquecimento

global a 1,5°C em toda a economia. Os autores também citam outras soluções potenciais de abatimento, como o uso de CCUS, abordagens que envolvem tecnologias de reciclagem e a adoção de materiais alternativos de construção<sup>48</sup> em substituição ao cimento tradicional.

Seguindo a mesma linha do estudo “Opções de Mitigação”, porém com premissas distintas, o Centro Clima (2023) avalia a adoção de medidas de mitigação a partir de novos cenários de emissão para o setor industrial brasileiro. O exercício conduzido pelo Centro Clima (2023) simula dois cenários no Brasil até 2050, proporcionando uma estrutura para analisar indicadores setoriais e econômicos em um processo de descarbonização. A descrição dos cenários pode ser observada na Quadro 10.

46. O Plano Setorial de Reduções de Emissões da Siderurgia a Carvão Vegetal foi lançado pelo Governo Federal em 2010, com intuito de promover um conjunto de ações que apoiassem a transição para o cenário de baixas emissões.

47. Pozolanas naturais e calcinadas, ou subprodutos industriais como cinza volante e escória de alto forno (MCKINSEY&COMPANY, 2022).

48. Madeira laminada cruzada, matérias alternativos de isolamento (vidro colorido, vidro duplo, espumas de isolamento) e biocimento (MCKINSEY&COMPANY, 2022).

**Quadro 10 - Cenários considerados no estudo Centro Clima (2023)**

Cenários	Descrição
<b>Cenário de Políticas Atuais (CPS)</b>	Apresenta características de base de mercado, sem maiores mudanças qualitativas e que mantém o ritmo natural de incorporação de tecnologias no setor – manutenção de tendências setoriais e políticas já em curso.
<b>Cenário de Descarbonização Profunda (DDS)</b>	Alcança 0,95 GtCO <sub>2</sub> em 2030, indo além da meta NDC <sup>49</sup> e segue uma trajetória de emissões compatível com o objetivo global de 1,5°C, alcançando emissões líquidas zero em 2050. O cenário considera uma estratégia para retomada do desenvolvimento econômico e social, baseado em duas políticas climáticas: - Redução radical do desmatamento e aumento dos sumidouros de CO <sub>2</sub> ; - Precificação do carbono, aplicada às emissões de GEE provenientes do uso de combustíveis fósseis e processos industriais e uso de produtos.

Fonte: Centro Clima (2023).

No cenário DDS, a implementação de medidas de mitigação tradicionais<sup>50</sup> levaria a uma redução de 34% das emissões entre 2020 e 2050, frente ao cenário CPS. O potencial de abatimento dessas medidas pode alcançar 91 MtCO<sub>2</sub> em 2050 a um preço de carbono inferior a US\$ 20/tCO<sub>2</sub> (CENTRO CLIMA; COPPE/UFRJ, 2023). Essas ações de mitigação englobam diversas estratégias, tais como:

- Significativos **ganhos de eficiência energética**, reduzindo a intensidade energética das indústrias entre 13% e 25% no período de 2020 a 2050, conforme o setor industrial;
- Substituição de combustíveis fósseis por fontes de energias renovável, incluindo o **aumento do**

**uso de carvão vegetal na produção de ferro-gusa e a utilização de madeira e resíduos em fornos de cimento;**

- **Ampliação do uso de cinzas e escória como substitutos do clínquer** na composição do cimento;
- Conclusão quase total da substituição dos hidrofluorocarbonetos (HFCs) por gases com baixo poder de aquecimento global até 2050, com uma redução de 96% em relação às emissões de 2020.

A maior parte das opções de tecnologia tradicionais com potencial de abatimento representativo envolvem a melhoria da eficiência energética na Indústria. Dessa forma, promover ações de eficiência energé-

tica não só auxilia na transformação de processos visando competitividade e sustentabilidade, mas também resulta em múltiplos benefícios para o setor e a sociedade.

A indústria brasileira desempenha um papel fundamental na maximização das oportunidades de eficiência energética viabilizando um aumento da competitividade e impulsionando a inovação tecnológica no uso (energia elétrica e térmica) e na produção de produtos voltados para o mercado de eficiência energética (por exemplo, produtos relacionados a automação industrial e etiquetagem<sup>51</sup>).

Esse setor se torna mais eficiente ao reduzir custos com energia, alcança ganhos de produtividade, melhora a qualidade dos produtos e promove uma gestão mais integrada por meio da gestão de energia, além de obter resultados positivos em outras áreas, contribuindo para a sua imagem institucional. Para a sociedade em geral, a maior eficiência energética traz benefícios como o aumento da segurança energética, a redução da dependência de importação de combustíveis, o adiamento de investimentos em geração elétrica, a diminuição dos impactos ambientais da geração de energia, a redução da poluição local e das emissões de GEE, contribuindo para os compromissos internacionais de combate às mudanças climáticas, além de contribuir para a geração de empregos na indústria e em serviços relacionados à eficiência (EPE, 2020).

No entanto, as alternativas tradicionalmente utilizadas e conhecidas da Indústria para a mitigação de suas emissões apresentam um limite tecnológico e operacional. As possíveis barreiras à adoção dessas tecnologias incorporam: altos custos de capital; assimetria e elevados custos de transação para acesso a crédito; possível conjuntura econômica e setorial recessiva; restrição à instalação pelo *layout* da planta; altos custos de importação; e risco do dimensionamento das tecnologias.

À medida que a Indústria se aproxima dessas barreiras, é necessária a busca por soluções disruptivas de longo prazo. Algumas delas, como o uso de hidrogênio verde e CCUS, já citados anteriormente por McKinsey&Company (2022), surgem como alternativas em quase todos os processos industriais. O hidrogênio verde, por exemplo, pode servir a muitos propósitos, como matéria-prima para a indústria, combustível ou produto químico para armazenamento de energia a longo prazo.

Apesar do nível de maturidade das tecnologias inovadoras, elas ainda costumam ter custos elevados. O CCUS e o hidrogênio na indústria siderúrgica têm custos de carbono acima de US\$ 100/tCO<sub>2</sub>. Outras limitações são a exigência de infraestrutura para transporte e de marcos regulatórios para o setor (CENTRO CLIMA; COPPE/UFRJ, 2023).

49. A segunda atualização da primeira NDC, submetida em 2022, visa reduzir as emissões em 37% em 2025 e 50% em 2030 frente a 2005, indicando o objetivo de longo prazo de alcançar a neutralidade climática em 2050.

50. No cenário DDS foi considerado apenas o uso de tecnologias disponível, no intuito de demonstrar que existe um grande potencial de mitigação a baixos custos no Brasil, mesmo antes da implantação de tecnologias de ruptura. Vale salientar também que as opções de tecnologia mencionadas nos diferentes estudos não podem ser diretamente comparadas, devido à variabilidade das suposições e parâmetros utilizados na construção dos cenários.

51. "A etiquetagem fornece informações sobre o desempenho dos produtos que podem influenciar a escolha dos consumidores que, assim, poderão tomar decisões de compra mais bem informadas e conscientes" (EPE, 2020).

## Box 3

**OPORTUNIDADES NACIONAIS PARA DIRECIONAR A PRODUÇÃO DE H<sub>2</sub>**

O relatório “Hidrogênio Sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira” evidenciou o rápido crescimento do mercado brasileiro de hidrogênio sustentável, impulsionado por empresas privadas estrangeiras interessadas na exportação. No país, estão sendo estruturados vários projetos para aproveitar a competitividade na produção de energia elétrica renovável. Paralelamente, o governo federal lançou o Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2), estabelecendo diretrizes e estratégias para a política setorial (CNI, 2022).

No curto a médio prazo (3 a 5 anos), a produção de hidrogênio de baixo carbono no Brasil oferece oportunidades de negócios e descarbonização em setores industriais como fertilizantes, siderurgia, química, petroquímica e produção de metanol (CNI, 2022).

- Produção de amônia e fertilizantes verdes (curto prazo) - A produção brasileira de fertilizantes não pode competir com produtos importados devido ao alto preço do gás natural local. A produção de amônia a partir de hidrogênio verde em áreas próximas ao agronegócio tem potencial promissor, com demanda já existente no mercado internacional.

- Siderurgia (curto prazo) - O hidrogênio verde pode substituir o coque no processo de produção de ferro-esponja a partir do minério de ferro, reduzindo significativamente as emissões de CO<sub>2</sub> - já há demanda internacional por aço verde. Ademais, o hidrogênio verde e o

carvão mineral podem diversificar a cadeia produtiva do aço, tendo em vista que possibilitam a redução do uso de minério de ferro.

- Produção de metanol para as indústrias química e petroquímica (médio prazo) - A conversão de hidrogênio de baixo carbono em metanol é vantajosa, pois não requer infraestrutura nova e cara, nem enfrenta as dificuldades de segurança associadas ao uso direto de hidrogênio.

Para impulsionar a produção do hidrogênio verde, a *Hydrogen for Net Zero Initiative* (H2NZ) vem buscando, em conjunto com a Verra e com o Gold Standard, desenvolver as primeiras metodologias para o mercado voluntário de carbono passar a gerar créditos a partir da produção do hidrogênio de baixo carbono. Dado que atualmente o custo do hidrogênio verde ainda não é competitivo, é possível que o mercado de carbono desfrute o potencial desse insumo ao destinar recursos para subsidiar sua produção (SOUTH POLE, 2022).

Há, no entanto a ressalva que além da necessidade de redução dos custos de produção, uma barreira a utilização do hidrogênio no Brasil é a falta de arcabouço regulatório apropriado e da infraestrutura requerida pelos elos da cadeia. O esforço regulatório é importante para nortear as políticas de incentivo governamentais e a coordenação do esforço de todos os agentes envolvidos (CNI, 2022).

À medida que as tecnologias tradicionais e disruptivas são adotadas ao longo do tempo, os setores industriais tendem a enfrentar um aumento nos custos, resultante de mudanças nos processos de produção e do aumento dos investimentos de capital. Conforme indicado pela McKinsey&Company (2022), em setores como o Cimento e o Aço, os custos de produção por tonelada produzida poderiam subir cerca de 45% e 30%, respectivamente, até 2050 em comparação com os níveis de 2020. Entretanto, esses acréscimos de custos podem ser reduzidos ao longo do tempo, uma vez que são sensíveis aos ganhos de escala dessas tecnologias e à disponibilidade dos recursos.

Gerenciar esse aumento de custos emergirá como um dos principais desafios para a indústria em geral. Outros fatores podem influenciar as rotas de descarbonização e os resultados operacionais das empresas, incluindo a disposição dos consumidores em pagar um prêmio por produtos de baixa emissão e a dinâmica regulatória que envolve os preços do carbono dentro do país. Dessa maneira, as estratégias setoriais, provavelmente, devem ser moldadas pela implementação de políticas de cunho governamental, como é o caso do ETS nacional e dos CBAMs.

A transição exigirá um esforço conjunto entre reguladores, governos e *stakeholders* da indústria, para reformular a cadeia produtiva, facilitar o acesso ao capital necessário e estimular a demanda. As empresas devem colaborar com os reguladores para garantir suporte financeiro às tecnologias, que não apenas ajudarão a manter empregos locais, mas também a

atender à crescente demanda por produtos de baixa emissão. Além disso, incentivos podem vir do setor financeiro, incluindo investimentos de capital de risco e fundos de *private equity*, a fim de impulsionar a pesquisa e desenvolvimento (P&D) e apoiar a implementação em grande escala (MCKINSEY&COMPANY, 2022).

Do ponto de vista das oportunidades, os produtores que adotarem essas tecnologias de maneira avançada terão uma vantagem competitiva durante a transição para uma economia de baixo carbono. A adoção dessas tecnologias também pode gerar oportunidades em todo o ecossistema, inclusive para empresas que oferecem equipamentos e serviços voltados para implementação das opções de mitigação<sup>52</sup> (MCKINSEY&COMPANY, 2022).

**5.1.2. COMBUSTÍVEIS**

Os cenários desenvolvidos pelo estudo Opções de Mitigação, também avaliam as oportunidades de mitigação no setor de Combustíveis, que incluem tecnologias voltadas para os centros de produção de energia primária, como distribuidoras e importadoras de óleo combustível, gás natural, usinas de carvão mineral e coqueiras. No entanto, é importante ressaltar que não são abordadas opções de mitigação relacionadas ao consumo final de energia (BRASIL, 2017m).

52. Por exemplo, os fabricantes de eletrolisadores podem experimentar uma demanda crescente por seus produtos devido ao papel essencial que desempenham na cadeia de valor do hidrogênio (MCKINSEY&COMPANY, 2022).

Ao todo, o setor de Combustíveis pode reduzir significativamente as emissões de GEE até 2050 a partir da implementação das melhores tecnologias disponíveis no cenário de baixo carbono (BC)<sup>53</sup>, sendo que algumas dessas medidas já estão sendo adotadas

com tecnologias de baixo custo ou até mesmo a custos negativos. A Tabela 3, abaixo, apresenta custos e potenciais de abatimento por segmentos do setor de Combustíveis para o cenário BC entre 2010 e 2050 e suas opções de mitigação mais representativas.

**Tabela 3 - Custos e potenciais de abatimento totais por segmentos do setor de Combustíveis para o cenário BC entre 2010 e 2050 e opções de mitigação mais representativas por segmento**

Segmento de combustíveis	Opções de Mitigação mais representativas	Potencial de Mitigação entre 2010 e 2050 (MtCO <sub>2</sub> e)	Custo de Abatimento (US\$/tCO <sub>2</sub> e)*
		Baixo Carbono (BC)	
Óleo e Gás natural	Instalação de piloto de ignição de flare; instalação de unidades de recuperação de vapor em tanques de armazenamento; inspeção e manutenção de conexões de equipamentos, e melhoria nas selagens e no invólucro dos compressores.	415,0	10 a 50**
Carvão mineral	Remoção de metano do ar de ventilação.	1,5	33
Biocombustíveis	Aumento de geração de energia elétrica nas destilarias a partir do uso de condições mais severas na caldeira (90 bar, 520°C) e do coprocessamento da palha.	35,4	-5,5, em 2030, a -2,3 em 2050

Fonte: (BRASIL, 2017k, 2017l).

\*A fonte referenciada não apresenta a taxa de desconto utilizada para o cálculo dos custos de abatimento das medidas apresentadas.

\*\*No setor de Óleo e Gás natural há muitas as opções de mitigação, sendo assim, a fonte referenciada não especifica o custo de cada uma, apenas adiciona o intervalo por total de medidas.

Observa-se que as medidas de custo intermediário, entre 10 e 50 US\$/tCO<sub>2</sub>, apresentam o maior potencial no segmento de Extração e Produção (E&P). Vale salientar que muitas dessas tecnologias proporcionam economias de combustível e eletricidade para as refinarias, o que torna uma parcela significativa com custo de abatimento nulo ou até mesmo negativo (por exemplo, modernização do sistema de flare). Além dessas opções, destaca-se, no segmento de E&P de óleo e gás natural, entre as mais eficazes, a incorporação da tecnologia “all electric” às novas plataformas marítimas (PETROBRAS, 2021).

Sob uma ótica global, a pesquisa da McKinsey&Company (2022) traz a melhoria da eficiência energética como a saída mais eficaz para redução de emissões no setor de Combustíveis – uma melhora de 10% na eficiência poderia reduzir em quase 4% a intensidade de emissões no segmento de E&P de óleo e gás. Como já citado, a eletrificação do equipamento usado na extração e refino ajudaria a descarbonizar essas atividades. Além disso, os produtores de combustíveis fósseis poderiam gerenciar as emissões fugitivas de metano com equipamentos como unidades de recuperação de vapor e práticas como detecção de vazamento. Como solução importante em processos intensivos em carbono na cadeia de valor é destacada a aplicação de CCUS.

O Centro Clima utiliza os cenários CPS e DDS mencionados na seção anterior para apresentar o potencial de abatimento no setor de Combustíveis, oferecendo uma perspectiva mais atualizada para o Brasil. As

medidas de mitigação propostas têm como objetivo principal reduzir as emissões fugitivas decorrentes da queima de gás no processo de exploração e produção de petróleo, além de minimizar vazamentos em refinarias de petróleo, plantas de processamento de gás natural e reduzir as emissões decorrentes das atividades de mineração, armazenamento e transporte de gás natural. Também é ressaltada a importância de tecnologias que visam reduzir as emissões provenientes de fornos de carvão.

No cenário DDS, essas medidas relacionadas à oferta de energia podem resultar em uma redução de aproximadamente 41 MtCO<sub>2</sub> em comparação ao cenário CPS (CENTRO CLIMA; COPPE/UFRJ, 2023). O potencial para captura de CO<sub>2</sub> de soluções inovadoras, como o CCUS, pode chegar a 32% das emissões do setor energético – cerca de 130 milhões de toneladas por ano (CCS BRASIL, 2023).

Além do potencial de descarbonização do setor de energia, a CCUS pode implicar ainda uma tecnologia de remoção de carbono da atmosfera, quando combinada com energia renovável da biomassa, sendo denominada BECCS<sup>54</sup>. As principais aplicações para BECCS incluem plantas de etanol, plantas de purificação de biogás para obtenção de biometano e usinas termelétricas a biomassa ou biocombustível. O Brasil possui um dos maiores potenciais para a BECCS no mundo devido à sua tradição e participação no mercado de etanol, além do potencial ainda pouco explorado – mas crescente – para o biogás (CCS BRASIL, 2023).

53. “A etiquetagem fornece informações sobre o desempenho dos produtos que podem influenciar a escolha dos consumidores que, assim, poderão tomar decisões de compra mais bem informadas e conscientes” (EPE, 2020).

54. Os processos de CCS quando aplicados à captura de CO<sub>2</sub> gerado por fontes renováveis são chamados de captura em plantas de bioenergia (do inglês, *Biomass Energy with Carbon Capture and Storage* - BECCS).

## Box 4

**PROGRAMA DE CCUS DA PETROBRAS NO PRÉ-SAL**

O programa de captura, uso e armazenamento geológico de CO<sub>2</sub> da Petrobras nos campos do Pré-sal é o maior do mundo em volume reinjetado anualmente. De acordo com o relatório *Global Status of CCS 2021*, a capacidade dos projetos de CCUS em operação é de 36,6 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> por ano. Em 2020, a Petrobras reinjetou 7 milhões de toneladas, representando cerca de 19% do total. A empresa tem aumentado progressivamente o volume de CO<sub>2</sub> reinjetado, atingindo 10,6 milhões de toneladas em 2022.

A tecnologia de CCUS envolve a separação do CO<sub>2</sub> do gás natural, seguida da reinjeção do CO<sub>2</sub> no reservatório. Ao reinjetar o gás, há aumento de eficiência na produção e redução da intensidade de emissões de GEE por barril produzido. Essa solução permite à Petrobras produzir petróleo com relativamente baixa emissão de carbono (PETROBRAS, 2023).

Apesar da crescente literatura, poucos trabalhos estimam os potenciais e custos marginais de abatimento setoriais de forma detalhada. Ainda assim, a partir dos resultados observados, foi possível mapear estratégias de mitigação, identificando o segmento de E&P de óleo e gás como o de maior potencial de redução de emissões no setor de Combustíveis e a importância da aplicação de tecnologias de CCUS nesse processo.

Em um contexto de transição energética, é provável que a procura por combustíveis com alto teor de carbono diminua consideravelmente, enquanto a busca por fontes alternativas de energia limpa aumentaria. Nesse cenário, o setor de E&P de óleo e gás manteria a sua importância no curto prazo como uma âncora para garantir a segurança energética dos países. Mesmo a longo prazo, uma demanda residual por combustíveis fósseis continuaria, especialmente aqueles com menor pegada de carbono ou de maior qualidade, para atender as necessidades de setores que enfrentam dificuldades na descarbonização. A combinação do emprego de tecnologias que aprimoram a eficiência energética e das características físico-químicas do petróleo brasileiro do pré-sal<sup>55</sup> podem posicionar o Brasil de maneira estratégica para suprir essa demanda remanescente e, ao mesmo tempo, reduzir as emissões setoriais (CEBRI *et al.*, 2021).

Ademais, o segmento de produção de biocombustíveis é crucial não só para a descarbonização do setor, mas do país como um todo. Para CEBRI *et al.* (2021), os biocombustíveis associados com o uso CCUS podem configurar uma grande vantagem competitiva do Brasil, especialmente considerando a disponibilidade de terra, os rendimentos agropecuários favoráveis e a experiência doméstica com o tema. Algumas rotas de biocombustíveis avançados e biomassa para a produção de petroquímicos podem contribuir para alcance de metas ambiciosas de redução de emissões<sup>56</sup>.

A alteração na composição do mix de produção energética teria efeitos em cascata sobre outros setores, que vendem produtos cujo uso depende de combustíveis fósseis. Essa observação é importante, pois a adoção das tecnologias de mitigação não deve ocorrer de maneira isolada, mas sim em uma sequência coordenada entre os setores estratégicos. Portanto, os esforços para ampliar a produção de biocombustíveis e adotar tecnologias de baixo carbono no setor de Combustíveis estarão interligados ao aumento dos investimentos de capital nos setores industriais que visam aprimorar a eficiência energética e modernizar a capacidade dos maquinários — essa relação também é válida no sentido inverso.

O setor de Energia apresenta algumas das melhores oportunidades para a criação de valor, considerando as opções de mitigação e o aumento dos investimentos de capital previstos. O estudo da McKinsey&Company (2022) avalia que novas indústrias baseadas em hidrogênio e produção de biocombustíveis podem crescer até dez vezes mais até 2050. No entanto, uma transição de ativos de energia de alta emissão para ativos de baixa emissão deve ser gerenciada com cuidado; caso contrário, os custos energéticos e a volatilidade de preços dos combustíveis podem aumentar, e garantir um suprimento energético confiável pode se tornar um desafio.

A longo prazo, a inovação tem o potencial de acelerar a redução de custos de forma significativa. Uma análise recente indica que os custos de produção de

hidrogênio verde podem diminuir em até 60% entre 2020 e 2030. Nesse ritmo, o hidrogênio verde pode se tornar competitivo em termos de custo com os métodos tradicionais de produção até 2028, especialmente em regiões favoráveis à produção desse tipo de energia (considerando um preço médio de carbono de US\$ 150/tCO<sub>2</sub>e até 2050). A expansão da capacidade de produção de hidrogênio exigiria um aumento do investimento global médio anual de cerca de US\$ 55 bilhões, o que também resultaria na criação substancial de empregos, com um adicional de dois milhões de empregos relacionados aos gastos de capital em infraestrutura até 2050 (MCKINSEY&COMPANY, 2022).

Aumentar a produção de biocombustíveis também demandaria um investimento global médio anual significativo, de cerca de US\$ 175 bilhões. A demanda por biomassa cresceria durante a transição para a neutralidade de emissões, principalmente devido à adoção de biocombustíveis<sup>57</sup>. A expansão dos biocombustíveis também poderia gerar cerca de seis milhões de empregos diretos e indiretos em operações e manutenção até 2050, além de mais dois milhões de empregos relacionados aos gastos de capital ligados à construção de infraestrutura (MCKINSEY&COMPANY, 2022).

No caso do Brasil, um estudo do IPEA (2022) indica que o país já está atraindo um volume significativo de investimentos em projetos de produção de hidrogênio e na implementação do CCUS. A evolução des-

55. Caracterizado por sua densidade média e baixo teor de enxofre.

56. O CCUS acoplado a cadeia de conversão de biomassa podem alcançar emissões negativas (CEBRI *et al.*, 2021).

57. Aliado a isto, questões em jogo incluem a viabilidade da produção de biomassa a partir de resíduos e a disponibilidade de terras adequadas para o cultivo de bioenergia (MCKINSEY&COMPANY, 2022).

ses projetos e de outros que promovem a descarbonização, assim como as flutuações dos custos de produção ao longo do tempo, devem influenciar as decisões tomadas por esses setores e, consequentemente, conduzir o ritmo do país na transição para uma economia de baixo carbono.

## 5.2. IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS DA REGULAÇÃO DE CARBONO

A teoria econômica sugere que a introdução de instrumentos de precificação de carbono possibilita alcançar a melhor relação custo-benefício de uma meta nacional de mitigação. No entanto, no curto prazo, a precificação das emissões de GEE tem o potencial de aumentar custos de produção em setores intensivos em carbono, desencadeando impactos na renda e consumo das famílias, preços, competitividade nacional desses produtos e no PIB (CARVALHO; MAGALHÃES; DOMINGUES, 2022a). Esses impactos podem ser inevitáveis no caminho para uma economia de baixo carbono, sendo necessário analisá-los previamente a fim de minimizá-los.

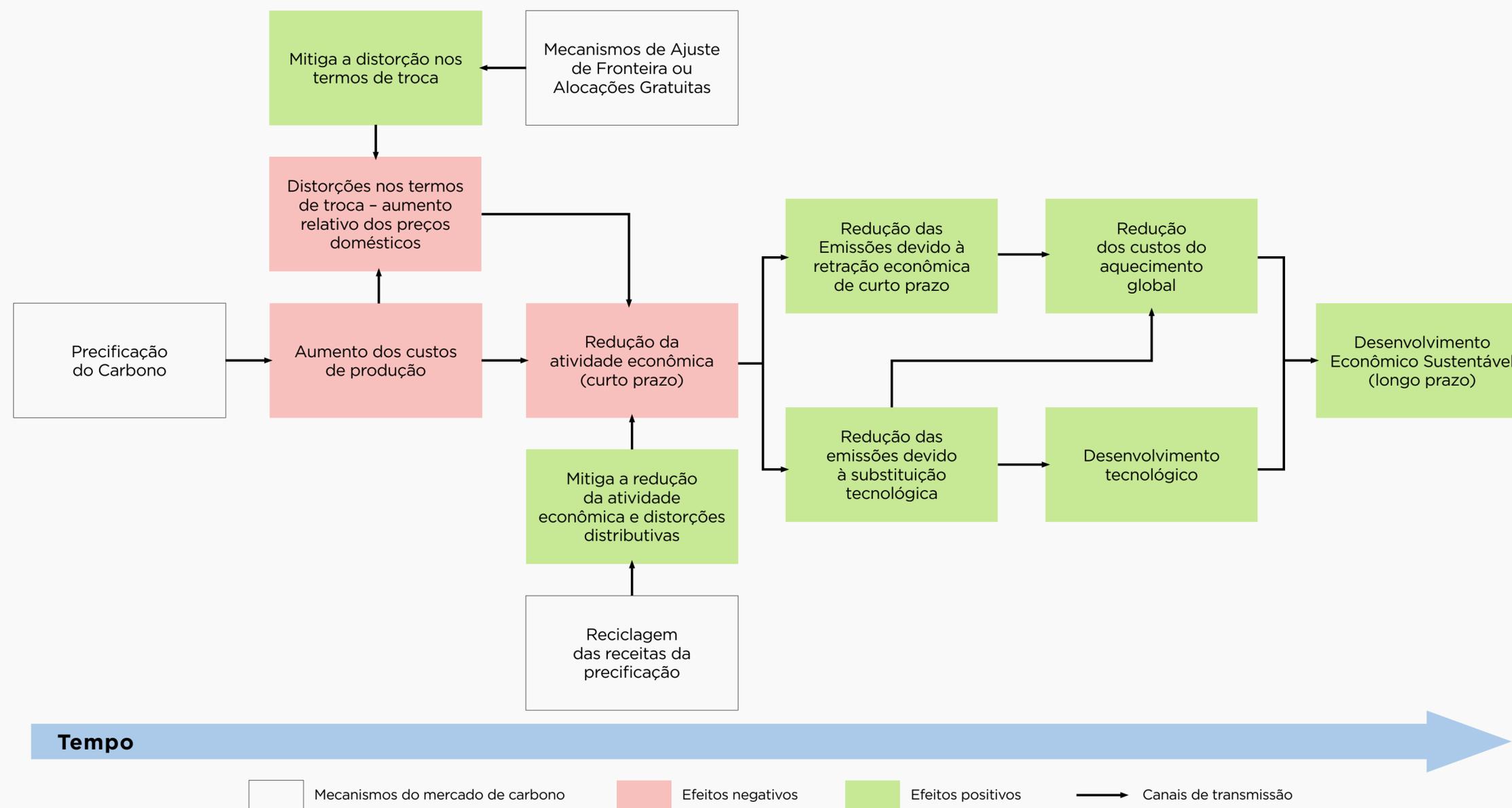
Inicialmente, a internalização do preço de carbono tem um impacto inflacionário, uma vez que os custos de produção aumentam. A resposta setorial a esse aumento de preços tem efeitos encadeados em toda a estrutura produtiva, incluindo mudanças endógenas no uso de insumos e na produção setorial (BRASIL, 2017m). **Esses impactos econômicos de curto prazo geram fortes incentivos para a inovação tecnoló-**

**gica que aumenta a custo-efetividade do controle de emissões, de forma que fique mais barato controlar ou emitir menos por unidade produzida ou consumida** (BANCO MUNDIAL, 2020b). Essas rea-

ções, geradas no curto prazo, podem desencadear, no longo prazo, um atraso tecnológico em economias que retardem a adoção de instrumentos de mercado, já que as opções de mitigação geralmente são inten-

sivas em conteúdo tecnológico. A Figura 7 apresenta um resumo simplificado dos canais de transmissão esperados dos impactos Macroeconômicos de Curto e de Longo Prazo da Precificação do Carbono.

**Figura 7 - Resumo simplificado dos canais de transmissão esperados dos impactos Macroeconômicos de Curto e de Longo Prazo da Precificação do Carbono\***



\* Efeitos esperados da precificação do carbono, mantendo todos os outros fatores que podem afetar o a atividade econômica de curto prazo e o desenvolvimento econômico de longo prazo constantes.

Fonte: Elaboração Própria.

A literatura apresenta diversos resultados em relação a esses impactos (BANCO MUNDIAL, 2020b; CARVALHO; MAGALHÃES; DOMINGUES, 2022b). Os impactos econômicos podem ser considerados negativos para um setor ou grupo de consumidores específicos, mas ser desejáveis do ponto de vista da sociedade como um todo. No entanto, sem eles, não há ajustes na produção e no consumo que viabilizem trajetórias de baixo carbono. Como esses impactos são reflexo das necessidades de ajustes na economia em razão do compromisso de uma meta de controle de emissões, não há como zerá-los, mas, a custo-efetividade dos instrumentos econômicos de precificação permite que eles sejam minimizados (BANCO MUNDIAL, 2020b).

Assim, uma política de precificação de carbono deve ser tratada como parte de uma reforma fiscal mais ampla, incluindo a possibilidade de reciclagem de receitas de carbono. Além da custo-efetividade, uma precificação bem direcionada pode gerar um “duplo dividendo” ao gerar benefícios macroeconômicos líquidos em comparação com um cenário de referência.

Para que isso aconteça, é preciso que as receitas auferidas pelo governo através dos leilões de permissões, da tributação sobre o comércio no mercado secundário e eventualmente com as penalidades aplicadas aos agentes sejam devolvidas à sociedade (reciclas) por meio da redução de impostos ou distribuição direta de renda para as famílias mais vulneráveis.

Em suma, a introdução de mecanismos de precificação permite alcançar as metas nacionais de mitigação com custos menores e pode afetar diferentemente agentes e setores da economia. Os efeitos desses mecanismos podem ser amplificados ou anulados dentro das inter-relações econômicas. Uma melhor compreensão desses impactos pode ajudar a reduzir as incertezas e incentivar investimentos oportunos em tecnologias de baixo carbono em grande escala. Por isso, é útil criar cenários que identifiquem os impactos socioeconômicos da regulação do carbono no Brasil, especialmente em setores que provavelmente estarão sujeitos à regulamentação, como é o caso da Indústria e dos Combustíveis. Esta seção apresenta alguns cenários e resultados encontrados em estudos recentes sobre os impactos da precificação de carbono sobre diferentes agregados econômicos e sociais, como o PIB, o desemprego, os níveis de preços, e a distribuição de renda.

### 5.2.1. IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS DA REGULAÇÃO DE CARBONO NO BRASIL

Os impactos socioeconômicos decorrentes da implementação de um mercado regulado de carbono no Brasil devem ser analisados como desvios em relação a um cenário base em que não haja precificação das emissões de GEE. Esses impactos estão intimamente ligados às suposições adotadas no cenário de referência e, portanto, uma comparação direta dos resultados de diferentes modelos não é recomendá-

vel, uma vez que as hipóteses e limitações consideradas na construção dos cenários podem variar de um modelo para outro. Dessa forma, esta seção faz uma análise específica dos cenários de cada referência.

É importante ressaltar que os modelos não costumam capturar as diferentes nuances trazidas pelos instrumentos de precificação. A implementação de uma tributação ou de um ETS gera impactos socioeconômicos distintos, sendo importante considerar essas particularidades e os objetivos específicos do mercado de carbono regulado no Brasil.

Por meio dos cenários mencionados na seção 5.1, o estudo “Opções de Mitigação” não apenas estimou os custos e potenciais de redução de emissões, mas também avaliou os impactos que as oportunidades de mitigação teriam em diferentes setores econômicos e sociais. O estudo considerou um cenário de referência, que reflete as metas atuais das políticas públicas governamentais, bem como cenários de BC, nos quais são aplicadas as melhores tecnologias disponíveis, com diferentes valores de carbono (BC0, BC25, BC100). A implementação de um cenário que internalize um valor de carbono de 25-100 US\$/tCO<sub>2</sub> teria **baixo impacto nos indicadores de PIB, emprego e renda até 2050**, com uma variação média anual do PIB de -0,10% e -0,83% ao ano. No entanto, os setores de mineração, ferro-gusa e aço, setor elétrico, petróleo e gás seriam significativamente afetados devido à sua interdependência com atividades subsequentes. Por esta razão, este estudo argumenta que mecanis-

mos de reciclagem de receita de carbono são essenciais para contrabalançar o efeito negativo de precificar o carbono (BRASIL, 2017a).

Nessa mesma linha, o Projeto PMR Brasil apresentou diferentes cenários de precificação de carbono no Brasil, que são divididos em um cenário de referência, que reflete a continuação dos padrões e instrumentos vigentes, e outros seis cenários com características distintas de precificação. No principal<sup>58</sup>, o desenho das medidas se adapta às realidades setoriais nacionais, com escopo regulado que inclui a Indústria (diversos segmentos<sup>59</sup>) e Combustíveis (usuários regulados indiretamente, como transportes e geração termelétrica) (BANCO MUNDIAL, 2020b).

Mesmo com a ambição elevada dos cenários de precificação<sup>60</sup>, **não houve prejuízo econômico** em comparação com o cenário de referência. As medidas simuladas possuem características que desempenham o papel esperado, protegendo a competitividade dos setores regulados enquanto são aproveitadas as oportunidades, seja por meio da reciclagem de receitas ou de incentivos à mitigação de baixo custo via compensações.

Dessa forma, em contraste com o estudo “Opções de Mitigação”, os cenários de precificação do PMR Brasil estão associados a efeitos positivos sobre a atividade econômica. Considera-se que, em 2020, o crescimento do PIB é, aproximadamente 2,25% maior em relação ao cenário de referência. Além disso, foi

58. As principais características do cenário principal, denominado “basal”, incluem o uso do ETS como instrumento de precificação, com limiares regulatórios que abrangem estabelecimentos industriais com emissões anuais acima de 25k tCO<sub>2</sub>, bem como todas as distribuidoras e importadoras de combustíveis.

59. Os segmentos considerados foram os da indústria química, papel e celulose, siderurgia, alumínio, cimento, cal, vidro, alimentos e bebidas, têxtil, mineração e cerâmica.

60. As características particulares dos demais cenários de precificação partem de desvios em relação ao cenário “basal”.

observado um aumento de cerca de 1,5 milhão de empregos<sup>61</sup> nestes cenários. Vale ressaltar também que, mesmo com despesas de capital em mitigação evitadas de mais de R\$ 100 bilhões, esses cenários apresentam uma taxa de investimento ligeiramente superior. Apesar do saldo positivo para a economia, o aumento da atividade e o componente de custo gerado pelo preço do carbono têm um **impacto inflacionário** nos cenários de precificação em relação ao de referência, o que se reflete em um saldo menor da balança comercial (BANCO MUNDIAL, 2020b).

Em outro trabalho, o Instituto Talanoa (2021) sugere que o caminho para descarbonização pode ser alcançado com um preço de carbono de 19 US\$/tCO<sub>2</sub>. Nele, são considerados um cenário de referência, com continuidade das políticas em andamento e retomada do crescimento econômico, e cenários de maior ambição, que incluem a precificação do carbono e premissas para atingir a neutralidade climática até 2030<sup>62</sup>.

Os cenários de maior ambição se caracterizam por **níveis mais elevados de preços domésticos**, o que contribui para uma deterioração dos termos de troca e resulta em um déficit maior na balança comercial em comparação com o cenário de referência nos anos de 2025 e 2030. Por outro lado, para esses mesmos períodos, espera-se um PIB marginalmente mais alto (0,04% e 0,30% em 2025 e 2030, respectivamente), uma taxa de desemprego um pouco mais baixa (redução de 0,1 ponto percentual em 2030) e um rendimento médio disponível ligeiramente maior

para a faixa de renda mais baixa (0,07% em 2025 e 0,30% em 2030) (INSTITUTO TALANOA, 2021).

Esses cenários mostram que **a precificação do carbono afeta diretamente os preços** dos derivados de petróleo, levando a um aumento no preço do GLP de R\$ 2,0 e R\$ 3,9 por botijão de 13 kg até 2025 e 2030, respectivamente. A gasolina tende a ser o combustível mais afetado (acréscimo de R\$ 0,07 por litro em 2025 e R\$ 0,15 por litro em 2030), seguida pelo óleo diesel, com aumento de R\$ 0,06 e R\$ 0,13 por litro em 2025 e 2030, respectivamente. Consequentemente, preço do carbono impacta de forma mais expressiva os setores intensivos em carbono e a reciclagem de receitas provenientes da precificação do carbono favorece a geração de empregos, resultando na criação de mais de 150 mil postos de trabalho em comparação com o cenário de referência, principalmente em setores com maior demanda de mão de obra (INSTITUTO TALANOA, 2021).

De acordo com a mesma referência, os cenários de precificação permitem reduzir fortemente as emissões em 2030 e colocar o Brasil na rota para neutralizar as emissões de GEE em 2050, ao mesmo tempo que, graças à reciclagem de receita, mitiga os efeitos adversos da precificação de carbono nas famílias pobres. **Os ganhos de renda disponível das famílias** nesses cenários são significativos em comparação ao cenário de referência, devido a níveis de atividade mais elevados, menores encargos trabalhistas e maiores transferências do governo, que se refletem

em mais empregos e renda mais elevada.

Os impactos econômicos necessários para atingir a meta de redução exigida pelo Acordo de Paris também foram analisados por Carvalho *et al.* (2022). Eles consideram três cenários: um cenário de referência (comando e controle sem negociação), um cenário de mercado amplo (mercado de carbono que engloba todos os setores produtivos) e um cenário de mercado restrito (mercado de carbono apenas em setores selecionados<sup>63</sup>). Com base nessa abordagem, o trabalho identifica que quanto mais setores participam do mercado, menor é a queda no nível de atividade setorial. Isso ocorre porque, ao compartilhar a meta de redução entre eles, os custos são distribuídos.

No entanto, no cenário de mercado mais amplo, a inclusão de setores como agricultura e alimentos tem o potencial de trazer **impactos no consumo das famílias**, significativos no caso das classes de renda mais baixa. Esse efeito regressivo pode ser explicado pelos diferentes padrões de consumo de cada grupo de renda. Produtos desses setores representam uma parcela maior no consumo de famílias de menor renda. Logo, um mercado de carbono regulado amplo, que inclua todos os setores produtivos, pode trazer efeitos distributivos negativos apesar de reduzir o preço do carbono necessário para alcançar a meta de redução, demandando que se estruturam mecanismos de compensação com a inclusão de subsetores da indústria com grande participação na cesta das famílias mais pobres.

É importante, ainda, citar que a inclusão de créditos do mercado voluntário no mercado regulado carrega, além dos créditos de carbono, os impactos socioeconômicos de sua geração. Destaca-se que as comunidades locais de projetos de carbono, principalmente em projetos de soluções baseadas na natureza, frequentemente incluem **populações tradicionais, indígenas, ribeirinhas e quilombolas que são diretamente impactadas** pelos projetos. Para que o impacto seja positivo, essas populações devem participar efetivamente da elaboração de projetos de carbono e tenham o devido reconhecimento (ICC BRASIL; WAYCARBON, 2022).

Embora existam preocupações com os **potenciais impactos regressivos da precificação de carbono**, cenários como o do Banco Mundial (2020b), que incluem apenas os setores da Indústria e Combustíveis, apresentaram impactos sociais positivos. Tanto a renda média real quanto a proporção da renda real disponível dos 20% mais pobres da população brasileira aumentaram e são maiores nos cenários com precificação do que no cenário de referência. Esses resultados podem ser atribuídos a diversos fatores, como o aumento da atividade econômica, a redução do desemprego, a efetividade na alocação das receitas provenientes da precificação de carbono e o fato de que, diferentemente de países desenvolvidos, não há no Brasil uma parcela significativa da renda da população de baixa renda destinada ao aquecimento de moradias, reduzindo eventuais despesas com energia. Além disso, o Brasil possui uma matriz elétrica limpa em comparação aos padrões globais.

61. Os postos de trabalho no estudo do Banco Mundial (2020b) referem-se a empregos de período integral, ou seja, 44h de trabalho semanais.

62. Este preço de carbono é introduzido a partir de um ETS na indústria e um tributo sobre carbono para a queima de combustíveis fósseis nos outros setores. Além disso, assume-se uma taxa anual de Desmatamento Zero em 2030 na Amazônia e Mata Atlântica.

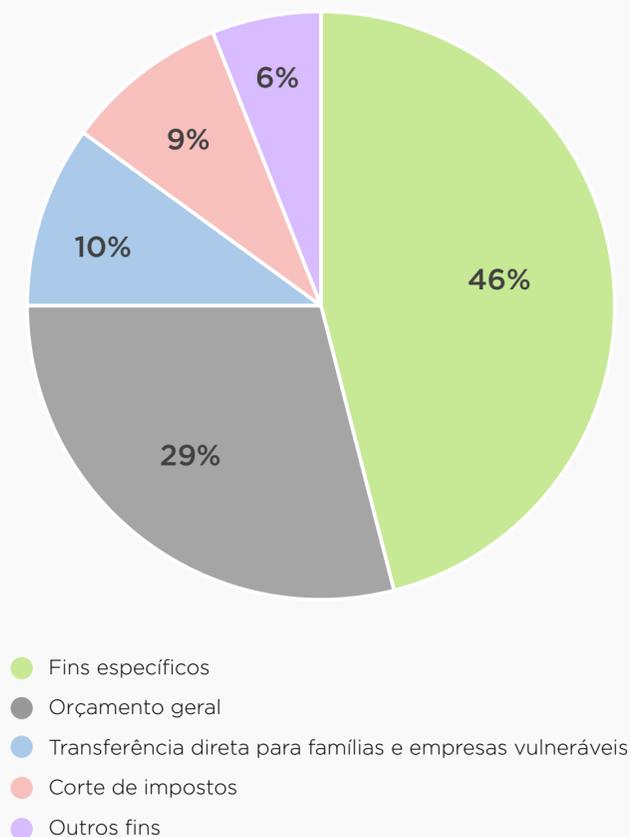
63. Setores de Transportes, Energia Termelétrica, Metalurgia Não-ferrosos e Cimento.

Dessa forma, compreende-se que uma reciclagem eficiente das receitas provenientes da precificação de carbono pode resultar na redução tanto das emissões de gases de efeito estufa quanto das desigualdades sociais (INSTITUTO TALANOA, 2021). Essas receitas podem ser utilizadas de várias formas, seja para investimentos em tecnologias sustentáveis, diminuição de impostos, aumento das transferências de renda à famílias vulneráveis, incremento dos investimentos governamentais, ou até mesmo para o pagamento de dívida do governo.

Na prática, a receita de ETS é frequentemente usada para promover ações climáticas ou para compensar grupos particularmente vulneráveis. Embora algumas jurisdições tenham criado fundos separados para arrecadar e distribuir receitas de leilões de acordo com um plano de investimento abrangente ou prioridades de gastos, as receitas também podem ir para o orçamento geral sem destinação (SANTIKARN *et al.*, 2019). Considerando ETS e tributos sobre o carbono, a maior parte das receitas vai para fins específicos, em particular gastos com tecnologia verde, contribuindo para o aumento da redução de emissões na jurisdição a longo prazo. Esta proporção para fins específicos vem aumentando ao longo dos anos e foi impulsionada pelo aumento da receita no EU ETS, onde a maior parte da receita (mais de 50%) é usada para fins climáticos e relacionados à energia. É relevante ainda a parte das receitas que vai diretamente para famílias e empresas vulneráveis, minimizando os efeitos distributivos negativo da precificação de carbono (BANCO MUNDIAL, 2023a). A Figura 8, ao lado,

apresenta a proporção de cada forma de destinação de receitas.

**Figura 8 - Destinação de receitas de ETS e tributos sobre o carbono em 2021**



Fonte: Elaboração própria com base em Banco Mundial (2023a).

Assim como reciclar as receitas, **umentar a taxa de investimento** como proporção do PIB é uma condição fundamental para alcançar um crescimento econômico sustentado. No caso do Brasil, estima-se que

até 2030, os investimentos de baixo carbono possam adicionar R\$ 2,8 trilhões ao PIB e criar dois milhões de empregos adicionais em comparação ao modelo de desenvolvimento atual (ROMEIRO; GENIN; FELIN, 2021).

Por outro lado, o BANCO MUNDIAL (2023d) estimou que **as necessidades de investimento para ações climáticas** representam aproximadamente 1,2% do PIB brasileiro para o período de 2022 a 2050, sendo cerca de 0,8% do PIB entre 2022 e 2030. A maior parte desses investimentos está relacionada ao sistema de transporte, que requer infraestrutura para a mudança do modal rodoviário para outros meios. Embora haja necessidade de grandes investimentos, esses custos são parcialmente compensados por economias, como a redução das despesas com energia nos transportes e na indústria, a diminuição do congestionamento e da poluição atmosférica. Esses benefícios econômicos representam aproximadamente 0,3% e 0,7% do PIB para os períodos de 2022 a 2030 e 2022 a 2050, respectivamente (BANCO MUNDIAL, 2023d).

No entanto, haverá **maiores necessidades de investimento público** relacionadas à transição, compensação e gastos sociais. Durante o período de 2022 a 2050, os gastos sociais para facilitar a transição dos trabalhadores e comunidades afetadas são de R\$ 700 milhões para o setor de carvão e R\$ 550 milhões para o setor de gás, sendo esses valores reduzidos devido ao pequeno número de trabalhadores nessas áreas. No mesmo período, os custos de compensação para os proprietários de ativos não são significativos para a única usina a carvão mineral que precisa

ser desativada antes do final de sua vida útil (R\$ 1,9 bilhão), mas são muito altos para as usinas a gás (R\$ 217 bilhões). O alto custo de desativação das usinas a gás entre 2022 e 2050 se deve, em grande parte, ao plano de construção de novas usinas nos próximos anos<sup>64</sup> (BANCO MUNDIAL, 2023d).

Para atender às maiores necessidades de investimento em infraestrutura e gastos sociais em um contexto fiscal limitado e com pressão decorrente do envelhecimento da população, é essencial criar um ambiente propício (certeza regulatória e segurança jurídica) para **atrair investimentos privados em um desenvolvimento resiliente e de baixo carbono**. A estratégia climática do país deve contar com múltiplas fontes de financiamento, como o redirecionamento de gastos públicos e a utilização estratégica de oportunidades de financiamento climático (BANCO MUNDIAL, 2023d). No setor energético, ainda existem subsídios significativos que incentivam atividades carbono-intensivas e economicamente ineficientes. Segundo o Instituto de Estudos Socioeconômicos (Inesc), a renúncia fiscal do governo foi de R\$ 99,39 bilhões em 2019 para combustíveis fósseis, o equivalente a 1,36% do PIB do mesmo ano (INESC, 2020). No caso do carvão mineral para a geração termelétrica no Sul do país, os subsídios atingiram quase R\$ 1 bilhão em 2020, e foram prorrogados até 2040. Os incentivos para a geração de energia a carvão mineral poderiam ser redirecionados para apoiar a transição para fontes de energia limpa, reduzindo a carga fiscal sobre o setor público (BANCO MUNDIAL, 2023).

64. Outras necessidades de transição, como a reciclagem profissional ou a requalificação dos trabalhadores afetados na agricultura ou na indústria, não foram estimadas.

Em síntese, os cenários de precificação permitem economias importantes em termos de investimentos em mitigação – por otimizar a ordem de entrada das opções de mitigação – e diminuem distorções causadas por outros impostos, permitindo um maior dinamismo da economia, maior PIB e um mercado de trabalho mais aquecido.

A maioria dos estudos sobre os possíveis impactos de um mercado regulado de carbono no Brasil salienta a importância de uma alocação eficiente e do uso adequado das receitas provenientes dos instrumentos de precificação como estratégia para mitigar efeitos regressivos sobre a renda e sustentar benefícios econômicos de longo prazo. Isto inclui a introdução de programas de transferência de renda e os incentivos para a adoção de tecnologias mais eficientes e limpas (BANCO MUNDIAL, 2020b).

### 5.2.2. IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS DA REGULAÇÃO DE CARBONO EM SISTEMAS IMPLEMENTADOS

Os impactos socioeconômicos da precificação do carbono dependem do desenho de cada sistema. Muitas jurisdições já introduziram a precificação, algumas há anos, como a União Europeia com o EU ETS. Juntamente com a literatura empírica, suas experiências fornecem lições úteis para orientar a implementação de um mercado brasileiro. A maioria das jurisdições adotou uma abordagem gradual na implementação do comércio de emissões, com o preço do carbono começando em níveis baixos, possivelmente refletindo a incerteza quanto aos seus impac-

tos (SHANG *et al.*, 2023).

Conforme mencionado no item 5.2 deste relatório, **um dos principais efeitos a curto prazo é o aumento dos preços**. Assim, o ônus da precificação do carbono pode ser repassado aos produtores e consumidores por meio de preços mais altos. Ganapati, Shapiro e Walker (2020) concluíram que, em média, 70% das mudanças nos custos de insumos causadas pelo aumento dos preços de energia são repassados aos consumidores no curto e médio prazo. No caso do EU ETS, Fabra e Reguant (2014) relataram que os custos do mercado são quase totalmente repassados aos preços.

As evidências dos sistemas já implementados sugerem também que os **efeitos adversos sobre os grupos de baixa renda**, via aumento dos preços ao consumidor, podem ser mitigados destinando as receitas geradas pela precificação a políticas de auxílio e compensação a esses grupos (BOWEN, 2011; BARANZINI, 2017; SAGER, 2019; DORBAND *et al.*, 2019).

Quanto aos impactos sobre os empregos, os resultados de um modelo Equilíbrio Geral Computável aplicado ao ETS da China mostram que o ETS **umenta a taxa de desemprego no curto prazo, mas ela tende a diminuir no médio ou longo prazo**. O ETS proporciona a diminuição de emprego nos setores que consomem muita eletricidade, incluindo a produção de carvão mineral e petróleo, manufatura, mineração, construção, transporte e setores de serviços. Em contraste, proporciona o aumento do emprego no setor de eletricidade pela transição energética e em setores de produção de agricultura, água, calor e gás, uma

vez que esses setores são complementares aos setores de eletricidade ou não têm uso intensivo de carbono (CHEN; WANG, 2023). Há, portanto, uma transição de vagas de emprego de setores mais intensivos em carbono para setores menos intensivos.

As perdas e ganhos de emprego podem ser traduzidas em transição de trabalho, envolvendo a movimentação de trabalhadores entre habilidades, função, empresas, setores e geografias. O estudo da McKinsey&Company (2022) sugere um aumento líquido de cerca de 15 milhões de empregos associados a mudanças na atividade econômica de sistemas específicos de energia e uso da terra decorrentes da transição. Análises históricas também reconhecem que o uso de novas tecnologias normalmente cria muito mais empregos do que destrói. Isso inclui novos empregos em ocupações que não podiam ser vislumbradas no início.

Muitos estudos sobre precificação de carbono **não encontraram evidências de impacto negativo no desempenho econômico das empresas reguladas e na competitividade** (DECHEZLEPRÊTRE; NACHTIGALL; VENMANS, 2018; JARAITE; MARIA, 2016; LÖSCHEL; LUTZ; MANAGI, 2019; RICHTER; MUNDACA, 2013; VERDE, 2020). Pelo contrário, alguns observaram um impacto positivo no desempenho econômico das empresas reguladas pelo EU ETS, especialmente durante a sua Fase I (ALVES; RODRÍGUEZ; ROSETA-PALMA, 2011; LÖSCHEL; LUTZ; MANAGI, 2019). Esses resultados podem ser explicados pela alocação excessiva de permissões de emissão, o que resultou em uma queda nos preços, e pela capacidade das empresas de repassar os custos aos

consumidores em certos setores. Esses fatores permitiram até a geração inesperada de lucros em algumas empresas (JOLTREAU; SOMMERFELD, 2019).

Para ajudar a mitigar os efeitos regressivos da precificação do carbono, avaliam os diferentes canais de impacto e seus atributos com base em evidências disponíveis. Os autores sugerem que as medidas para conter impactos distributivos de consumo devem se concentrar inicialmente nos efeitos a curto e médio prazo, a fim de obter apoio político e proteger o bem-estar dos mais vulneráveis. A longo prazo, a melhoria da eficiência energética e a transição para fontes de energia com menor intensidade de carbono incentivadas pela precificação podem ajudar a mitigar o aumento dos custos de produção e a inflação ao consumidor (ACEMOGLU *et al.*, 2012).

Sager (2019) argumenta que o **impacto socioeconômico de qualquer esquema de precificação de carbono depende do uso das receitas**. Raymond (2019) aponta a importância de utilizar as receitas para promover benefícios públicos tangíveis, amplamente distribuídos e facilmente reconhecidos, além de adotar usos apropriados de acordo com as circunstâncias locais. Como dito no item 2.2, os instrumentos de precificação de carbono geraram US\$ 95 bilhões de receitas nas jurisdições que os adotaram em 2022 (BANCO MUNDIAL, 2023a).

Os ETS geralmente produzem proporcionalmente menos receitas do que tributos sobre o carbono, apesar de terem uma cobertura mais ampla, mas se a distribuição das permissões for feita por meio de leilões completos, seu fluxo de receita seria maior,

podendo até ser semelhante a um imposto direto (CARL; FEDOR, 2016).

Apenas uma parte dos sistemas de precificação implementados destina alguma parcela das receitas diretamente às famílias pobres (CARL; FEDOR, 2016). No EU ETS, as estimativas indicam que a precificação do carbono tem efeitos neutros ou até mesmo progressivos para a maioria dos Estados membros da UE, mas o efeito para a região como um todo tende a ser regressivo, principalmente devido às diferenças entre os países (FEINDT *et al.*, 2021). Com isso, novas regulamentações sobre o uso das receitas foram incorporadas a um amplo conjunto de propostas lançadas pela Comissão Europeia por meio do pacote “Fit for 55”<sup>65</sup>, no qual é previsto a criação do *Fundo Social para o Clima*.

Em outros sistemas de comércio de emissões, apenas alguns países implementaram medidas de apoio às famílias mais vulneráveis, em parte devido aos níveis muito baixos de precificação em alguns deles (China, Colômbia e África do Sul). Em compensação, quase todos incluem medidas para atenuar o impacto sobre as empresas, tais como corte de impostos (Colúmbia Britânica), isenções (Colômbia, França e África do Sul), permissões de emissões gratuitas (Califórnia) e baixas taxas iniciais de tributo sobre o carbono (Cingapura e Suécia) (SHANG *et al.*, 2023).

Ademais dos impactos socioeconômicos, para determinar a **eficácia do comércio de emissões em termos de redução de emissões**, é crucial avaliar os

resultados dos mercados em andamento, mesmo considerando a falta de uniformidade e a dificuldade de acesso aos dados. No que se refere às instalações cobertas pelo EU ETS, observa-se uma redução de cerca de 41% nas emissões entre 2005 e 2022, de acordo com a Comissão Europeia. No caso da Nova Zelândia, a quantidade de emissões relatadas no ETS tem se mantido relativamente estável desde 2015, enquanto na Coreia do Sul foi observada uma redução na intensidade de carbono das entidades reguladas nos setores de manufatura e construção, mas não no setor energético (EUROPEAN COMMISSION 2019; ICAP, 2021). Entretanto, é difícil determinar qual parte desses resultados é atribuível ao ETS, devido aos inúmeros fatores que influenciam os níveis de emissão e à falta de dados confiáveis para comparar as emissões atuais. A complexidade de eventos de crise (como a pandemia de Covid-19 e a Guerra da Ucrânia) também dificulta a compreensão da longevidade de seus impactos.

Além disso, políticas relacionadas ao EU ETS podem ter um impacto econômico nos países em desenvolvimento. Como já mencionado, a implementação do CBAM pode afetar as exportações de vários desses países, causando um impacto significativo em suas economias. No entanto, como o objetivo desse mecanismo é incentivar processos de produção mais limpos, a União Europeia afirma estar pronta para colaborar com países de baixa e média renda na descarbonização de suas indústrias manufatureiras, fornecendo a assistência técnica necessária.

### 5.2.3. PONTOS DE ATENÇÃO PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM MERCADO REGULADO NO BRASIL

O impacto da precificação de carbono no Brasil sobre os diferentes estratos de renda da sociedade vai depender dos setores produtivos que serão cobertos e, principalmente, da destinação das receitas provenientes desse mercado. O uso das receitas de carbono pode ser direcionado para aumentar o investimento público, reduzir impostos aplicados aos agentes privados, aumentar as transferências de renda ou para o reembolso da dívida pública. A longo prazo, o aumento dos investimentos em infraestrutura e em tecnologias mais eficientes e limpas deve garantir o crescimento econômico sustentado.

Embora a destinação das receitas seja importante, a maneira como essas receitas serão gerenciadas e utilizadas a longo prazo é ainda mais fundamental – é preciso garantir que seja realmente eficaz na mitigação de emissões e na minimização dos impactos socioeconômicos. E, independentemente do direcionamento das receitas de carbono, a qualidade desse gasto público requer à estruturação, racionalização e priorização de eficiência. Para que isso aconteça, a entidade responsável pelo mercado deve assumir um papel de liderança na mensuração dos resultados e análise dos impactos da política pública, seja ela qual for. Antes de avaliar as medidas necessárias para mitigar os possíveis impactos socioeconômicos de um mercado regulado de carbono, é preciso lidar com os

desafios de sua implementação. Neste tópico, dois pontos merecem atenção:

**1. Complexidade dos instrumentos de negociação:** a implementação de infraestruturas para negociação e gestão dos créditos de carbono pode ser muito complexa, o que requer um sistema financeiro robusto;

**2. O papel engajador do setor público:** o setor público deve atuar para criar um consenso e contornar potenciais resistências políticas de setores que podem se opor à implementação do mercado de carbono, especialmente aqueles que veem isso como um ônus econômico.

Por fim, antes mesmo da implementação, é fundamental que os setores público e privado estejam alinhados em prol de estratégias de descarbonização que favoreçam o crescimento sustentado da economia brasileira. Para que isso aconteça, cabe ao governo fornecer transparência e propor um cronograma claro para a implementação faseada do ETS, com marcos específicos para avaliar o progresso e a eficácia das ações.

65. O pacote de propostas visa proporcionar um quadro coerente e equilibrado para alcançar os objetivos climáticos da União Europeia, e que: assegure uma transição equitativa e socialmente justa; mantenha e reforce a inovação e a competitividade da indústria da União Europeia; e apoie a posição de liderança da União Europeia na luta mundial contra as alterações climáticas.

### 5.3. MENSAGENS-CHAVE

#### 1 O objetivo de estimar os custos e potenciais de abatimento:

- ▶ A estimativa dos custos e potenciais de abatimento é essencial para analisar a viabilidade econômica de projetos de redução de GEE e identificar oportunidades de mitigação em setores selecionados. Com base nos custos marginais de abatimento, é possível avaliar as opções de menor custo para alcançar metas de mitigação de longo prazo.

#### 2 Oportunidades para os setores da Indústria e Combustíveis em um mercado regulado:

- ▶ Os setores Industrial e de Combustíveis têm um papel estratégico na descarbonização da cadeia produtiva brasileira. Ambos são abrangidos pela maioria dos ETSs em vigor até 2023 e têm maior probabilidade de serem cobertos por um mercado de carbono regulado no país.
- ▶ A Indústria pode adotar medidas de eficiência energética com potencial significativo para reduzir as emissões de GEE a custos de abatimento negativos. No setor de Combustíveis, as oportunidades de mitigação incluem a adoção de tecnologias mais

eficientes em várias etapas da cadeia de produção, com ações capazes de aumentar a eficiência operacional e reduzir as emissões a baixo custo ou também a custos negativos.

- ▶ Superar barreiras de entrada e buscar soluções mais disruptivas, como o uso de hidrogênio verde e CCUS, é necessário para se alcançar metas setoriais mais ambiciosas no longo prazo.

#### 3 Impactos socioeconômicos da precificação de carbono no Brasil:

- ▶ Em termos de modelagem, os cenários de precificação de carbono apontam para um baixo impacto nos indicadores macroeconômicos, principalmente quando associados a mecanismos de reciclagem de receitas.
- ▶ A precificação pode afetar diretamente os preços da produção de setores intensivos em carbono, causando um efeito distributivo negativo sobre a renda quando todos os setores são incluídos. No entanto, ao incluir apenas setores estratégicos, esse efeito pode ser revertido ou até gerar impactos positivos sobre a renda.
- ▶ Para sustentar os potenciais impactos positivos e mitigar os negativos, é necessário alocar receitas de forma efetiva e justa. Para

tal, faz-se necessário estudar a eficiência de diferentes formas de reciclagem de receitas na minimização dos impactos da implementação de um ETS nacional sobre a população brasileira. Dentre as possíveis alternativas, considera-se incentivos para adoção de tecnologias limpas e eficientes, a diminuição de impostos, apoio à famílias vulneráveis, o incremento dos investimentos governamentais, entre outras.

#### 4 Lições aprendidas dos sistemas implementados:

- ▶ Não há consenso sobre os impactos socioeconômicos da precificação em sistemas implementados, pois eles dependem das características específicas de cada instrumento, das condições socioeconômicas do país, e das condições de operação dos setores regulados.
- ▶ A experiência empírica comprova que o ônus da precificação do carbono pode ser repassado ao produtor e ao consumidor através de preços, afetando mais intensamente os grupos de renda mais baixa. Observa-se também uma transição de postos de trabalho de setores mais intensivos em carbono para setores menos intensivos.
- ▶ Apesar da importância de se reciclar a receita para mitigar os efeitos regressivos

da precificação do carbono, apenas algumas jurisdições têm adotado medidas de apoio às famílias mais vulneráveis.



## 6. RECOMEN- DAÇÕES

Com base no levantamento teórico e empírico realizado ao longo do estudo e nas tendências apontadas nas seções de mensagens-chave de cada capítulo, entende-se que há diversos pontos de atenção que o governo brasileiro deve considerar para estabelecimento de um mercado de carbono no Brasil e o setor privado em relação ao impacto de um mercado nacional e mecanismos de ajuste de fronteira internacionais. Assim, o estudo apresenta as seguintes recomendações com o potencial de minimizar impactos negativos e impulsionar o mercado nacional.

### 6.1. AO GOVERNO

As recomendações ao governo vão no sentido de aumentar a ambição climática do país, buscando evitar possíveis efeitos regressivos sobre as populações mais vulneráveis e viabilizar uma transição justa para a economia de baixo carbono.

#### PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO ETS BRASILEIRO:

1. **Garantir uma consulta transparente e aberta aos entes a serem regulados e instituições com conhecimento técnico sobre mercados de carbono para a concepção das regras do mercado de carbono brasileiro** durante o processo de elaboração pelo governo.
2. **Implementar um sistema de precificação de carbono regulado (ETS) que garanta que**

**haja isenção ou redução das taxas impostas pelo EU CBAM para os produtos exportados**, o que pode resguardar a competitividade em relação ao mercado internacional.

3. **Definir a instituição que será responsável pela operacionalização do ETS**, se um ministério ou órgão independente a ser criado, assim como outras instituições que poderão ter participação na operacionalização do sistema, como agências reguladoras e implementadoras.
4. **Definir a natureza jurídica das permissões de emissões a serem transacionadas no ETS** para que haja segurança jurídica e previsibilidade tributária para os agentes regulados e outros agentes envolvidos. Essa definição é fundamental ao estabelecer qual será a entidade regulamentadora do mercado, que abordará as questões técnicas e procedimentais relacionadas à criação desse ambiente de comercialização.
5. **Estabelecer fases para a implementação do ETS** de forma a:
  - 5.1. **Iniciar a implementação regulando os setores de combustíveis e indústria e ampliar o número de setores regulados.** Para aumentar a ambição de redução de emissões, distribuir os custos setoriais e mitigar a queda no nível de atividade setorial, a cobertura setorial do mercado deve ser mais ampla nos próximos períodos.

**5.2. Reduzir gradativamente o cap do ETS** de forma a aumentar a ambição climática e apoiar o direcionamento dos investimentos para a neutralidade climática na escala e no ritmo necessários.

**5.3. Incluir, inicialmente, compensações domésticas no ETS brasileiro dos tipos de projeto que forem elegíveis** a fim de reduzir custos de conformidade das empresas, incentivar a descarbonização em outros setores, minimizando, assim, o impacto na mitigação de emissões dos setores regulados.

**5.4. Reavaliar periodicamente os impactos do ETS a fim de garantir a efetividade da política de precificação de carbono** considerando a revisão do sistema e, quando será feita, caso necessário, a inclusão de mais setores, a redução do cap, maior restrição do uso de compensações e alteração do uso de receita.

### 6. Conciliar as alocações gratuitas e por meio de leilões considerando:

- 6.1. **A adoção do critério de grandfathering, para alocação gratuita de 50% para todos os setores com risco de competitividade;**
- 6.2. **E um percentual de alocação por leilões pensado de forma a arrecadar receitas** que possam potencializar ações de mitigação de emissões e minimizar os impactos socioeconômicos da implementação do ETS, tais como o aumento do preço dos insumos que deve ser repassado ao consumidor final.

As permissões vendidas nos leilões devem ter um preço mínimo para que o incentivo à descarbonização seja mantido.

## 7. Reciclar eventuais receitas de forma efetiva e justa a fim de compensar o efeito distributivo negativo sobre a renda da população e em setores que terão a competitividade afetada pelo mecanismo de precificação e para investimentos em descarbonização ou projetos de P&D.

Deve-se estudar os possíveis usos das receitas, priorizando, no longo prazo, o aumento do incentivo para a adoção de tecnologias mais eficientes limpas e embasadas com metas e métricas robustas de avaliações de desempenho e de efetividade por meio da reciclagem de receita, pode ajudar a mitigar o aumento dos custos de produção e, conseqüentemente, a inflação ao consumidor. Essa destinação de recursos deve ainda buscar catalisar o investimento privado.

## 8. Estabelecer um sistema de penalidades firmes para desincentivar possíveis fraudes, considerando, inclusive, que os agentes regulados estimarão o *trade-off* entre pagar as multas ou pagar pelas permissões de emissão.

## 9. Quanto à inclusão de compensações:

**9.1. Estudar os tipos de projetos de carbono que serão elegíveis à inclusão dos créditos, como *offsets*, no mercado regulado de carbono brasileiro,** considerando a não inclusão de tipos de projetos que possam

inundar o mercado e prejudicar as transações de permissões e a efetiva redução de emissões do sistema.

**9.2. Ter como critério de inclusão de compensações projetos que beneficiem e contem com a ativa participação das comunidades locais** - populações tradicionais, indígenas, ribeirinhas e/ou quilombolas - incluindo compartilhar receitas e geração de renda.

## OUTRAS RECOMENDAÇÕES AO GOVERNO:

**1. Implementar, simultaneamente à adoção da precificação de carbono, um sistema de MRV robusto para registro e acompanhamento dos resultados de mitigação para atendimento à NDC e que se integre a outros sistemas,** tais como dos programas e políticas públicas ligados ao avanço dos diferentes setores em relação às metas estipuladas pela NDC, do ETS e das transações a serem realizadas no âmbito do Artigo 6, a fim de fornecer dados que orientem a estratégia nacional de atuação em mercados de carbono. Este sistema, além de ser pré-requisito para o funcionamento do ETS, pode comprovar menor intensidade de carbono de seus produtos exportados em relação a concorrentes internacionais. Essa estratégia permitiria ao Brasil se preparar melhor para lidar com as exigências impostas pelo EU CBAM.

**2. Apoiar e direcionar o setor privado em sua descarbonização** para que empresas brasileiras não percam competitividade internacionalmente uma vez que seus concorrentes, que estão, atualmente, sob regulações mais restritas quanto ao impacto climático de suas atividades, vêm priorizando este processo. Este apoio pode ser feito por meio de associações de classe setoriais, como as Federações das Indústrias Estaduais e Federação Brasileira de Bancos (FEBRABAN).

**3. Empenhar-se em cumprir o compromisso de zerar o desmatamento ilegal e em reduzir o desmatamento legal no país,** dada a representatividade de suas emissões para o país e a não inclusão do setor florestal no ETS brasileiro, como um setor regulado, trazendo entre suas ações o estabelecimento de definições claras para que as Unidades Federativas (UFs) sejam capazes de realizar projetos de desmatamento evitado a nível jurisdicional.

**4. Posicionar-se para que a Organização Mundial do Comércio (OMC) garanta regras claras no que se refere à mensuração igualitária da intensidade de carbono dos produtos e de seus processos produtivos, para que sejam levados em consideração diferentes rotas produtivas e a realidade de cada país, bem como a matriz elétrica.** Isso protegeria os setores nacionais em relação a fuga de carbono, traria melhores resultados das pegadas dos produtos exportados, além de assegurar a vantagem competitiva do Brasil no que diz respeito à sua matriz elétrica mais limpa;

**5. Ao se discutir a metodologia de cálculo das emissões conforme as diretrizes do CBAM da União Europeia, é fundamental ampliar a abordagem para incluir não apenas as emissões diretas, mas também considerar as remoções de carbono provenientes da implementação sustentável de florestas.** No contexto brasileiro, onde empresas verticalizadas utilizam tais florestas de maneira res-

ponsável para setores como siderurgia a carvão vegetal, papel e celulose, pisos e painéis, é crucial que a metodologia reconheça essa contribuição positiva para um balanço de carbono mais completo. Portanto, recomenda-se que a avaliação das emissões incorpore tanto as remoções de carbono quanto as emissões diretas, promovendo práticas industriais sustentáveis e avançando em direção a metas de redução global das emissões de carbono.

## 6. Apoiar a desburocratização e a simplificação dos processos de transação assim como implementar tecnologia digital para os processos de MRV e de certificação de créditos de carbono.

**7. Viabilizar uma série de medidas institucionais importantes para o mercado voluntário de carbono** afim de facilitar a interação deste mercado com o mercado regulado brasileiro e internacional no âmbito do Artigo 6 e apoiar o uso de créditos de carbono no processo de descarbonização de empresas brasileiras:

**7.1.** Definir a natureza jurídica do crédito de carbono e os papéis de Instituições Financeiras e da entidade reguladora do ativo crédito de carbono. Ademais, criar uma infraestrutura de negociação, bem como escriturar e criar códigos identificadores para os créditos.

**7.2.** Fomentar o potencial de desenvolvimento do mercado voluntário de carbono considerando que seus projetos podem cola-

borar com a equidade social e equilíbrio ecológico gerado pela proteção da biodiversidade, o acesso equitativo ao desenvolvimento sustentável e a erradicação da pobreza e a justiça climática, em harmonia com o Acordo de Paris e a Convenção do Clima.

**7.3.** Fortalecer os corpos técnicos do governo nos temas de projetos de carbono, participação da comunidade local nesses projetos, REDD+ e REDD+ Jurisdicional por exemplo.

**8. Dado o planejamento para o cumprimento da NDC, estabelecer a estratégia de venda de créditos por meio dos mecanismos do Artigo 6,** considerando a interação entre os mercados regulado e voluntário no Brasil.

## 6.2. AO SETOR PRIVADO

Com o objetivo de fortalecer os mercados de carbono nacionais e apoiar empresas exportadoras de produtos potencialmente afetados por mecanismos de ajuste de fronteira e de setores a serem regulados no ETS brasileiro, elaborou-se as recomendações apresentadas a seguir.

- 1. Priorizar a descarbonização considerando como uma estratégia urgente a ser implementada, independentemente e paralelamente ao processo de criação de um mercado regulado no Brasil,** com o objetivo de não perder competitividade internacionalmente considerando que seus concorrentes estão avançando nesta agenda devido às regulações mais restritivas a que estão submetidos.
- 2. Elaborar inventário de gases de efeitos estufa (GEE) e calcular a pegada de carbono dos produtos produzidos** como a primeira etapa do diagnóstico do perfil de emissões das empresas. Os cálculos e monitoramento devem ser continuamente aprimorados.
- 3. Ampliar o esforço de redução e remoção das emissões de GEE investindo no desenvolvimento tecnológico e na inovação,** conforme preconizado por iniciativas como as Metas Baseadas na Ciência (SBTi), visando contribuir para o desenvolvimento sustentável e evitar a perda de competitividade de seus produtos

internacionalmente com a implementação do EU CBAM e outros mecanismos de ajuste de fronteira que possam surgir.

- 4. Fortalecer o envolvimento do setor financeiro para aumentar a liquidez do mercado e as possibilidades de financiamento e mecanismos financeiros para projetos de descarbonização.** A precificação quantifica economicamente a vantagem de reduzir emissões e, portanto, contribui na avaliação de risco de crédito desses projetos. Se as permissões de emissões puderem ser usadas como garantias dos financiamentos, há a possibilidade de se reduzir o custo de crédito para projetos de descarbonização. Outros **mecanismos financeiros devem ser desenvolvidos para reduzir o custo de capital dos entes regulados.**
- 5. Defender a redução do desmatamento legal e do desmatamento ilegal zero no país e a expansão do reflorestamento** considerando sua representatividade das emissões de gases de efeito estufa do setor florestal no todo, uma vez que cada vez mais parceiros comerciais estão fazendo exigência nesse sentido.
- 6.** Aos atores da oferta de créditos de carbono, visando à inclusão de **compensações no mercado regulado brasileiro, investir em projetos de carbono que incluam a participação e gerem renda para populações indígenas e tradicionais** diretamente afetadas diretamente pelas atividades dos projetos conside-



rando sua histórica contribuição para a preservação ambiental garantindo que tenham alternativas economicamente viáveis para manter a floresta em pé e a sua cultura.

O estabelecimento de um mercado regulado no Brasil é urgente considerando a crise climática e a nova dinâmica de importações e exportações que vem se desenhando com mecanismos de ajuste de fronteira. Esse mercado tem o potencial de colocar o país num caminho de descarbonização mais rápido e coerente com as expectativas de ambição climática. Espera-se que, em breve, estabeleçam-se diretrizes que apoiem sua implementação e orientem empresas dos setores a serem regulados. Ademais, em nível nacional, há expectativas de definições que apoiem a atuação no mercado voluntário favorecendo seu crescimento e, em nível internacional, aguardam-se atualizações quanto à operação dos mecanismos do Artigo 6. Assim, considerando as mudanças nas dinâmicas de mercados de carbono no Brasil que vem acontecendo atualmente, recomenda-se o contínuo desenvolvimento de estudos na área dos mercados de carbono com o propósito de fomentar e comunicar sua evolução.

# 7. REFERÊNCIAS

ABIVIDRO. **Vidro: o resíduo infinitamente reciclável**, 2019. Disponível em: <https://abividro.org.br/2019/02/07/vidro-o-residuo-infinitamente-reciclavel/>. Acesso em: 19 jun. 2023.

ACEMOGLU, D.; AGHION, P.; BURSZTYN, L.; HEMOUS, D. **The Environment and Directed Technical Change**, v. 102, n. 1, AMERICAN ECONOMIC REVIEW, p. 131-66, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1257/aer.102.1.131>. Acesso em: 22 jun. 2023.

ACWORTH, W.; SCHAMBIL, K.; BERNSTEIN, T. **Market Stability Mechanisms in Emissions Trading Systems**, 2020. Disponível em: <https://icapcarbonaction.com/en/publications/market-stability-mechanisms-emissions-trading-systems>. Acesso em: 11 set. 2023.

ALVES, M. R.; RODRÍGUEZ, M.; ROSETA-PALMA, C. **Sectoral and regional impacts of the European carbon market in Portugal**. Energy Policy, v. 39, n. 5, Elsevier, p. 2528-2541, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.02.018>. Acesso em: 22 jun. 2023.

ASIAN DEVELOPMENT BANK. **Emissions trading schemes and their linking - challenges and opportunities in Asia and the Pacific**, 2016. Disponível em: <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/182501/emissions-trading-schemes.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2023.

AYLOR, B.; GILBERT, M.; LANG, N.; MCADOO, M.; ÖBERG, J.; PIEPER, C.; SUDMEIJER, B.; VOIGT, N. **How an EU Carbon Border Tax Could Jolt World Trade**, 2020. Disponível em: <https://www.bcg.com/publications/2020/how-an-eu-carbon-border-tax-could-jolt-world-trade>. Acesso em: 20 jul. 2023.

BANCO MUNDIAL. **COMPONENT 1 OF THE PMR IMPLEMENTATION PHASE: Produto 5 - Executive Summary recommendation of CPIs**, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/pmr/componente-1/produto-5-sumex-recommendation-of-cpis.pdf/view>. Acesso em: 31 jul. 2023.

BANCO MUNDIAL. **Síntese das análises e resultados do Projeto PMR Brasil. Grupo Banco Mundial e Ministério da Economia**, 2020a. Disponível em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/pmr/relatorio-sintese-pmr.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2023.

BANCO MUNDIAL. **Aspectos jurídicos para marco regulatório de um Sistema de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil**: Partnership for Market Readiness. Brasil: Banco Mundial, 2020b. Disponível em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/pmr/juridico/analise-juridico-regulatoria-sce.pdf/view>. Acesso em: 8 maio. 2023.

BANCO MUNDIAL. **State and Trends of Carbon Pricing 2023**, 2023a. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10986/39796>. Acesso em: 31 maio. 2023.

BANCO MUNDIAL. **Carbon pricing is critical to scaling up climate action**, 2023b. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/programs/pricing-carbon>. Acesso em: 16 jun. 2023.

BANCO MUNDIAL. **Carbon Pricing Dashboard**, 2023c. Disponível em: [https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map\\_data](https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data). Acesso em: 15 jun. 2023.

BANCO MUNDIAL. **Brazil Country Climate and Development Report**, 2023d. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/a713713d-0b47-4eb3-a162-be9a383c341b>. Acesso em: 12 set. 2023.

BANCO MUNDIAL, P. for M. **Carbon Leakage: Theory, Evidence and Policy Design**, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1596/K8516>. Acesso em: 16 ago. 2023.

BAO, Q.; TANG, L.; ZHANG, Z.; QIAO, H.; WANG, S. **Impacts of Border Carbon Adjustments on China's Sectoral Emissions: Simulations with a Dynamic Computable General Equilibrium Model**. China Economic Review, v. 24, n. 1, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.2139/ssrn.1990237>. Acesso em: 20 jul. 2023.

BARANZINI, A.; VAN DEN BERGH, J. C.; CARATTINI, S.; HOWARTH, R. B.; PADILHA, E.; ROCA, J. **Carbon pricing in climate policy: seven reasons, complementary instruments, and political economy considerations**. v. 8, WIREs Clim Change, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/wcc.462>. Acesso em: 22 jun. 2023.

BEZERO CARBON. **Non-permanence**, 2022. Disponível em: <https://bezzerocarbon.com/insights/bezero-carbon-risk-factor-series-non-permanence/>. Acesso em: 4 jul. 2023.

BÖHRINGER, C.; CARBONE, J. C.; RUTHERFORD, T. F. **Embodied Carbon Tariffs. ZenTra - Center for Transnational Studies**, v. 25, p. 1-44, 2014. Disponível em: <https://ideas.repec.org/p/zen/wpaper/25.html>. Acesso em: 20 jul. 2023.

BOWEN, A. **The case for carbon pricing. Policy Brief**, Grantham Research, 2011. Disponível em: <http://environmentportal.in/files/file/the%20case%20for%20carbon%20pricing.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2023.

BRASIL. **Lei 12187 de 29 de dezembro de 2009**, 2009. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm). Acesso em: 7 jul. 2023.

BRASIL. **Parecer de Plenário ao Projeto de L No 2.148, de 2015. (Apensados: PLs no 10.073/2018, 5.710/2019, 290/2020 e 528/2021)**, 2022a. Disponível em: [https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra?codteor=2173673](https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=2173673). Acesso em: 8 maio. 2023.

BRASIL, D. O. da U. **DECRETO No 11.550, DE 5 DE JUNHO DE 2023**, 2023a. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-11.550-de-5-de-junho-de-2023-488175975>. Acesso em: 19 jun. 2023.

BRASIL, M. da F. do. **Grupo de Trabalho interministerial conclui proposta para o sistema brasileiro de comércio de emissões**, 2023b. Disponível em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/assuntos/noticias/2023/junho/grupo-de-trabalho-interministerial-conclui-proposta-para-o-sistema-brasileiro-de-comercio-de-emissoes>. Acesso em: 2 ago. 2023.

BRASIL, M. da C., Tecnologia e Inovações. **Opções de Mitigação de Emissões de GEE em Setores-Chave**, 2017a. Disponível em: [https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/-SEPED/clima/opcoes\\_mitigacao/Opcoes-de-Mitigacao-de-Emissoes-de-Gases-de-Efeito-Estufa-GEE-em-SetoresChave-do-Brasil.html](https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/-SEPED/clima/opcoes_mitigacao/Opcoes-de-Mitigacao-de-Emissoes-de-Gases-de-Efeito-Estufa-GEE-em-SetoresChave-do-Brasil.html). Acesso em: 30 jun. 2023.

BRASIL, M. da C., Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor têxtil**. p. 125, 2017b. Disponível em: [https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/projeto\\_opcoes\\_mitigacao/publicacoes/Setor-Industrial\\_Textil.pdf](https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/projeto_opcoes_mitigacao/publicacoes/Setor-Industrial_Textil.pdf). Acesso em: 30 jun. 2023.

BRASIL, M. da C., Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de papel e celulose**. p. 121, 2017c. Disponível em: [https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/opcoes\\_mitigacao/Opcoes\\_de\\_Mitigacao\\_de\\_Emissoes\\_de\\_Gases\\_de\\_Efeito\\_Estufa\\_GEE\\_em\\_SetoresChave\\_do\\_Brasil.html#:~:text=O%20Projeto%20%2D%20Op%C3%A7%C3%B5es%20de%20Mitiga%C3%A7%C3%A3o,auxiliar%20a%20tomada%20de%20decis%C3%A3o](https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/opcoes_mitigacao/Opcoes_de_Mitigacao_de_Emissoes_de_Gases_de_Efeito_Estufa_GEE_em_SetoresChave_do_Brasil.html#:~:text=O%20Projeto%20%2D%20Op%C3%A7%C3%B5es%20de%20Mitiga%C3%A7%C3%A3o,auxiliar%20a%20tomada%20de%20decis%C3%A3o). Acesso em: 30 jun. 2023.

BRASIL, M. da C., Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor químico**. p. 171, 2017d. Disponível em: [https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/opcoes\\_mitigacao/Opcoes\\_de\\_Mitigacao\\_de\\_Emissoes\\_de\\_Gases\\_de\\_Efeito\\_Estufa\\_GEE\\_em\\_SetoresChave\\_do\\_Brasil.html#:~:text=O%20Projeto%20%2D%20Op%C3%A7%C3%B5es%20de%20Mitiga%C3%A7%C3%A3o,auxiliar%20a%20tomada%20de%20decis%C3%A3o](https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/opcoes_mitigacao/Opcoes_de_Mitigacao_de_Emissoes_de_Gases_de_Efeito_Estufa_GEE_em_SetoresChave_do_Brasil.html#:~:text=O%20Projeto%20%2D%20Op%C3%A7%C3%B5es%20de%20Mitiga%C3%A7%C3%A3o,auxiliar%20a%20tomada%20de%20decis%C3%A3o). Acesso em: 30 jun. 2023.

BRASIL, M. da C., Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de outras indústrias**. p. 79, 2017e. Disponível em: [https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/opcoes\\_mitigacao/Opcoes\\_de\\_Mitigacao\\_de\\_Emissoes\\_de\\_Gases\\_de\\_Efeito\\_Estufa\\_GEE\\_em\\_SetoresChave\\_do\\_Brasil.html#:~:text=O%20Projeto%20%2D%20Op%C3%A7%C3%B5es%20de%20Mitiga%C3%A7%C3%A3o,auxiliar%20a%20tomada%20de%20decis%C3%A3o](https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/opcoes_mitigacao/Opcoes_de_Mitigacao_de_Emissoes_de_Gases_de_Efeito_Estufa_GEE_em_SetoresChave_do_Brasil.html#:~:text=O%20Projeto%20%2D%20Op%C3%A7%C3%B5es%20de%20Mitiga%C3%A7%C3%A3o,auxiliar%20a%20tomada%20de%20decis%C3%A3o). Acesso em: 30 jun. 2023.

BRASIL, M. da C., Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de mineração e pelotização**. p. 105, 2017f. Disponível em: [https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/projeto\\_opcoes\\_mitigacao/publicacoes/Setor-Industrial\\_Minerao.pdf](https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/projeto_opcoes_mitigacao/publicacoes/Setor-Industrial_Minerao.pdf). Acesso em: 18 jun. 2023.

BRASIL, M. da C., Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de metalurgia de metais não ferrosos**. p. 111, 2017g. Disponível em: [https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/opcoes\\_mitigacao/Opcoes\\_de\\_Mitigacao\\_de\\_Emissoes\\_de\\_Gases\\_de\\_Efeito\\_Estufa\\_GEE\\_em\\_SetoresChave\\_do\\_Brasil.html#:~:text=O%20Projeto%20%2D%20Op%C3%A7%C3%B5es%20de%20Mitiga%C3%A7%C3%A3o,auxiliar%20a%20tomada%20de%20decis%C3%A3o](https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/opcoes_mitigacao/Opcoes_de_Mitigacao_de_Emissoes_de_Gases_de_Efeito_Estufa_GEE_em_SetoresChave_do_Brasil.html#:~:text=O%20Projeto%20%2D%20Op%C3%A7%C3%B5es%20de%20Mitiga%C3%A7%C3%A3o,auxiliar%20a%20tomada%20de%20decis%C3%A3o). Acesso em: 18 jun. 2023.

BRASIL, M. da C., Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de ferroligas**. p. 93, 2017h. Disponível em: [https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/projeto\\_opcoes\\_mitigacao/publicacoes/Setor-Industrial\\_Ferroligas.pdf](https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/projeto_opcoes_mitigacao/publicacoes/Setor-Industrial_Ferroligas.pdf). Acesso em: 18 jun. 2023.

BRASIL, M. da C., Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de ferro-gusa e aço**. p. 167, 2017i. Disponível em: [https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/opcoes\\_mitigacao/Opcoes\\_de\\_Mitigacao\\_de\\_Emissoes\\_de\\_Gases\\_de\\_Efeito\\_Estufa\\_GEE\\_em\\_SetoresChave\\_do\\_Brasil.html#:~:text=O%20Projeto%20%2D%20Op%C3%A7%C3%B5es%20de%20Mitiga%C3%A7%C3%A3o,auxiliar%20a%20tomada%20de%20decis%C3%A3o](https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/opcoes_mitigacao/Opcoes_de_Mitigacao_de_Emissoes_de_Gases_de_Efeito_Estufa_GEE_em_SetoresChave_do_Brasil.html#:~:text=O%20Projeto%20%2D%20Op%C3%A7%C3%B5es%20de%20Mitiga%C3%A7%C3%A3o,auxiliar%20a%20tomada%20de%20decis%C3%A3o). Acesso em: 18 jun. 2023.



CNI, C. N. da I. **Hidrogênio Sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira**, 2022. Disponível em: [https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer\\_public/e8/29/e829e13b-ba12-4a76-9fe2-a60116e76d7d/hidrogenio\\_sustentavel\\_web.pdf](https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/e8/29/e829e13b-ba12-4a76-9fe2-a60116e76d7d/hidrogenio_sustentavel_web.pdf). Acesso em: 20 jun. 2023.

CVM, C. D. V. M. **Resolução CVM 175**, 2022. Disponível em: <https://conteudo.cvm.gov.br/legislacao/resolucoes/resol175.html>. Acesso em: 1 ago. 2023.

DECHEZLEPRÊTRE, A.; NACHTIGALL, D.; VENMANS, F. **The joint impact of the European Union emissions trading system on carbon emissions and economic performance**. OECD Economics Department Working Papers, No. 1515, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/4819b016-en>. Acesso em: 22 jun. 2023.

DI PIETRO, M. S. Z. **Enciclopédia Jurídica da PUCSP**, 2017. Disponível em: <https://enciclopediajuridica.pucsp.br/verbete/86/edicao-1/principio-da-legalidade>. Acesso em: 6 jul. 2023.

DORBAND, I. I.; JAKOB, M.; KALKUHL, M.; STECKEL, J. C. **Poverty and distributional effects of carbon pricing in low- and middle-income countries – A global comparative analysis**. World Development, v. 115, p. 246–257, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.11.015>. Acesso em: 22 jun. 2023.

ECOINVENT. **The Ecoinvent Database**, 2023. Disponível em: <https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/data-releases/>. Acesso em: 20 jul. 2023.

ECOSYSTEM MARKETPLACE. **What does the Article 6 Rulebook mean for REDD+?** 2021. Disponível em: <https://www.ecosystemmarketplace.com/articles/what-does-the-article-6-rulebook-mean-for-redd/>. Acesso em: 20 jun. 2023.

EPE, E. de P. E. **Roadmap de Ações de Eficiência Energética: Propostas de Medidas no Setor Industrial Brasileiro**, 2020. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-518/Caderno%20Roadmap%20A%C3%A7%C3%B5es%20de%20Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica%20na%20Ind%C3%BAstria\\_final%2004112020.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-518/Caderno%20Roadmap%20A%C3%A7%C3%B5es%20de%20Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica%20na%20Ind%C3%BAstria_final%2004112020.pdf). Acesso em: 20 jun. 2023.

EPE, E. de P. E. **Balanco Energético Nacional 2022**, 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022>. Acesso em: 20 jul. 2023.

EPE, E. de P. E. **ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE ENERGIA ELÉTRICA 2023**, 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Fact%20Sheet%202023%20-%20Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20EI%C3%A9trica.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2023.

EPE, E. de P. E.; IEA, I. E. A. **A indústria de Papel e Celulose no Brasil e no Mundo**, 2022. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-650/Pulp%20and%20paper\\_EPE+IEA\\_Portugu%C3%AAs\\_2022\\_01\\_25\\_IBA.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-650/Pulp%20and%20paper_EPE+IEA_Portugu%C3%AAs_2022_01_25_IBA.pdf). Acesso em: 11 set. 2023.

ESTEVAM, C. G.; LIMA, C. Z.; PAVÃO, E. de M.; ASSAD, E. D.; PINTO, T. P. **Potencial de Mitigação de Gases de Efeito Estufa das Ações de Descarbonização da Produção de Soja até 2030**, 2022. Disponível em: [https://eesp.fgv.br/sites/eesp.fgv.br/files/2022.02.16\\_-\\_potencial\\_de\\_mitigacao\\_de\\_gases\\_de\\_efeito\\_estufa\\_das\\_acoes\\_de\\_descarbonizacao\\_da\\_soja\\_ate\\_2030.pdf](https://eesp.fgv.br/sites/eesp.fgv.br/files/2022.02.16_-_potencial_de_mitigacao_de_gases_de_efeito_estufa_das_acoes_de_descarbonizacao_da_soja_ate_2030.pdf). Acesso em: 13 jul. 2023.

EUROPEAN COMMISSION. **Carbon Border Adjustment Mechanism**, 2023. Disponível em: <https://taxation-customs.ec.europa.eu/system/files/2023-05/20230510%20CBAM%20factsheet.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2023.

EUROPEAN COMMISSION. **DECISÃO DELEGADA (UE) 2019/ 708 DA COMISSÃO - de 15 de fevereiro de 2019 - que complementa a Diretiva 2003/ 87/ CE do Parlamento Europeu e do Conselho no respeitante à determinação dos setores e subsectores considerados expostos ao risco de fuga de carbono no período de 2021 a 2030**. Jornal Oficial da União Europeia, n. L 120, p. 20–26, 2019. Disponível em: [https://eur-lex.europa.eu/eli/dec\\_del/2019/708/oj](https://eur-lex.europa.eu/eli/dec_del/2019/708/oj). Acesso em: 26 set. 2023.

EUROPEAN COMMISSION. **Infografia - Objetivo 55: Reforma do Sistema de Comércio de Licenças de Emissão da EU**, 2022. Disponível em: <https://www.consilium.europa.eu/pt/infographics/fit-for-55-eu-emissions-trading-system/>

EUROSTAT. **Database - Eurostat**, 2023. Disponível em: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>. Acesso em: 20 jul. 2023.

FABRA, N.; REGUANT, M. **Pass-Through of Emissions Costs in Electricity Markets**. American Economic Review, v. 104, n. 9, p. 2872–99, 2014. Disponível em: <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.104.9.2872>. Acesso em: 22 jun. 2023.

FATTOUH, B.; MAINO, A. **Article 6 and Voluntary Carbon Markets**, 2022. Disponível em: <https://a9w7k6q9.stackpathcdn.com/wpcms/wp-content/uploads/2022/05/Insight-114-Article-6-and-Voluntary-Carbon-Markets.pdf>. Acesso em: 31 maio. 2023.

FEINDT, S.; KORNEK, U.; LABEAGA, J. M.; STERNER, T.; WARD, H. **Understanding regressivity: Challenges and opportunities of European carbon pricing**. Energy Economics, v. 103, Elsevier, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105550>. Acesso em: 22 jun. 2023.

FGV EAESP. **Simulação de sistema de comércio de emissões - relatório final do ciclo 2018**, 2019. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/30593/simulacao-2018-relatorio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 ago. 2023.

GALDI, G.; VERDE, S. F.; BORGHESI, S.; FÜSSLER, J.; JAMIESON, T.; SOINI, M.; WIMBERGER, E.; ZHOU, L. **Emissions trading systems with different offsets provisions: implications for linking**: Florence School of Regulation, 2022. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1814/73628>. Acesso em: 1 jun. 2023.

GANAPATI, S.; SHAPIRO, J. S.; WALKER, R. **Energy Cost Pass-Through in US Manufacturing: Estimations and Implications for Carbon Taxes**. American Economic Journal: Economia Aplicada, v. 12, n. 2, p. 303-42, 2020. Disponível em: <https://www.aeaweb.org/articles/pdf/doi/10.1257/app.20180474>. Acesso em: 22 jun. 2023.

GAROFALO, D. F. T.; NOVAES, R. M. L.; PAZIANOTTO, R. A. A.; MACIEL, V. G.; BRANDÃO, M.; SHIMBO, J. Z.; FOLEGATTI-MATSUURA, M. I. S. **Land-use change CO2 emissions associated with agricultural products at municipal level in Brazil**. Journal of Cleaner Production, v. 364, Elsevier, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132549>. Acesso em: 20 jul. 2023.

GHG PROTOCOL. **Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard**. Greenhouse Gas Protocol, 2011. Disponível em: [https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Product-Life-Cycle-Accounting-Reporting-Standard\\_041613.pdf](https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Product-Life-Cycle-Accounting-Reporting-Standard_041613.pdf).

GOLD STANDARD. **FAQS - Glossary - Site tutorial**. In: Gold Standard. 2022. Disponível em: <https://globalgoals.goldstandard.org/faqs-glossary/#glossary>. Acesso em: 8 abr. 2022.

GUSMÃO, F.; CARLONI, F. B. B. A.; WILLS, W.; NETTO, M.; LUDENA, C. **Estudos sobre Mercado de Carbono no Brasil: Análise da Alocação de Permissões**, 2015. Monografia No 309 - Banco Interamericano de Desenvolvimento, Washington DC., 2015. Disponível em: <file:///C:/Users/Carolina%20Souza/Downloads/Estudos-sobre-Mercado-de-Carbono-no-Brasil-An%C3%A1lise-da-Aloca%C3%A7%C3%A3o-de-Permiss%C3%B5es.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2023.

HOF, A.; DEN ELZEN, M.; ADMIRAAL, A.; ROELFSEMA, M.; GERNAAT, D. E. H. J.; VAN VUUREN, D. P. **Global and regional abatement costs of Nationally Determined Contributions (NDCs) and of enhanced action to levels well below 2 °C and 1.5 °C**. Environmental Science & Policy, v. 71, Elsevier, p. 30-40, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.02.008>. Acesso em: 18 ago. 2023.

IBA, I. B. de Á. **Um setor que planta 1,5 milhão de árvores todos os dias**. Revista O Papel, p. 28, 2022. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/noticias/22-10-14-opapel.pdf>. Acesso em: 11 set. 2023.

IBRAM. **Programa Siderurgia Sustentável permite que o carvão vegetal seja o principal combustível de grandes siderúrgicas**. In: IBRAM, 2021. Disponível em: <https://ibram.org.br/noticia/siderurgias-utilizam-carvao-vegetal-como-principal-combustivel/>. Acesso em: 18 jun. 2023.

ICAP. **Mapa do ETS ICAP**, 2021. Disponível em: <https://icapcarbonaction.com/en/ets>. Acesso em: 27 set. 2023.

ICAP. **Emissions Trading Worldwide: Status Report 2023. Berlin: International Carbon Action Partnership**, 2023a. Disponível em: [https://icapcarbonaction.com/system/files/document/ICAP%20Emissions%20Trading%20Worldwide%202023%20Status%20Report\\_0.pdf](https://icapcarbonaction.com/system/files/document/ICAP%20Emissions%20Trading%20Worldwide%202023%20Status%20Report_0.pdf). Acesso em: 31 maio. 2023.

ICAP. **ICAP Allowance Price Explorer**, 2023b. Disponível em: <https://icapcarbonaction.com/en/ets-prices>. Acesso em: 16 jun. 2023.

ICAP; BANCO MUNDIAL. **Emissions Trading in Practice: A Handbook on Design and Implementation (2nd Edition)**, 2021. Disponível em: <https://icapcarbonaction.com/en/publications/emissions-trading-practice-handbook-design-and-implementation-2nd-edition>. Acesso em: 4 ago. 2023.

ICC BRASIL; WAYCARBON. **Oportunidades para o Brasil em mercados de carbono**. Brasil: ICC Brasil e WayCarbon, 2021. Disponível em: [https://www.iccbrasil.org/media/uploads/2021/09/27/oportunidades-para-o-brasil-em-mercados-de-carbono\\_icc-br-e-waycarbon\\_29\\_09\\_2021.pdf](https://www.iccbrasil.org/media/uploads/2021/09/27/oportunidades-para-o-brasil-em-mercados-de-carbono_icc-br-e-waycarbon_29_09_2021.pdf). Acesso em: 25 set. 2023.

ICC BRASIL; WAYCARBON. **Oportunidades para o Brasil em mercados de carbono**. Brasil: ICC Brasil e WayCarbon 2022, 2022. Disponível em: [https://www.iccbrasil.org/wp-content/uploads/2022/10/RELATORIO\\_ICCBBR\\_2022\\_final.pdf](https://www.iccbrasil.org/wp-content/uploads/2022/10/RELATORIO_ICCBBR_2022_final.pdf). Acesso em: 16 jun. 2023.

ICROA. **O Artigo 6 do Acordo de Paris e suas instruções para o mercado voluntário de carbono (MVC)**, 2021. Disponível em: <https://icroa.org/wp-content/uploads/2023/03/Article-6-ICROA-Portuguese-Version.pdf>. Acesso em: 31 maio. 2023.

IEA. **World Energy Outlook 2021**. Paris: IEA, 2021. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>. Acesso em: 26 jun. 2023.

IETA. **GHG Market Sentiment Survey 2023**, 2023a. Disponível em: [https://www.ieta.org/resources/International\\_WG/GHG%20Market%20Sentiment%20Survey/IETA-%20GHG%20Market%20Sentiment%20Survey%20Report%20-%202023.pdf](https://www.ieta.org/resources/International_WG/GHG%20Market%20Sentiment%20Survey/IETA-%20GHG%20Market%20Sentiment%20Survey%20Report%20-%202023.pdf). Acesso em: 31 maio. 2023.

IETA. **IETA White Paper: Valuing REDD+ activities: key differences between market-based credits & results-based payments**, 2023b. Disponível em: [https://www.ieta.org/resources/Resources/Reports/IETA%20White%20Paper-Valuing%20REDD%20Activities\\_April2023.pdf](https://www.ieta.org/resources/Resources/Reports/IETA%20White%20Paper-Valuing%20REDD%20Activities_April2023.pdf). Acesso em: 20 jun. 2023.

IETA. **The Evolving Voluntary Carbon Market**, 2023c. Disponível em: [https://www.ieta.org/resources/Resources/Reports/The%20Evolving%20Voluntary%20Carbon%20Market\\_web.pdf](https://www.ieta.org/resources/Resources/Reports/The%20Evolving%20Voluntary%20Carbon%20Market_web.pdf). Acesso em: 26 maio. 2023.

INESC. **Subsídios para combustíveis fósseis sobem 16% em 2019**, 2020. Disponível em: <https://www.inesc.org.br/subsidios-para-combustiveis-fosseis-sobem-16-em-2019/#:~:text=Estudo%20do%20Inesc%20revela%20que,39%20bilh%C3%B5es%20para%20os%20f%C3%B3sseis>. Acesso em: 2 ago. 2023.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Relatório de Sustentabilidade 2020**, 2021. Disponível em: <http://www.acobrasil.org.br/sustentabilidade/>. Acesso em: 18 jun. 2023.

INSTITUTO TALANOIA, C. C. **Clima e Desenvolvimento: Visões para o Brasil 2030**. In: Clima e Desenvolvimento, 2021. Disponível em: <https://clima2030.org/wp-content/uploads/2022/08/Clima-e-Desenvolvimento-Visoes-para-o-Brasil-2030-Documento-de-Cenario-e-Politiclas-Climaticas-15-out-2021.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2023.

IOSCO, I. O. O. S. C. **Compliance Carbon Markets**, 2023. Disponível em: <https://www.iosco.org/library/pubdocs/pdf/IOSCOPD740.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2023.

IPEA, I. de P. E. A. **PANORAMA DO HIDROGÊNIO NO BRASIL**, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.38116/td2787>

ISDA. **Role of Derivatives in Carbon Markets**, 2021. Disponível em: <https://www.isda.org/a/soigE/Role-of-Derivatives-in-Carbon-Markets.pdf>. Acesso em: 1 jun. 2023.

JARAITE, J.; MARIA, C. D. **Did the EU ETS Make a Difference? An Empirical Assessment Using Lithuanian Firm-Level Data**. International Association for Energy Economics, The Energy Journal, v. 37, No. 1, p. 1-23, 2016. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/24696699>

JOLTREAU, E.; SOMMERFELD, K. **Why Does Emissions Trading under the EU ETS Not Affect Firms' Competitiveness? Empirical Findings from the Literature**. v. 19, n. 4, p. 453-471, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14693062.2018.1502145>. Acesso em: 22 jun. 2023.

KEEN, M.; PARRY, I. W. H.; ROAF, J. **Border Carbon Adjustments: Rationale, Design and Impact**, 2021. Disponível em: <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2021/09/24/Border-Carbon-Adjustments-Rationale-Design-and-Impact-466176>. Acesso em: 17 jul. 2023.

KESICKI, F.; STRACHAN, N. **Marginal abatement cost (MAC) curves: confronting theory and practice**. Environmental Science & Policy, v. 14, n. 8, p. 1195-1204, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2011.08.004>. Acesso em: 15 jun. 2023.

LA HOZ THEUER, S.; HALL, M.; EDEN, A.; KRAUSE, E.; HAUG, C.; DE CLARA, S. **Offset Use Across Emissions Trading Systems. Berlin: ICAP**, 2023. Disponível em: [https://icapcarbonaction.com/system/files/document/ICAP%20offsets%20paper\\_vfin.pdf](https://icapcarbonaction.com/system/files/document/ICAP%20offsets%20paper_vfin.pdf). Acesso em: 2 jun. 2023.

LEUGERS, S. **Gold Standard and Swedish Energy Agency partner to ensure integrity in international cooperation under Paris Agreement.** In: Gold Standard. 2021. Disponível em: <https://www.goldstandard.org/blog-item/gold-standard-and-swedish-energy-agency-partner-ensure-integrity-international-cooperation>. Acesso em: 26 maio. 2023.

LÖSCHEL, A.; LUTZ, B. J.; MANAGI, S. **The impacts of the EU ETS on efficiency and economic performance – An empirical analyses for German manufacturing firms.** Resource and Energy Economics, v. 56, p. 71-95, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2018.03.001>. Acesso em: 22 jun. 2023.

LOWE, S. **The EU's carbon border adjustment mechanism How to make it work for developing countries.** Centre for European Reform, 2021. Disponível em: [https://www.cer.eu/sites/default/files/pbrief\\_cbam\\_sl\\_21.4.21.pdf](https://www.cer.eu/sites/default/files/pbrief_cbam_sl_21.4.21.pdf). Acesso em: 22 jun. 2023.

MACHADO, N. **Governo prepara novo projeto de lei para mercado de carbono.** In: Epbr. 2023. Disponível em: <https://epbr.com.br/governo-prepara-novo-projeto-de-lei-para-mercado-de-carbono/>. Acesso em: 5 jul. 2023.

MARKKANEN, S.; VIÑUALES, J.; POLLITT, H.; LEE-MAKIYAMA, H.; KISS-DOBRONYI, B.; VAISHNAV, A.; LE MERLE, K.; CULLEN, L. G. **On the Borderline: the EU CBAM and its place in the world of trade,** 2021. Disponível em: [https://www.cisl.cam.ac.uk/files/cbam\\_report.pdf](https://www.cisl.cam.ac.uk/files/cbam_report.pdf). Acesso em: 20 jul. 2023.

MCKINSEY&COMPANY. **The net-zero transition: What it would cost, what it could bring,** 2022. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/-/media/mckinsey/business%20functions/sustainability/our%20insights/the%20net%20zero%20transition%20what%20it%20would%20cost%20what%20it%20could%20bring/the-net-zero-transition-what-it-would-cost-and-what-it-could-bring-final.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2023.

MDIC. **Comex Stat - Exportação e Importação Geral,** 2023. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em: 1 jun. 2023.

MICHAELOWA, A.; HERMWILLE, L.; OBERGASSEL, W.; BUTZENGEIGER, S. **Additionality revisited: guarding the integrity of market mechanisms under the Paris Agreement.** Climate Policy, v. 19, n. 10, p. 1211-1224, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14693062.2019.1628695>. Acesso em: 11 maio. 2022.

MMA, M. do M. A. **Índice de reciclagem de latas de alumínio chega a 99% e Brasil se destaca como recordista mundial,** 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/meio-ambiente-e-clima/2022/04/indice-de-reciclagem-de-latas-de-aluminio-chega-a-99-e-brasil-se-destaca-como-recordista-mundial>. Acesso em: 19 jun. 2023.

MONJON, S.; QUIRION, P. **Addressing leakage in the EU ETS: Border adjustment or output-based allocation?** Ecological Economics, v. 70, n. 11, Elsevier, p. 1957-1971, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.04.020>. Acesso em: 20 jul. 2023.

NETO, B. S. **Limitação da emissão de gases de efeito estufa, desmatamento e crescimento econômico no Brasil: uma análise prospectiva.** COLÓQUIO - Revista do Desenvolvimento Regional, v. 18, n. 4, p. 5-26, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.26767/colóquio.v18i4.2205>. Acesso em: 6 dez. 2021.

OECD. **The best place to explore trade data,** 2023. Disponível em: <https://oec.world/en>. Acesso em: 20 jul. 2023.

OLIVEIRA, I. F. de; SANTOS, L. **O mecanismo de ajuste de carbono na fronteira (CBAM) da união europeia e seus possíveis impactos sobre a indústria brasileira de ferro e aço.** XLII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO “Contribuição da Engenharia de Produção para a Transformação Digital da Indústria Brasileira”, 2022. Disponível em: [https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_WPG\\_390\\_1938\\_43206.pdf](https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_WPG_390_1938_43206.pdf). Acesso em: 25 jul. 2023.

PARLAMENTO EUROPEU; CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA. **REGULAMENTO (UE) 2023/956 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 10 de maio de 2023 que cria um mecanismo de ajustamento carbônico fronteira.** Jornal Oficial da União Europeia, Luxemburgo, 2023. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2023:130:FULL>. Acesso em: 1 jun. 2023.

PAUER, S. U. **Including electricity imports in California's cap-and-trade program: A case study of a border carbon adjustment in practice.** The Electricity Journal. Special Issue: Energy Policy Institute's Eighth Annual Energy Policy Research Conference, v. 31, n. 10, 2018. Disponível em: <https://doi.org/S1040619018302549>. Acesso em: 20 jul. 2023.

PETROBRAS. **Revisão de resolução do Conama nos permite reduzir emissões em novos projetos com plataformas totalmente eletrificadas**, 2021. Disponível em: <https://petrobras.com.br/fatos-e-dados/revisao-de-resolucao-do-conama-nos-permite-reduzir-emissoes-em-novos-projetos-com-plataformas-totalmente-eletrificadas.htm>. Acesso em: 10 jul. 2023.

PETROBRAS. **Petrobras bate recorde anual em captura, uso e armazenamento de CO<sub>2</sub>**, 2023. Disponível em: <https://agenciapetrobras.com.br/pt/negocio/petrobras-bate-recorde-anual-em-captura-uso-e-armazenamento-de-co2-23-02-2023/>. Acesso em: 4 jul. 2023.

PLATAFORMA MEXICANA DE CARBONO. **Subnational carbon taxes in Mexico**, 2023. Disponível em: <https://www.nacwconference.com/wp-content/uploads/2023/04/MexiCO2-NACW-2023.pdf>

PROLO, C. **Com quantos projetos de lei se faz um mercado regulado de carbono**. In: Reset, 2023. Disponível em: <https://www.capitalreset.com/colunas/com-quantos-projetos-de-lei-se-faz-um-mercado-regulado-de-carbono/>. Acesso em: 5 jun. 2023.

RAYMOND, L. **Policy perspective: Building political support for carbon pricing—Lessons from cap-and-trade policies**. Energy Policy, v. 134, 110986, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110986>

RICHTER, J. L.; MUNDACA, L. **Market behavior under the New Zealand ETS**. Carbon Management, v. 4, n. 4, p. 423-438, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.4155/CMT.13.33>. Acesso em: 22 jun. 2023.

ROMEIRO, V.; GENIN, C.; FELIN, B. **Nova NDC do Brasil: entenda por que a meta climática foi considerada pouco ambiciosa**. In: WRI Brasil, 2021. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/blog/clima/nova-ndc-do-brasil-entenda-por-que-meta-climatica-foi-considerada-pouco-ambiciosa>. Acesso em: 30 jun. 2023.

SAGER, L. **The global consumer incidence of carbon pricing: evidence from trade**, 2019. Disponível em: <https://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/2019/04/working-paper-320-Sager.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2023.

SANTIKARN, M.; KARDISH, C.; ACKVA, J.; HAUG, C. **The use of auction revenue from emissions trading systems: delivering environmental, economic, and social benefits**, 2019. Disponível em: [https://icapcarbonaction.com/system/files/document/190711\\_auctionrevenue-\\_final.pdf](https://icapcarbonaction.com/system/files/document/190711_auctionrevenue-_final.pdf). Acesso em: 2 ago. 2023.

SHABIR, I.; DASH, K. K.; DAR, A. H.; PANDEY, V. K.; FAYAZ, U.; SRIVASTAVA, S.; R, N. **Carbon footprints evaluation for sustainable food processing system development: A comprehensive review**. Future Foods, v. 7, Elsevier, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100215>. Acesso em: 12 jul. 2023.

SHANG, B. **The Poverty and Distributional Impacts of Carbon Pricing: Channels and Policy Implications**. Review of Environmental Economics and Policy, v. 17, n. 1, p. 64- 85., 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1086/723899>. Acesso em: 22 jun. 2023.

SNIC. **ROADMAP tecnológico do cimento: potencial de redução das emissões de carbono da indústria do cimento brasileira até 2050**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://coprocessamento.org.br/wp-content/uploads/2019/11/Roadmap-Tecnologico-Cimento-Brasil-Book-1.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2023.

SOUTH POLE. **Hydrogen for Net Zero Initiative**, 2022. Disponível em: <https://www.southpole.com/hydrogen-for-net-zero-initiative>. Acesso em: 30 jun. 2023.

THE GUARDIAN. **Revealed: more than 90% of rainforest carbon offsets by biggest certifier are worthless, analysis shows**, 2023. Disponível em: <https://www.theguardian.com/environment/2023/jan/18/revealed-forest-carbon-offsets-biggest-provider-worthless-verra-aoe>. Acesso em: 20 jun. 2023.

UK GOVERNMENT. **Addressing carbon leakage risk to support decarbonisation**, 2023. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/consultations/addressing-carbon-leakage-risk-to-support-decarbonisation>. Acesso em: 25 jul. 2023.

UNCTAD, U. N. C. on T. and D. **A European Union Carbon Border Adjustment Mechanism: Implications for developing countries**, 2021. Disponível em: [https://unctad.org/system/files/official-document/osginf2021d2\\_en.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/osginf2021d2_en.pdf). Acesso em: 20 jul. 2023.

UNDP. **What is Article 6 of the Paris Agreement, and why is it important?**, 2022. Disponível em: <https://www.undp.org/energy/blog/what-article-6-paris-agreement-and-why-it-important>. Acesso em: 19 jun. 2023.

UNITED NATIONS. **All about the NDCs**. In: Climate Action, 2022. Disponível em: <https://www.un.org/en/climate-change/all-about-ndcs>. Acesso em: 26 jun. 2023.



UN-REDD PROGRAMME. Article 6: What does it mean for REDD+ ? (Part 2). In: 2022. Disponível em: <https://www.un-redd.org/post/article-6-what-does-it-mean-redd-part-2>. Acesso em: 20 jun. 2023.

US TRADE REPRESENTATIVE. **2021 Trade Policy Agenda and 2020 Annual Report**, 2021. Disponível em: <https://ustr.gov/sites/default/files/files/reports/2021/2021%20Trade%20Agenda/Online%20PDF%202021%20Trade%20Policy%20Agenda%20and%202020%20Annual%20Report.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2023.

VCM PRIMER. **Chapter 3: How does the voluntary carbon market link to the Paris Agreement and Article 6?**, 2021. Disponível em: <https://vcprimer.org/chapter-3/>. Acesso em: 31 maio. 2023.

VENTURA, M. **Governo fecha proposta para regular mercado de carbono, com foco nas indústrias mais poluentes**, 2023. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/noticia/2023/06/governo-fecha-proposta-para-regular-mercado-de-carbono-com-foco-nas-industrias-mais-poluentes.ghtml>. Acesso em: 6 jul. 2023.

VERDE, S. F. **The Impact of the Eu Emissions Trading System on Competitiveness and Carbon Leakage: The Econometric Evidence**. Journal of Economic Surveys, v. 34, n. 2, p. 320–343, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/joes.12356>. Acesso em: 22 jun. 2023.

VERRA. **The Future of the Voluntary Carbon Market**. In: Verra. 2021. Disponível em: <https://verra.org/the-future-of-the-voluntary-carbon-market/>. Acesso em: 30 maio. 2023.

VERRA. **Verra Response to Guardian Article on Carbon Offsets**, 2023. Disponível em: <https://verra.org/verra-response-guardian-rainforest-carbon-offsets/>. Acesso em: 20 jun. 2023.

VOIGT, C.; FERREIRA, F. **The Warsaw Framework for REDD+: Implications for National Implementation and Access to Results-based Finance**, 2015. Disponível em: [https://www.un-redd.org/sites/default/files/2021-10/cclr\\_2015\\_02-006\\_2015-09-16-10.50.467%20%282%29.pdf](https://www.un-redd.org/sites/default/files/2021-10/cclr_2015_02-006_2015-09-16-10.50.467%20%282%29.pdf). Acesso em: 6 jul. 2023.

WALENDORFF, R. **Governo quer metodologia própria para regular mercado de carbono**. In: Globo.com, 2023. Disponível em: <https://valor.globo.com/agronegocios/noticia/2023/05/21/governo-quer-metodologia-propria-para-regular-mercado-de-carbono.ghtml>. Acesso em: 6 jul. 2023.

WEISBACH, D. A.; ELLIOTT, J.; FOSTER, I.; KORTUM, S. **Unilateral Carbon Taxes, Border Tax Adjustments, and Carbon Leakage**. Theoretical Inquiries in Law, v. 14, p. 207–244, 2013. Disponível em: [https://chicagounbound.uchicago.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=11233&context=journal\\_articles](https://chicagounbound.uchicago.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=11233&context=journal_articles)

XIAOBEI, H.; FAN, Z.; JUN, M. **The Global Impact of a Carbon Border Adjustment Mechanism**, 2022. Disponível em: <https://www.bu.edu/gdp/files/2022/03/TF-WP-001-FIN.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2023.

# 8. ANEXOS

## 8.1. ANEXO A: INFORMAÇÃO DOS DATASETS ORIGINAIS RETIRADOS NO ECOINVENT PARA PRODUTOS SELECIONADOS

**Tabela A - 1 - Datasets originais utilizados para avaliação da pegada do aço**

Nome da atividade	Geografia	Classificação	Versão	kgCO <sub>2</sub> e (original)
<i>Steel production, converter, low-alloyed - RER - steel, low-alloyed</i>	Europa	41122: Ligas de aço em lingotes ou outras formas primárias e produtos semimanufaturados de ligas de aço	3.9.1 - Allocation, cut-off	2,08
<i>Steel production, converter, low-alloyed - RoW - steel, low-alloyed</i>	Resto do Mundo	41122: Ligas de aço em lingotes ou outras formas primárias e produtos semimanufaturados de ligas de aço	3.9.1 - Allocation, cut-off	2,18

Fonte: Ecoinvent, 2023.

**Tabela A - 2 - Datasets originais utilizados para avaliação da pegada da soja**

Nome da atividade	Geografia	Classificação	Versão	kgCO <sub>2</sub> e (original)
<i>Soybean meal and crude oil production - BR - soybean oil, crude</i>	Brasil	21611: Óleo de soja, bruto	3.9.1 - Allocation, cut-off	3,04
<i>Soybean meal and crude oil production - RoW - soybean oil, crude</i>	Resto do Mundo	21611: Óleo de soja, bruto	3.9.1 - Allocation, cut-off	7,82
<i>soybean meal and crude oil production - RER - soybean oil, crude</i>	Europa	21611: Óleo de soja, bruto	3.9.1 - Allocation, cut-off	7,60

Fonte: Ecoinvent, 2023.

**Tabela A - 3 - Datasets originais utilizados para avaliação da pegada do petróleo**

Nome da atividade	Geografia	Classificação	Versão	kgCO <sub>2</sub> e (original)
<i>Petroleum and gas production, offshore - RU - petroleum</i>	Rússia	12010: Óleos de petróleo e óleos de minerais betuminosos, brutos	3.9.1 - Allocation, cut-off	0,54
<i>Petroleum and gas production, offshore - SA - petroleum</i>	Arábia Saudita	12010: Óleos de petróleo e óleos de minerais betuminosos, brutos	3.9.1 - Allocation, cut-off	0,28
<i>Petroleum and gas production, offshore - NL - petroleum</i>	Holanda	12010: Óleos de petróleo e óleos de minerais betuminosos, brutos	3.9.1 - Allocation, cut-off	0,12
<i>Petroleum and gas production, offshore - NO - petroleum</i>	Noruega	12010: Óleos de petróleo e óleos de minerais betuminosos, brutos	3.9.1 - Allocation, cut-off	0,10
<i>Petroleum and gas production, offshore - DE - petroleum</i>	Alemanha	12010: Óleos de petróleo e óleos de minerais betuminosos, brutos	3.9.1 - Allocation, cut-off	0,19
<i>Petroleum and gas production, offshore - RO - petroleum</i>	Romênia	12010: Óleos de petróleo e óleos de minerais betuminosos, brutos	3.9.1 - Allocation, cut-off	0,30

Fonte: Ecoinvent, 2023.



APOIO

