



RELATÓRIO . 2025

OPORTUNIDADES PARA O BRASIL EM MERCADOS DE CARBONO



x x x

+ + +



RESUMO DE EDIÇÕES ANTERIORES

2021

O primeiro estudo **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.

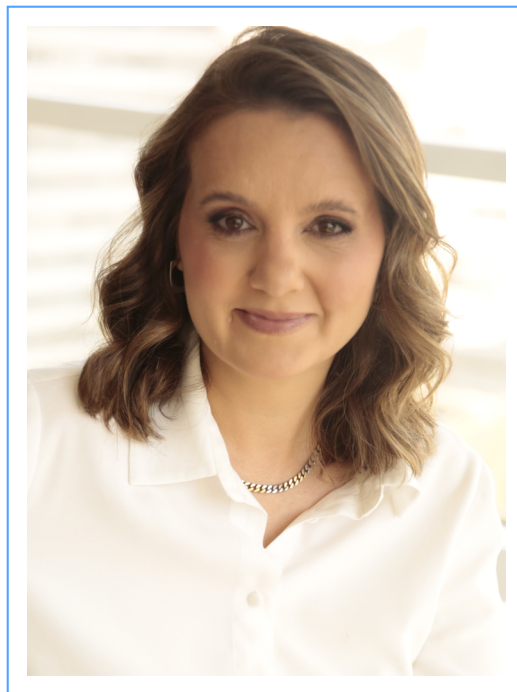
2022

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.

2023

O estudo **Oportunidades para o Brasil em Mercados de Carbono 2023** teve foco nos potenciais impactos do estabelecimento do mercado regulado brasileiro. Para tal, observou-se as tendências de implantação de novos mercados, possíveis formas de interação entre mercados de carbono e identificou-se impactos na competitividade internacional de produtos brasileiros frente à exposição a taxas de ajuste de fronteira de mercados regulados estrangeiros buscando compreender 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 e os custos e as oportunidades da mitigação de emissões em setores a serem regulados e os impactos socioeconômicos da implementação do sistema no Brasil.

CARTA DE APRESENTAÇÃO



Gabriella Dorlhiac

Diretora Executiva
da ICC Brasil

A transição para uma economia de baixo carbono não é uma aspiração distante — é um imperativo definidor desta década. Ao completarmos dez anos do Acordo de Paris e o mundo intensificar seus esforços para alcançar metas críticas, o Brasil se encontra diante de uma oportunidade única. Com seus vastos ativos naturais, grande potencial de inovação e crescente maturidade em políticas públicas, o país está particularmente bem-posicionado para liderar o desenvolvimento de mercados de carbono que conciliem integridade ambiental, oportunidade econômica e progresso social.

Oportunidades para o Brasil em Mercados de Carbono baseia-se em três edições anteriores para oferecer uma visão atualizada e abrangente do potencial do Brasil nesse cenário em constante evolução e crescente complexidade. Diferentemente das versões anteriores, que tinham a oferta de créditos de carbono como ponto de partida, esta edição concentra-se na demanda, analisando tendências e oportunidades para o país. O trabalho se estrutura em três pilares principais: os mecanismos internacionais — especialmente aqueles previstos no Artigo 6º do Acordo de Paris —, a crescente maturidade do Mercado Voluntário de Carbono e o estabelecimento do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE). Juntos, esses marcos repre-

sentam a base para uma arquitetura de precificação de carbono crível, transparente e eficaz, capaz de impulsionar uma ação climática significativa.

Nossa análise demonstra que o SBCE se tornará o principal motor da demanda doméstica por créditos de carbono até 2030, enquanto a cooperação internacional sob o Artigo 6º pode ampliar ainda mais o papel que o Brasil pode desempenhar globalmente. Paralelamente, o mercado voluntário continua a exercer um papel fundamental, evoluindo para padrões de maior qualidade e maior alinhamento com as metas nacionais e globais. Essa convergência cria oportunidades sem precedentes para o Brasil — não apenas para cumprir sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC), mas também para gerar valor econômico sustentável a partir da descarbonização.

A ICC Brasil acredita firmemente que as conclusões e recomendações apresentadas neste trabalho podem orientar políticas públicas, guiar estratégias do setor privado e estimular a colaboração entre diferentes setores. Elas reforçam que o sucesso do mercado de carbono brasileiro dependerá de uma governança robusta, metodologias transparentes e investimentos de longo prazo em projetos de mitigação capazes de gerar benefícios reais, verificáveis e inclusivos.

Convidamos os leitores — formuladores de políticas, empresas e sociedade civil — a se engajarem com este estudo tanto como um recurso técnico quanto como um chamado à ação. Aproveitar plenamente o potencial dos mercados de carbono não é apenas um exercício de conformidade; é uma oportunidade para redefinir a contribuição do Brasil para uma economia global resiliente e de baixo carbono.

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 iccbrasil.org



A WayCarbon é uma empresa global especializada em soluções voltadas à transição climática justa e resiliente para uma economia *Net-Zero*. Fundada em 2006, emprega conhecimento científico e de negócios, alavancados pela tecnologia, para apoiar empresas e governos em suas estratégias de mudança climática e sustentabilidade. Em 2022, foi adquirida pelo Banco Santander Espanha, acelerando sua ambição de contribuir com a adoção de compromissos e a implementação de soluções efetivas para enfrentar a mudança climática.

A empresa tem uma carteira de mais de 500 clientes do setor privado, além de vasta experiência no atendimento de organizações multilaterais (UNDP, CAF, Banco Mundial, IADB) nas áreas de mitigação, riscos climáticos, sustentabilidade e finanças sustentáveis. Suas soluções tecnológicas já são utilizadas por clientes em 40 países.

Os serviços de consultoria e *softwares* especializados da WayCarbon são desenvolvidos para apoiar, de maneira integrada, empresas e governos em suas jornadas de descarbonização.

Para saber mais, visite: waycarbon.com

AUTORES

Bruna Araújo

Letícia Gavioli

Caio Barreto

Fabiana Assumpção

Diego de Vasconcelos

Júlia Rodrigues

Revisão técnica

Henrique Pereira

Ao referenciar este relatório, citar como:

ICC Brasil e WayCarbon. Oportunidades para o Brasil em Mercados de Carbono. Relatório 2025.

Disponível em: **iccbrasil.org**

MENSAGENS DOS APOIADORES



Se é Bayer, é bom

“ Nos últimos anos, a Bayer tem trabalhado ativamente para enfrentar os desafios do ecossistema de carbono na agricultura brasileira. Nossa participação neste estudo destaca nossa trajetória e reafirma nossa convicção de que ações coletivas no setor empresarial podem ter um impacto significativo na evolução do mercado regulado de carbono, além de fortalecer o papel do Brasil como um país essencial nas soluções climáticas globais.”



“ A Braskem acredita que a indústria é parte da solução climática e apoia iniciativas que promovem o desenvolvimento sustentável. Há dez anos, defende a precificação de carbono como estratégia para acelerar a transição para uma economia de baixo carbono. É essencial contar com estudos que gerem conhecimento e, em parceria com a indústria, possibilitem a construção de políticas públicas, incentivem a inovação tecnológica e garantam a competitividade em uma transição justa e inclusiva.



“ As oportunidades do mercado de carbono mostram o desafio para uma transição climática justa no Brasil. A implementação do SBCE exigirá um nível superior de integridade e um modelo altamente inclusivo. Entendemos ser essencial o envolvimento do setor varejista para uma transição justa. A Cielo tem sido parceira estratégica do setor, impulsionando negócios sustentáveis e inclusivos, e, em nossos 30 anos de experiência, entregamos tecnologia e segurança que ampliam as oportunidades para todas as pessoas”.



“ O Itaú reconhece o papel estratégico do Brasil na construção de soluções climáticas globais e vê no mercado de carbono uma alavanca para acelerar a transição para uma economia de baixo carbono. Ao apoiar o estudo sobre as oportunidades do país, reforçamos nosso compromisso com o desenvolvimento sustentável e acreditamos que um mercado íntegro e eficiente é essencial para impulsionar investimentos e posicionar o Brasil na agenda climática.”



“ A SAP tem como estratégia apoiar empresas para que operem como organizações inteligentes. Líder de mercado em software de aplicativos corporativos, a companhia auxilia negócios de todos os tamanhos e setores a alcançar alto desempenho — 77% da receita de transações do mundo passa por um sistema SAP. Com um conjunto completo de aplicativos e serviços, a SAP permite que clientes públicos e empresas de 25 setores em todo o mundo operem com lucro, se adaptem continuamente e façam a diferença.”



“ Na Shell apoiamos o desenvolvimento de mercados de carbono robustos e transparentes, que acelerem a descarbonização e valorizem as soluções de alta integridade. Este estudo busca oferecer recomendações estratégicas ao governo, ao setor privado e aos agentes demandantes de créditos de carbono, reforçando o protagonismo do Brasil na jornada rumo a uma economia de baixo carbono e impulsionando a transição energética com responsabilidade socioambiental e foco em inovação.”

LISTA DE ACRÔNIMOS

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

ACR - *American Carbon Registry*

ART - *Architecture for REDD+ Transactions*

BAU - *Business as Usual*

CAR - *Climate Action Reserve*

CBE - *Cotas Brasileira de Emissões*

CCB - *Climate, Community & Biodiversity*

CCPs - *Core Carbon Principles*

CER - *Créditos de Carbono Verificados*

CIM - *Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima*

CMA - *Custos Marginais de Abatimento*

CNL - *Carbon Neutral LNG*

COP - *Conferência das Partes*

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

CPA - *Component Project Activity*

CRVE - *Certificados de Redução ou Remoção Verificada de Emissões*

ETS - *Emissions Trading System*

GCC - *Global Carbon Council*

GCAM - *Global Change Assessment Model*

GEE - *Gases de Efeito Estufa*

GIIGNL - *International Group of Liquefied Natural Gas Importers*

GNL - *Gás Natural Liquefeito*

GS - *Gold Standard*

ICC - *International Chamber of Commerce*

IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*

IPPU - *Industrial Processes and Product Use*

ITMO - *Internationally Transferred Mitigation Outcomes*

JCM - *Joint Crediting Mechanism*

MDL - *Mecanismo de Desenvolvimento Limpo*

MRV - *Monitoramento, Relato e Verificação*

NDC - *Nationally Determined Contribution*

NGFS - *Network for Greening the Financial System*

ODS - *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*

OECD - *Organisation for Economic Co-operation and Development*

PA - *Project Activity*

PACM - *Paris Agreement Crediting Mechanism*

PNA - *Plano Nacional de Alocação*

RTK - *International Revenue Tonne Kilometre*

SBCE - *Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões*

SBTi - *Science Based Target Initiative*

SINAPSE - *Simulador Nacional de Políticas Setoriais e Emissões*

tCO₂e - *Tonelada de dióxido de carbono equivalente*

TFSVCM - *Taskforce on Scaling Voluntary Carbon Markets*

UNEP-CCC - *United Nations Environment Programme - Copenhagen Climate Centre*

UNFCCC - *United Nations Framework Convention on Climate Change*

VCS - *Verified Carbon Standard*

VER - *Verified Emissions Removals*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO _____ 8

2. PANORAMA DOS MERCADOS DE CARBONO
E ESTIMATIVAS DE SEUS POTENCIAIS _____ 11

2.1. MECANISMOS DE MERCADO DO ARTIGO 6 DO ACORDO DE PARIS 12

2.1.1. POTENCIAL DO MERCADO..... 15

2.1.2. MENSAGENS-CHAVE..... 19

2.2. MERCADO VOLUNTÁRIO 19

2.2.1. POTENCIAL DO MERCADO..... 24

2.2.2. MENSAGENS-CHAVE.....27

2.3. MERCADO REGULADO NACIONAL (SBCE)27

2.3.1. POTENCIAL DO MERCADO..... 28

2.3.2. MENSAGENS-CHAVE.....32

3. DESAFIOS PARA OS MERCADOS DE CARBONO _____ 33

4. OPORTUNIDADES _____ 36

5. RECOMENDAÇÕES _____ 39

5.1. PARA O GOVERNO..... 39

5.2. PARA O SETOR PRIVADO 39

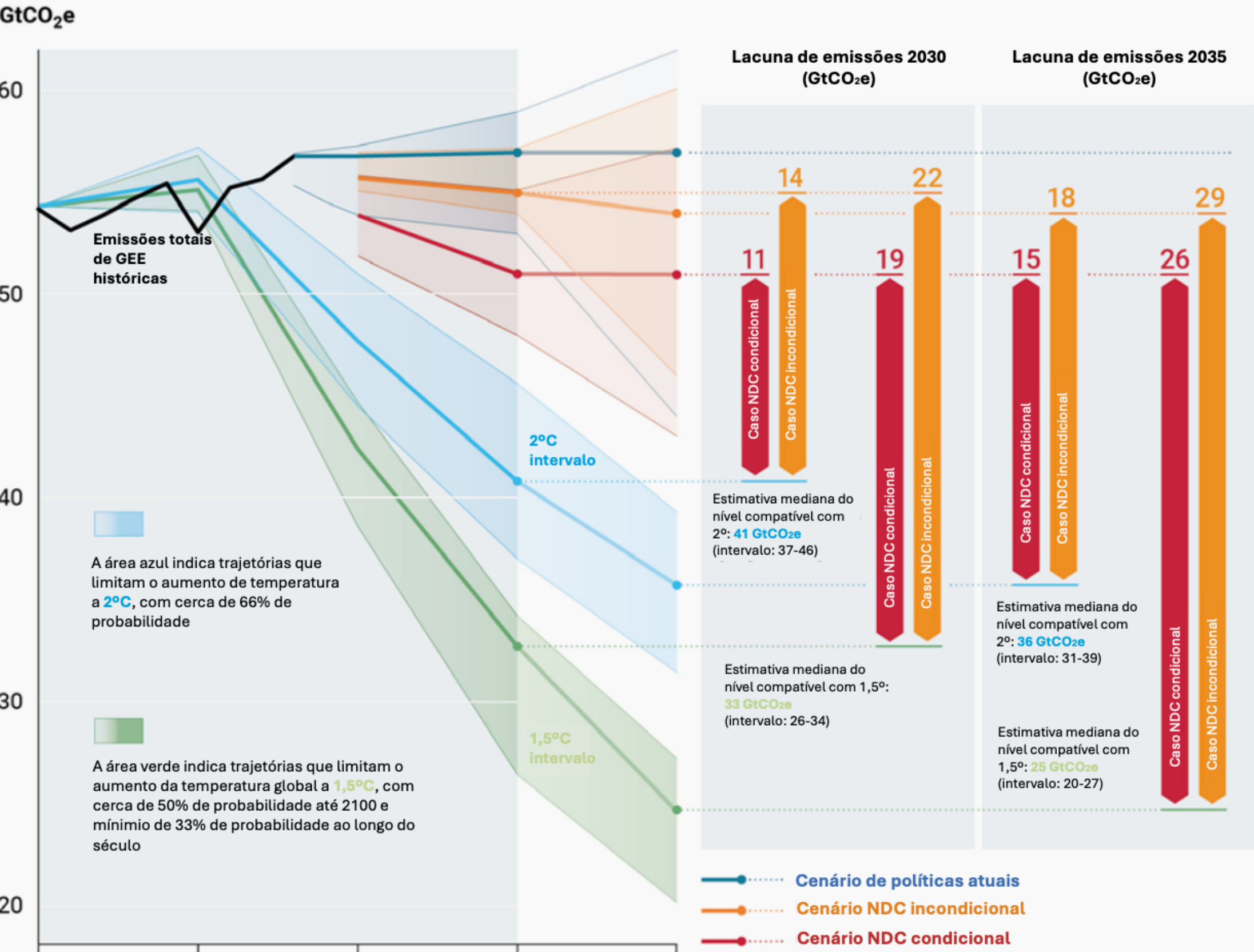
6. REFERÊNCIAS _____ 41

1. INTRODUÇÃO

O ano de 2024 registrou uma temperatura média global 1,55°C acima dos níveis pré-industriais, valor superior à meta de 1,5°C estabelecida no Acordo de Paris em 2015 (WMO, 2025). Apesar dos avanços nos compromissos globais, ainda persiste uma lacuna significativa entre as ações previstas nas políticas climáticas atuais e os esforços necessários para limitar o aquecimento global. No cenário de implementação das Contribuições Nacionalmente Determinadas (em inglês, *Nationally Determined Contributions* - NDCs) incondicionais¹ seria necessária uma redução adicional de 14 GtCO₂e² para limitar o aquecimento global em 2°C e de 22 GtCO₂e para limitar o aquecimento a 1,5°C em relação aos níveis pré-industriais em 2030. Já para 2035, essas lacunas aumentam em 4 GtCO₂e para um limite de 2°C e 7 GtCO₂e para um limite de aquecimento de 1,5°C (UNEP, 2024). A lacuna entre os compromissos anunciados e as emissões necessárias para limitar o aquecimento global indicam que, apesar dos avanços de ambição nas NDCs, os compromissos atuais ainda não reduzem as emissões na magnitude necessária para conter o aquecimento global, o que reforça a importância da atualização das NDCs em busca de metas mais ambiciosas. A Figura 1 ilustra o tamanho do desafio climático.

Nesse cenário, os mercados de carbono surgem como instrumentos centrais para viabilizar investimentos climáticos, por reduzirem os custos globais da mitigação de emissões de gases de efeito estufa (GEE). Ao atribuírem um preço às emissões, esses mecanismos direcionam recursos para atividades com melhor relação custo-benefício na redução de emissões, permitindo a empresas e governos alcançarem suas metas climáticas de forma mais eficiente.

Figura 1 – Emissões globais em diferentes cenários e lacunas de emissões em 2030 e 2035



Fonte: Tradução livre de UNEP, 2024.

1. As NDCs podem ser classificadas em condicionais e incondicionais, de acordo com o grau de dependência de apoio externo para sua implementação. As NDCs condicionais representam compromissos que um país só consegue alcançar mediante apoio externo como, financiamento climático, transferência de tecnologia ou assistência técnica. Já as NDCs incondicionais, referem-se a metas que o país pode cumprir utilizando apenas seus recursos, políticas e capacidades internas, ou seja, não depende da cooperação internacional para ter suas metas climáticas cumpridas.

2. GtCO₂e é uma medida que representa 1 bilhão de toneladas de dióxido de carbono equivalente. Assim como MtCO₂e é uma medida que representa 1 milhão de toneladas de dióxido de carbono equivalente.

Box 1

CONTEXTUALIZAÇÃO SOBRE AMBIENTES DE MERCADOS DE CARBONO

Há três instrumentos de precificação de carbono principais: os tributos sobre o carbono, os sistemas de comércio de emissões (ETS) e os mecanismos de créditos de carbono. Os dois últimos são conhecidos como mercados de carbono e transacionam unidades que representam 1 tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e).

- Os sistemas de comércio de emissões (em inglês, *Emission Trading System* - ETS) são mercados de carbono regulados em nível internacional, nacional ou regional nos quais seu regulador aloca ou leiloa permissões de emissões, que são direitos de emitir uma certa quantidade de GEE a empresas dos setores regulados considerando um *cap* (limite máximo de emissões do sistema, que é igual à soma de permissões alocadas aos agentes regulados do sistema). Empresas que emitem abaixo de suas permissões podem transacionar suas permissões excedentes com uma empresa que emite acima (ICC Brasil; WayCarbon, 2023). Entre os ETS consolidados na economia global, há o Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia (EU ETS), em vigor desde 2005 e o *California Cap-and-Trade* que entrou em operação em 2012.
- Os mecanismos de crédito de carbono são mercados de carbono em que são negociados créditos gerados por meio de atividades voluntárias que reduzam as emissões ou aumentem as remoções. O fornecimento de créditos de carbono é gerado por meio de três categorias princi-

pais de mecanismos de crédito (BANCO MUNDIAL, 2025; ICC Brasil; WayCarbon, 2021):

- Mecanismos de crédito governamentais administrados por um ou mais governos nacionais ou subnacionais, por vezes seus créditos são usados para conformidade em ETS ou tributos sobre o carbono³. Como exemplos, pode-se citar o *California Compliance Offset Program*, que apresenta protocolos próprios de geração de créditos que serão usados no *California Cap-and-trade*, e o *Republic of Korea Offset Credit Mechanism* que aceita créditos do Mecanismo do Desenvolvimento Limpo (MDL) e os converte em unidades de seu sistema para conformidade no ETS da Coreia do Sul (*K-ETS*).
- Mecanismos de crédito independentes (Mercado Voluntário de Carbono) em que créditos de carbono, são gerados a partir de metodologias e processos de padrões independentes de certificação e verificados por terceira parte.
- Mecanismos de crédito internacionais administrados por uma organização internacional estabelecida com a autoridade de governos nacionais, como agências da ONU. O principal mecanismo internacional de crédito é o Mecanismo de Crédito do Acordo de Paris (em inglês, *Paris Agreement Crediting Mechanism* - PACM) que permite transferências diretas de créditos de carbono gerados por meio de metodologias específicas para este mecanismo (em inglês, *Article 6.4 Emission Reductions* - A6.4ERs) entre países e o setor privado.

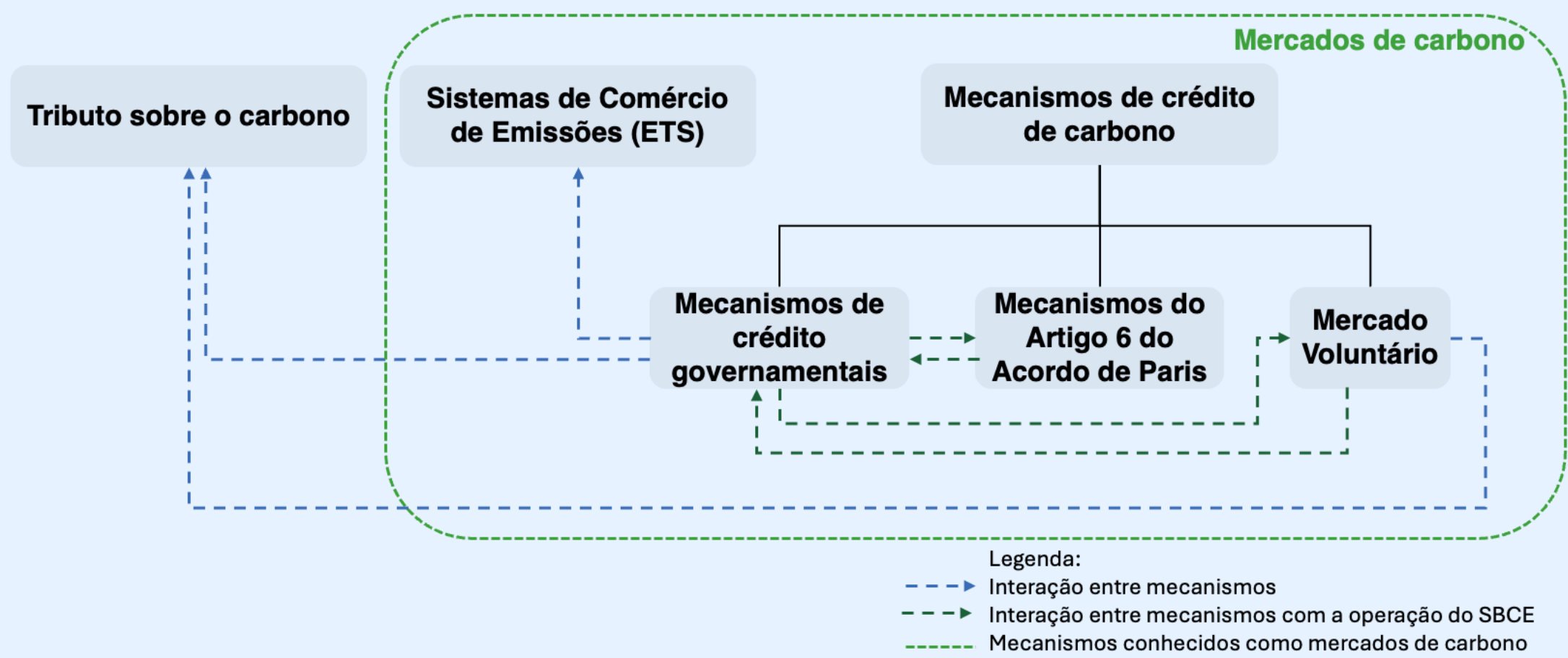
Outro mecanismo relevante é o mecanismo do Artigo 6.2 de cooperação internacional em que países parte do Acordo de Paris transacionarão resultados de mitigação internacionalmente transferíveis (em inglês, *Internationally Transferred Mitigation Outcomes* - IT-

MOs), que se configuram como o resultado de diferentes tipos de atividades, definidas como reais, verificadas e adicionais, representando reduções ou remoções de emissões, e incluindo cobenefícios de mitigação resultantes de ações de adaptação e/ou planos de diversificação econômica ou os meios para alcançá-los. Dessa forma, os créditos do PACM (A6.4ER) podem ser empacotados e transferidos internacionalmente como ITMOs (UNFCCC, 2023).

No contexto brasileiro, considera-se, segundo a Lei 15.042, que o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE) aceitará créditos de metodologias credenciadas para conformidade. Assim, entende-se que o SBCE também atuará como ou se integrará a um mecanismo de crédito governamental que gerenciará os Certificado de Redução ou Remoção Verificada de Emissões (CRVEs). Entende-se que os CRVEs virão de

créditos de carbono gerados por padrões de certificação independentes (que atuam no Mercado Voluntário) nas metodologias credenciadas e passarão por um processo de conversão para entrarem no ambiente do SBCE e se tornarem CRVEs, assim como na Coreia do Sul, em que há conversão de unidades geradas fora do sistema. Além disso, a lei prevê que CRVEs podem sair do sistema e ser vendidos no mercado voluntário, que unidades geradas no PACM poderiam ser aceitas como CRVE - se originados de metodologias credenciadas - e que CRVEs poderiam ser transferidos como ITMO, desde que autorizado previamente pela autoridade nacional designada. Assim, identifica-se diversas formas de interação entre os ambientes de mercado de carbono no contexto do SBCE. A Figura 2, abaixo, apresenta os ambientes de mercados de carbono e sua possível interação.

Figura 2 - Ambientes de mercados de carbono e sua interação



Fonte: WayCarbon

3. A experiência internacional não mostra aceitação direta de créditos do Mercado Voluntário para conformidade em ETS. Há processos de revisão da documentação e protocolos específicos para conversão de unidades em mecanismos governamentais, a depender da jurisdição, e seu posterior uso em ETS (ICC Brasil; WayCarbon, 2025). Há, no entanto, uso de créditos do voluntário para conformidade em tributos sobre o carbono (Banco Mundial, 2025).

Considera-se, neste estudo, três ambientes de mercados de carbono em que há oportunidades para o Brasil: os mecanismos do Artigo 6, o Mercado Voluntário de Carbono e o SBCE.

No âmbito dos mecanismos do Artigo 6, as NDCs dos países parte do Acordo de Paris – que estabelecem suas ambições de descarbonização – sinalizam os potenciais de demanda e oferta por unidades nesses mecanismos. No entanto, com as políticas climáticas globais atuais, os instrumentos de mitigação de emissões de GEE ainda permanecem, em grande parte, limitados e fragmentados, reduzindo a visibilidade sobre quais serão de fato os volumes transacionados e sobre os preços nesse mercado de carbono global. **Neste sentido, a atual rodada de revisões das NDCs – que devem ser apresentadas pelos países até novembro de 2025 – será essencial para se compreender a direção na qual o mundo caminhará e o futuro dos mercados de carbono na próxima década.**

Em âmbito nacional ou subnacional, existem, atualmente, 37 ETS, que, juntamente com os 43 tributos sobre o carbono, abrangem aproximadamente 28% das emissões globais de GEE (Banco Mundial, 2025). Em 2024, o Brasil estabeleceu o marco regulatório (Lei nº 15.042/2024) para a criação de um ETS nacional, o SBCE.

Essa lei representa uma janela de oportunidade para o país destravar investimentos em descarbonização não só em setores regulados, mas também em setores não regulados já que permitirá o uso de

compensações com unidades geradas a partir de atividades em setores não-regulados. Além disso, com a implementação de um mercado regulado de carbono no Brasil, o país demonstra esforços em reforçar o seu protagonismo na agenda climática e se posiciona de forma estratégica internacionalmente, possibilitando a atração de investimentos internacionais de países seja por meio dos mecanismos do Artigo 6 ou do setor privado a partir do Mercado Voluntário, expandindo, assim, o potencial brasileiro nos diferentes ambientes de comercialização.

Já o **Mercado Voluntário de Carbono**⁴ apresentou oscilações em relação à sua oferta de créditos nos últimos anos. Após um crescimento acentuado em 2021, o mercado vem apresentando uma queda no volume transacionado. Observou-se uma retração de 25% em 2024 em relação a 2023 (Ecosystem Marketplace, 2025). No entanto, **o volume de créditos aposentados** – ou seja, aqueles em que há um registro junto ao padrão que os gerou de que foram utilizados para compensação e que não podem mais ser transacionados – **se manteve estável, o que demonstra uma demanda por créditos de carbono mais resiliente nos últimos anos. Atualmente, o Mercado Voluntário transita para uma nova fase, que busca sinalizar uma maior confiança aos agentes do mercado, por meio da adoção de múltiplas estruturas de qualidade e integridade, como os Princípios Fundamentais do Carbono (em inglês, *Core Carbon Principles* – CCPs), buscando promover uma adequação do lado da oferta frente à crescente sofisticação da**

demanda por certificados de redução de emissão, que vem buscando estabelecer critérios para a classificação de créditos ditos de alta qualidade.

Sendo assim, o presente relatório discute as oportunidades para o Brasil a partir destes três ambientes de mercados de carbono, dadas as novas perspectivas com as atualizações da 29ª Conferência das Partes sobre Mudança do Clima (COP 29), as expectativas acerca da COP 30, o ganho de maturidade do Mercado Voluntário e o estabelecimento do SBCE em 2024, e quais são os potenciais de transação de unidades nos diferentes âmbitos de mercados de carbono. Além disso, serão abordados os desafios para o pleno desenvolvimento desse potencial, visto que apesar das muitas oportunidades potenciais, o desenvolvimento dos mercados de carbono ainda se mostram aquém de sua capacidade. Por fim, serão elaboradas recomendações para o desenvolvimento do mercado nacional e aproveitamento das oportunidades internacionais, destinadas tanto a agentes públicos quanto privados.

4. O Mercado Voluntário refere-se a um mecanismo de compensação (*offset*) que comercializa reduções de emissão de GEE certificadas (em inglês, *Certified ou Verified Emission Reduction* – CER/VER) conhecidas como créditos de carbono, gerados a partir de metodologias aceitas por padrões independentes de certificação, verificados por terceira parte e usados para atender a metas voluntárias, corporativas ou individuais. (ICC Brasil; WayCarbon, 2022).



2. PANORAMA DOS MERCADOS DE CARBONO E ESTIMATIVAS DE SEUS POTENCIAIS

Os mercados de carbono têm ganhado relevância globalmente não apenas como instrumentos de mitigação, mas também pelas oportunidades que oferecem em termos de geração de renda e de desenvolvimento de novos modelos de negócio. Sendo assim, desde a primeira edição deste estudo, foram conduzidas análises sobre o potencial dos diferentes segmentos do mercado de carbono no âmbito global e nacional. Nesta edição, considerando o desenvolvimento desses mercados, as premissas dos estudos anteriores foram atualizadas para refletir a maior maturidade institucional dos mercados, bem como os avanços regulatórios e perspectivas acerca das oportunidades nacionais em mercados de carbono.

Enquanto as estimativas anteriores foram baseadas em premissas acerca do mercado global da *Taskforce on Scaling Voluntary Carbon Markets* (TFSVCM, 2021) e premissas acerca das emissões de créditos brasileiros no Mercado Voluntário, o estudo atual busca atualizar essas premissas, segmentando o mercado a partir de três ambientes: 1) os mecanismos do Artigo 6 do Acordo de Paris; 2) o Mercado Voluntário de Carbono; e 3) o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões. Considera-se também o *Carbon Off-set and Reduction Scheme for International Aviation* (CORSIA)⁵ como parte do mercado dos mecanismos do Artigo 6 já que os créditos negociados para uso no CORSIA demandam autorização pelos países anfitriões dos projetos para serem utilizados em objetivos de mitigação internacional diferentes do cumprimento de uma NDC.

Box 2

CUSTO SOCIAL DO CARBONO

O custo social do carbono representa o custo econômico causado por uma tonelada adicional de carbono ou seu equivalente na atmosfera. Em uma política climática otimizada, o custo social do carbono deveria ser igual ao preço do carbono (Nordhaus, 2019). Entretanto, em condições de mercado, esse custo não é observado, de forma que o custo do carbono e o seu preço são significativamente distintos. Enquanto frequentemente o cus-

to social do carbono é estimado em torno de US\$ 100, o preço médio dos créditos no Mercado Voluntário no último ano foi de US\$ 6,55. Mesmo em mercados regulados maduros, como o EU ETS, as permissões de emissões ainda não alcançam esse valor. Adicionalmente, não há consenso sobre qual seria o custo social do carbono, dado que as modelagens partem de premissas bastante particulares (Pindyck, 2015).

Adicionalmente, enquanto nas edições passadas as análises se concentraram no potencial de oferta de créditos do Mercado Voluntário, esta edição deu maior enfoque nos elementos de demanda, considerando a situação observada historicamente nos mercados existentes é de excesso de emissões dos créditos de carbono em relação às aposentadorias. Para fins deste estudo, as aposentadorias foram consideradas como a demanda efetiva dos créditos de carbono devido à impossibilidade de rastrear aquisições de créditos que não tenham sido usados com essa finalidade. Por fim, diferentemente das edições anteriores, nesta edição os preços dos créditos de carbono, quando analisados, foram tratados como endógenos – ou seja, fruto da interação entre oferta e demanda – e não mais em comparação com o custo social do carbono.

Vale destacar que pode haver alguma sobreposição entre os diferentes mercados, por exemplo, uma empresa que passará a fazer parte de um mercado regulado pode ter menos incentivos para demandar créditos de carbono no Mercado Voluntário, **já que parte das emissões poderão ser compensadas no mercado regulado e devido ao custo de conformidade, que tende a reduzir o orçamento voltado a compensação voluntária de emissões**. Da mesma forma, parte da demanda por créditos do Mercado Voluntário pode depender da aceitação ou não de ajustes correspondentes por parte do país anfitrião do projeto de descarbonização, como no CORSIA.

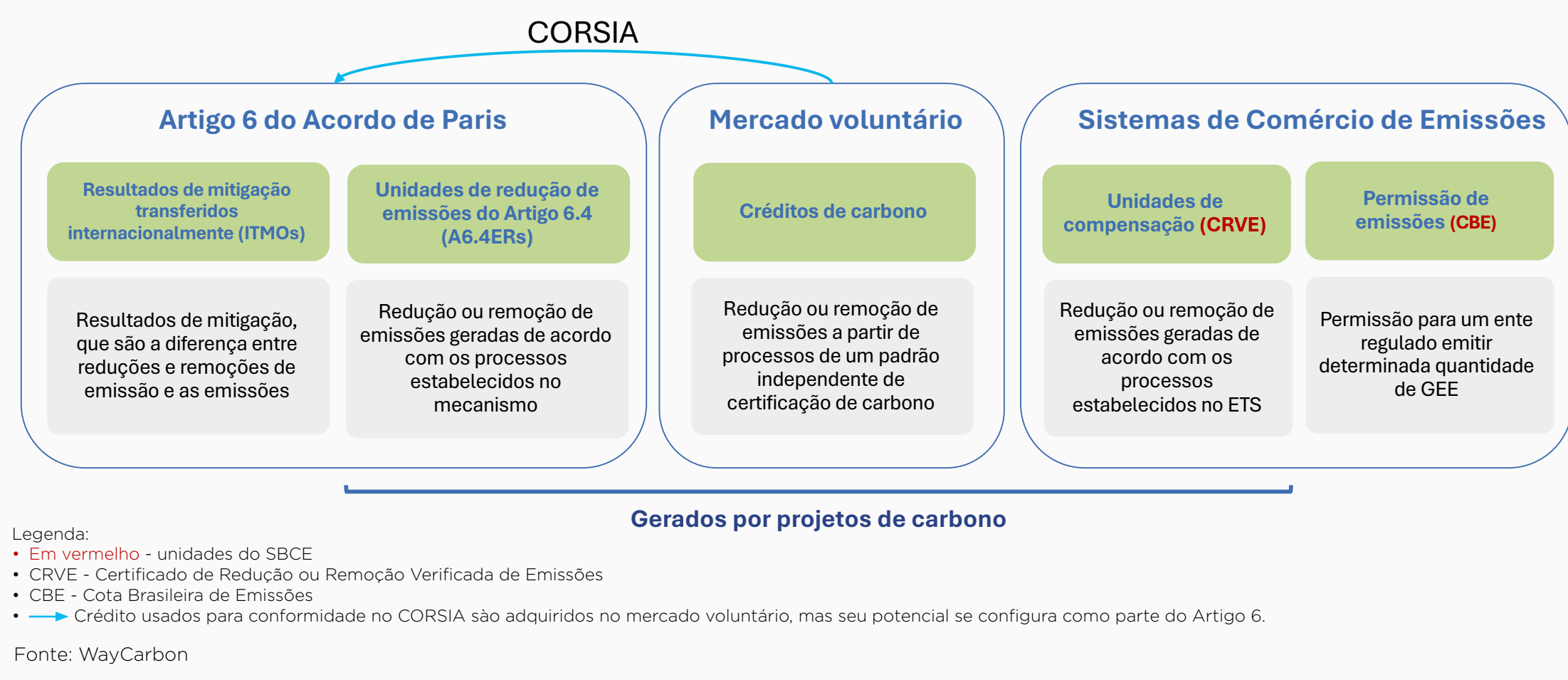
A Figura 3, na página seguinte, esclarece os diferentes conceitos e cada uma das unidades transacionadas nos três ambientes de mercados de carbono aqui

5. O CORSIA é um sistema de precificação de carbono aplicável ao setor de aviação civil internacional no qual as compensações de emissões podem envolver tanto créditos de carbono emitidos via algumas metodologias utilizadas no Mercado Voluntário quanto o uso de combustíveis limpos. O sistema foi dividido em três fases, incluindo a fase “piloto”, que durou entre 2021 e 2023; a primeira fase operacional, com vigência entre 2024 e 2026, a participação é voluntária e aplicável apenas aos voos internacionais entre países que se voluntariaram para participar no piloto e/ou na primeira fase (entre eles o Brasil); e a segunda fase operacional, com vigência entre 2027 e 2035, cuja a participação será compulsória para todos os voos internacionais, com exceções apenas para países menos desenvolvidos, pequenos Estados insulares em desenvolvimento, países em desenvolvimento sem litoral; ou Estados com baixa relação entre quilômetro e tonelada transportados (ICAO, 2024).

analisados. No entanto, os potenciais dos diferentes mercados são estimados em toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) independente da natureza e característica das unidades transacionáveis em cada mecanismo, para fins de comparabilidade.

Por fim, cabe ressaltar ainda que as estimativas realizadas não são previsões. **O objetivo da análise é identificar vetores de influência para a demanda e oferta dos mercados de carbono no contexto brasileiro** e não necessariamente realizar uma previsão

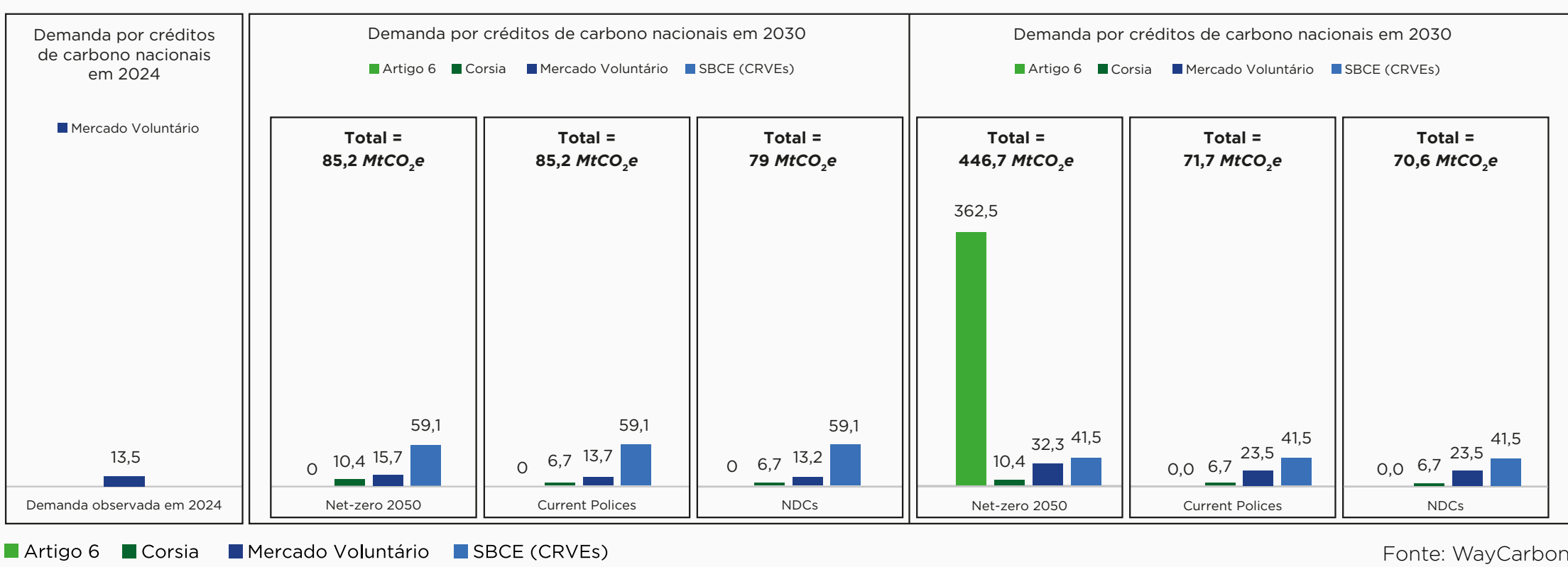
Figura 3 - Conceitos das unidades transacionáveis nos ambientes de mercados de carbono analisados



para o tamanho do mercado⁶. Mesmo em mercados maduros e mais transparentes, previsões para 5, 10 ou 25 anos possuem um elevado grau de incerteza. Nos mercados de carbono, dada a quantidade de indefinições sobre a estrutura futura do mercado e a opacidade de informações nos mercados atuais, qualquer previsão seria ainda mais incerta. Nas subseções a seguir, os potenciais foram analisados com estimativas para os mercados globais e nacionais. A Figura 4 resume os potenciais de mercado nos diferentes cenários analisados.

Como será detalhado nas próximas seções, a partir de 2030 o SBCE se torna o maior vetor de demanda, considerando que o SBCE começará em 2030. A partir de 2050, o atingimento do *net-zero* global se torna o fator de maior influência para a demanda nos mercados de carbono. Vale destacar que o potencial de mercado para o Artigo 6 só será concretizado caso o Brasil tenha resultados de mitigação além dos compromissos da NDC. Por esse motivo, nos cenários de *Current Policies* e NDCs não há oferta nacional de ITMOs ou A6.4ER.

Figura 4 - Resumo dos Potenciais Nacionais em Mercados de Carbono (em MtCO₂e), o que equivale a milhões de unidades transacionáveis) nos cenários estimados, 2030 e 2050



2.1. MECANISMOS DE MERCADO DO ARTIGO 6 DO ACORDO DE PARIS

A COP 29 marcou avanços substanciais para a consolidação do mercado internacional de carbono, a partir do consenso sobre as regras de registro de transações e da operacionalização do Artigo 6.4. No âmbito dos registros, as decisões acerca do Artigo 6.2 estabeleceram padrões técnicos unificados para autorização, transparência e contabilização dos resultados de mitigação, incluindo o ajuste correspondente, o que pode facilitar as transações bilaterais entre os países e aumentar a transparência para as demais partes interessadas. O Artigo 6.4, por sua vez, foi transformado em um mecanismo operacional, o PACM, a partir do estabelecimento de um órgão su-

pervisor responsável pela elaboração de metodologias e critérios de integridade para os projetos de carbono que atuarão nesse mercado. Foi divulgada, recentemente, a primeira metodologia do PACM, que define como as emissões de metano de aterros sanitários podem ser gerenciadas e se qualificar para geração de créditos de carbono com o respaldo da ONU (UNFCCC, 2025a). Para a COP 30, em novembro de 2025, deverão ser discutidos em maior profundidade a implementação desses mecanismos a partir de um registro central internacional e a vinculação entre o Artigo 6.2 e 6.4.

É esperado que o registro internacional permita extrair e visualizar dados e informações sobre os acervos e o histórico de ações das reduções de emissões autorizadas do Artigo 6.2 e transferência dessas reduções como ITMOs (UNFCCC, 2025b). Adicionalmente, o relatório da COP 29 solicitou ao secretariado que au-

6. Seguindo as mesmas premissas das edições anteriores, o potencial brasileiro de oferta de créditos de carbono seria atualizado de 360 MtCO₂e a 1.200 MtCO₂e ao ano para aproximadamente 194 MtCO₂e a 646 MtCO₂e em 2030. Como será demonstrado a seguir, mesmo com essa redução, esses cenários ainda são significativamente otimistas.

da sua NDC, já firmaram acordos de compra. Singapura e Coreia do Sul, por sua vez, já estabeleceram parcerias bilaterais, mas não estabelecem uma quantidade de demanda em suas NDCs.

Vale notar que a maior parte dos países anfitriões está localizada na África, Ásia e América Latina, refletindo um padrão de financiamento entre os países desenvolvidos como principais compradores e os países em desenvolvimento como desenvolvedores de projetos e transferidores de resultados de mitigação. Países como Gana, Indonésia e Senegal mantêm relações bilaterais simultâneas com diversos países, evidenciando a participação de países em desenvolvimento no comércio internacional de carbono. O Brasil ainda não autorizou a emissão de ITMOs, reservando essa decisão para uma fase posterior, de acordo com a regulamentação nacional (UNFCCC, 2025c).

No âmbito do Artigo 6.4, por sua vez, foram estabelecidos os processos para o lançamento das primeiras metodologias específicas voltadas à geração de A6.4ER, ou unidades a serem transacionadas neste mecanismo. Uma etapa fundamental no processo de geração dos A6.4ER, é a autorização pelo país anfitrião da aplicação de ajustes correspondentes às reduções ou remoções de emissões geradas nos projetos (UNFCCC, 2024).

A participação no mecanismo do Artigo 6.4 pode ocorrer de duas formas. A primeira refere-se a projetos já registrados no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que tiveram a possibilidade de transitar para o Artigo 6.4. Esses projetos podem continuar

utilizando metodologias anteriormente aplicadas no MDL, desde que atendam os requisitos estabelecidos pelo Artigo 6.4. A segunda forma consiste na submissão de novas atividades, as quais devem seguir integralmente os requisitos definidos pelo mecanismo do Artigo 6.4. Também foram estabelecidos os prazos para a transição de projetos de reflorestamento do MDL, criado sob o Protocolo de Kyoto (1997), para o PACM, a ser solicitado pelos proponentes de projeto à Autoridade Nacional Designada do país até 31 de dezembro de 2025 (UNFCCC, 2024). **A transição desses projetos vinculados ao MDL para o PACM representa uma oportunidade de assegurar a continuidade e o aproveitamento de projetos já existentes voltados à mitigação global de emissões.**

Até julho de 2025, foram devidamente submetidas 1.389 Atividades de Projeto (em inglês, *Project Activity* - PA), 119 Programas de Atividades (em inglês, *Programme of Activities* - PoA) e 954 Atividades de Projeto Componente (em inglês, *Component Project Activity* - CPA)⁷. No total, foram solicitadas 1508 transições de atividades do MDL para o PACM. A Figura 6 apresenta um mapa global com os pedidos de transições. Ressalta-se que os cinco países – China, Índia, Brasil, Vietnã e Chile – com maior número de solicitações concentram 77% do total enviado. Países como Bangladesh, Butão, República Dominicana, Gana, Mianmar, Paquistão, Sri Lanka e Uganda já aprovaram a transição dessas atividades do MDL, o que resulta em 22 PAs, 18 PoAs e 218 CPAs (UNEP-CCC, 2025).

Figura 6 - Transições solicitadas de atividades do MDL para o PACM

Número de transições solicitadas

>100 51-100
6-50 ≤5

China 527
Índia 460
Brasil 95
Vietnã 45
Chile 42

Fonte: WayCarbon com base na lista de atividade do MDL em transição da UNFCCC.

A quantidade acumulada de redução de emissões de todos os projetos com solicitação de migrarem do MDL para o novo mecanismo do Acordo de Paris é de aproximadamente 1,54 GtCO₂e entre 2021 e 2025, sendo 71% desse potencial concentrado na Ásia (UNEP-CCC, 2025).

No *ranking* de potencial de mitigação por país que solicitou a migração de projetos do MDL para o PACM, a Índia lidera com 208 MtCO₂e de potencial de redução, seguida por China (189 MtCO₂e), Bangladesh (117 MtCO₂e) e Brasil (98 MtCO₂e) (UNEP-CCC, 2025). **O Brasil apresenta um elevado nível de elegibilidade, com 77% de seus projetos submetidos elegíveis à migração, o que reforça o papel estratégico do país**

nos objetivos globais de mitigação. Enquanto países como Bangladesh e Mianmar apresentam quase 100% dos projetos submetidos em situação de elegibilidade, outros ainda demonstram subaproveitamento, como é o caso da China (42%) e da África do Sul (49%), evidenciando disparidades na implementação nas solicitações de transição.

Já em relação as primeiras atividades submetidas para o PACM, a UNEP-CCC (2025) reporta que foram submetidas e publicadas 1041 notificações de consideração prévia para novos projetos⁸, abrangendo 824 projetos e 217 programas. A maior parte dessas notificações de projetos submetidos são do continente asiático, que responde por 806 notificações.

7. PoA representa uma ação coordenada voluntária realizada por uma entidade pública ou privada que visa buscar um objetivo que leve à redução das emissões de GEE ou à remoção líquida de GEE. Já a CPA consiste em uma medida única ou um conjunto de medidas inter-relacionadas sob um PoA. Ou seja, é uma subunidade operacional dentro de um PoA (UNFCCC, 2022).

8. A notificação de consideração prévia refere-se a um passo obrigatório no ciclo de atividades do PACM. Trata-se de um formulário enviado pelo proponente de um projeto ao secretariado da UNFCCC, notificando sua intenção de registrar um projeto antes do início das atividades, e que avaliou e reconheceu os benefícios potenciais de inscrever o projeto no mecanismo do Artigo 6.4. Essa notificação prévia é fundamental, pois traz transparência e integridade aos projetos, e busca garantir o princípio da adicionalidade das reduções de emissões comercializadas.

Entre os países, a Índia se destaca com 626 notificações, representando um impacto potencial superior a 393 MtCO₂e por ano em reduções de emissões. **Já o Brasil registra 58 notificações de novas atividades⁹, com uma estimativa de redução superior a 13 MtCO₂e anuais, o que pode consolidá-lo também no desenvolvimento de novos projetos no âmbito do Artigo 6.4.** O Brasil está se preparando para participar deste mecanismo e declarou que quando autorizar a implementação de atividades sob 6.4, as transferências não serão imediatamente concedidas, reservando esta decisão de transferência para um momento posterior de acordo com as regulações nacionais a serem estabelecidas (UNFCCC, 2025d).

Os escopos setoriais e a capacidade de mitigação – e, consequentemente, de geração de créditos de carbono – variam significativamente entre os projetos propostos. Com base na categorização do IPCC, o setor de energia renovável concentra o maior número de atividades submetidas, superando 350 projetos notificados (UNEP-CCC, 2025). Esses projetos apresentam distintas capacidades de mitigação de emissão. Exemplos vão desde projetos de menor escala, como um projeto de uma planta solar na Zâmbia, com a capacidade anual de mitigação de 190 toneladas de CO₂ equivalente, ou seja, capacidade de gerar 190 créditos, até projetos de grande porte, como o sistema de detecção e reparo de vazamentos em infraestrutura de gás fóssil no Uzbequistão, com capacidade estimada de gerar mais de 7 milhões de créditos por ano. No Brasil, o projeto com a maior capacidade de mitigação no setor de energia está localizado no estado

do Piauí, referente a um complexo eólico com potencial de geração de aproximadamente 780 mil créditos anuais. Levando em consideração todos os setores, o projeto de gás de aterro do Ecoparque Paulínia, do setor de resíduos, é o projeto com maior capacidade de mitigação, atingindo 1,7 milhão de créditos por ano.

2.1.1. POTENCIAL DO MERCADO

O Artigo 6 do Acordo de Paris permite uma maior ambição em suas atividades de mitigação e promove o desenvolvimento sustentável e a integridade ambiental por meio de cooperação voluntária na implementação das NDCs dos países participantes do mecanismo (UNFCCC, 2025e). Destaca-se, no entanto, uma questão fundamental para o potencial de oferta de ITMOs ou A6.4ER: é preciso haver maior redução de emissão em comparação às metas estabelecidas na NDC do país vendedor. Além disso, deve existir disposição de outros países em se utilizarem dos mecanismos de mercado do Artigo 6 para cumprimento de seus compromissos nacionalmente determinados.

No curto e médio prazo, para um país considerar a venda de ITMOs ou A6.4ER, é necessário desdobrar a meta de redução de emissões da NDC em uma trajetória, de forma que se tenha uma meta anual que possa ser comparada com o balanço de carbono anual do país (UNFCCC, 2025e). Dessa forma, será possível identificar se haverá efetivamente um excedente de emissões em relação à NDC.

Os países poderão, inclusive, se comprometer com venda de ITMOs de anos em que ainda não haja resultados de mitigação segundo seu inventário de emis-

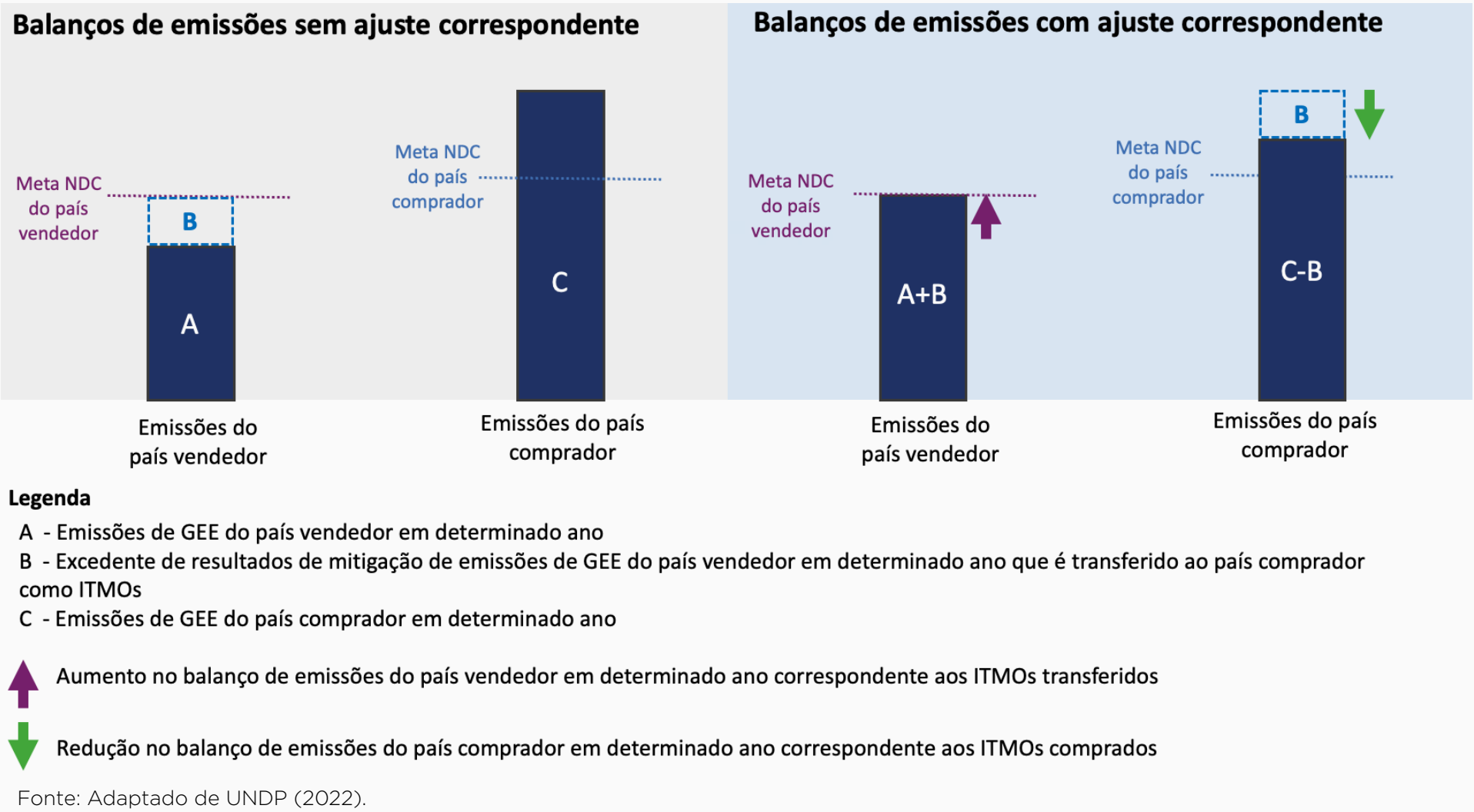
sões. Para tanto, a venda de ITMOs poderá ser feita com base em estimativas que indiquem que haverá excedente nacional de resultados de mitigação. Ressalta-se, no entanto, que é relevante que vendas baseadas em estimativas sejam conservadoras e que haja planejamento e acompanhamento efetivos em relação ao cumprimento da NDC de forma a garantir redução de emissão excedente. Caso a venda dessas unidades venha a demonstrar um desalinhamento ao cumprimento da NDC, a credibilidade do país no mercado internacional ficará comprometida.

Assim, **o Brasil poderá transacionar seus resultados de mitigação ano a ano a partir de estimativas de excedente de resultados de mitigação. Inclusive, é es-**

perado que os recursos obtidos nos mecanismos de mercado do Artigo 6 com ajustes correspondentes, viabilizem novos projetos, seja a partir de recursos financeiros diretos ou desenvolvimento de capacidades para implementação de novas tecnologias. A longo prazo, como a NDC brasileira visa alcançar zero emissões líquidas em 2050, o potencial de oferta de ITMOs será igual ao potencial de remoções líquidas do país.

A Figura 7 ilustra o **processo do impacto do ajuste correspondente nos balanços de emissões nacionais: ao vender o resultado de mitigação de emissões de GEE, o balanço de emissões de GEE de determinado ano do país vendedor se mantém equivalente a não**

Figura 7 - Processo de Ajuste Correspondente decorrente de transação de ITMOs



9. Os dados utilizados são continuamente atualizados na plataforma Article 6 Pipeline - UNEP-CCC e correspondem ao período de agosto de 2025.

geração desse resultado de mitigação transferido, de forma que a redução de emissões estabelecida na NDC só pode ser cumprida por meio de outros projetos ou atividades que resultem em mais mitigação de emissões de GEE, caso a NDC do país transferidor não tenha sido ainda atingida.

Da mesma forma, a venda internacional de A6.4ER com ajustes correspondentes – o que ocorre quando este ativo é autorizado a ser transacionado como ITMO – proporciona o aumento do compromisso de descarbonização do país, de forma que essas reduções ou remoções de emissões precisariam ser mitigadas em outros projetos para manter o balanço de carbono do país garantindo o atingimento da NDC. Adicionalmente, entende-se que o potencial para transação internacional de unidades geradas no PACM do Brasil pode não ser expressivo, pois a NDC brasileira é ambiciosa. Destaca-se que, no âmbito do PACM, será possível gerar A6.4ER no mecanismo mesmo que elas não tenham autorização para transferência internacional. As A6.4ER que não forem transferidos internacionalmente poderão ser aproveitados nacionalmente no âmbito do SBCE ou para compensação voluntária.

Sendo assim, como o potencial de ITMOs e A6.4ER se sobrepõe representando reduções ou remoções de emissões de GEE para além da NDC, para evitar a repetição de termos, os ITMOs e os A6.4ER serão tratados a seguir como ITMOs para facilitar a leitura.

Partindo da premissa de que a oferta de longo prazo de ITMOs nacionais são iguais ao potencial de remoções líquidas, é possível ter uma dimensão desse potencial de oferta a partir do Simulador Nacional de Políticas Setoriais e Emissões (SINAPSE), ferramenta

oficial do governo brasileiro para projeção de cenários de implementação de políticas públicas setoriais e potencial de redução de emissões de GEE. **No cenário em que todas as políticas de mitigação disponíveis no SINAPSE são aplicadas, o país teria um excedente de resultados de mitigação de emissões de 128 Mt-CO₂e em 2050**, considerando o cumprimento da NDC. Como não há como simular cenários de cumprimento da NDC ou cenários de *net zero* global na ferramenta, essa abordagem foi considerada para estimar o potencial máximo de remoções líquidas em um cenário otimista para a política climáztica nacional.

Já de acordo com os cenários do modelo *Global Change Assessment Model* (GCAM) da *Network of Central Banks and Supervisors for Greening the Financial System* (NGFS), **o Brasil teria excedente de resultados de mitigação para transacionar apenas em um cenário em que as emissões globais atinjam conjuntamente o *net zero* em 2050, o que reforça a necessidade de cooperação internacional para o atingimento das metas climáticas antes desse prazo**. No cenário de políticas atuais (*Current Policies*) ou no cenário que incorpore as ambições e políticas das NDCs atuais (GCAM-NDCs), as emissões do país ainda seriam positivas, não havendo excedente de resultados de mitigação, de forma que a oferta brasileira de ITMOs tende a ser limitada. Não há disponibilidade das informações acerca das políticas públicas consideradas para o Brasil nesses cenários. O Quadro 1, ao lado, apresenta a síntese de premissas adotadas em cada cenário.

Quadro 1 – Premissas adotadas para estimativa da demanda por ITMOs nacionais

Variável	Cenário	Descrição do Cenário	Premissa adotada
Demanda global por ITMOs	<i>Net zero</i> 2050 (GCAM)	O cenário <i>Net Zero</i> 2050 limita o aquecimento global a 1,5°C por meio de políticas climáticas rigorosas e inovação. Este cenário pressupõe a implementação imediata de políticas climáticas ambiciosas e cooperação global para atingimento do objetivo climático.	A premissa adotada neste cenário é que as emissões líquidas negativas dos países seriam recompensadas através dos mecanismos de mercado do Acordo de Paris.
	NDC (GCAM)	As NDCs incluem todas as políticas prometidas, mesmo que ainda não sejam respaldadas por políticas efetivas implementadas.	Tanto no cenário NDC (GCAM) quanto no cenário <i>Current Polices</i> (GCAM), as emissões globais e nacionais aumentam, de forma que a demanda e a oferta por ITMOs são consideradas iguais a zero.
	<i>Current Policies</i> (GCAM)	As Políticas Atuais pressupõem que apenas as políticas implementadas atualmente sejam preservadas. As emissões globais aumentam até 2080, levando a um aquecimento de cerca de 3°C	
	SINAPSE	O Simulador Nacional de Políticas Setoriais e Emissões SINAPSE MCTI é a ferramenta oficial do governo brasileiro para projeção de cenários de implementação de políticas públicas setoriais e potencial de redução de emissões de GEE, visando o alcance das metas da NDC brasileira.	Cenário utilizado para estimar o potencial técnico de remoções líquidas de emissões de GEE, considerando premissas mais adequadas a realidade nacional.

Fonte: WayCarbon, com base em NGFS (2025) e MCTI (2025a).

Enquanto o cenário *Current Policies* pressupõe que apenas as políticas implementadas atualmente sejam preservadas, resultando em um aquecimento de cerca de 3°C, o cenário GCAM-NDCs, pressupõe que a ambição climática moderada e heterogênea refletida nas NDCs condicionais no início de 2024 continue ao longo do século XXI, de forma que as emissões diminuam, mas ainda assim levam a um aquecimento de 2,3°C. Em ambos os cenários, o Brasil não zeraria suas emissões líquidas, o que reforça a necessidade de melhores políticas climáticas para aumento da mitigação de emissões de GEE.

Já o **cenário *Net Zero 2050*** limita o aquecimento global a 1,5°C por meio de políticas climáticas rigorosas e inovação. Este cenário pressupõe a implementação imediata de políticas climáticas ambiciosas, como inovações tecnológicas em captura de carbono. **Nesse cenário, o Brasil atingiria emissões líquidas negativas a partir de 2045, com remoções de cerca de 21 MtCO₂e anuais, até alcançar 362,5 MtCO₂e ao ano, partindo da premissa de que o volume transacionado total do mercado é composto pelas emissões líquidas negativas dos países. Assim, o potencial brasileiro de transação de ITMOs representaria cerca de 33%**

dos mecanismos de mercado do Acordo de Paris. A Figura 8 apresenta os potenciais para oferta de ITMOs de acordo com este cenário.

As estimativas dos cenários reforçam o potencial técnico do Brasil para gerar um excedente de resultados de mitigação em 2050 e vendê-los internacionalmente. Mas, para que esse potencial técnico se torne prático e seja, de fato, alcançado é preciso que haja condições políticas e mercadológicas para tal.

O potencial de oferta de ITMOs do Brasil no cenário *GCAM - Net Zero 2050* de 362,5 MtCO₂e, por exemplo, é superior aos compromissos de demanda atualmente anunciados que totalizam 333,5 MtCO₂e, considerando os compromissos do Japão, Suécia, Suíça e União Europeia (ainda não aprovada pelo Parlamento Europeu), o que expressa a necessidade do aumento da cooperação internacional para limitar o aquecimento global. Nesse sentido, a cooperação internacional via mecanismos do Acordo de Paris pode ter um papel relevante na redução de emissões nacionais, mas pode não ser suficiente para que o Brasil cumpra sua NDC.

Parte significativa do esforço para alcançar a NDC depende de iniciativas internas, várias delas já mapeadas pelos órgãos de monitoramento das políticas públicas, como: i) medidas de aprimoramento da governança, monitoramento e efetividade da Política de Prevenção e Combate ao Desmatamento Ilegal (PPCD) (CMAP; Ministério do Planejamento, 2023a); ii) institucionalização e aprimoramento metodológico do sistema necessário ao monitoramento, relato e verificação do RenovAgro (antigo Plano ABC) (TCU, 2023); iii) adotar medidas para o encerramento do

subsídio tributário à termoeletricidade (CMAP; Ministério do Planejamento, 2023b).

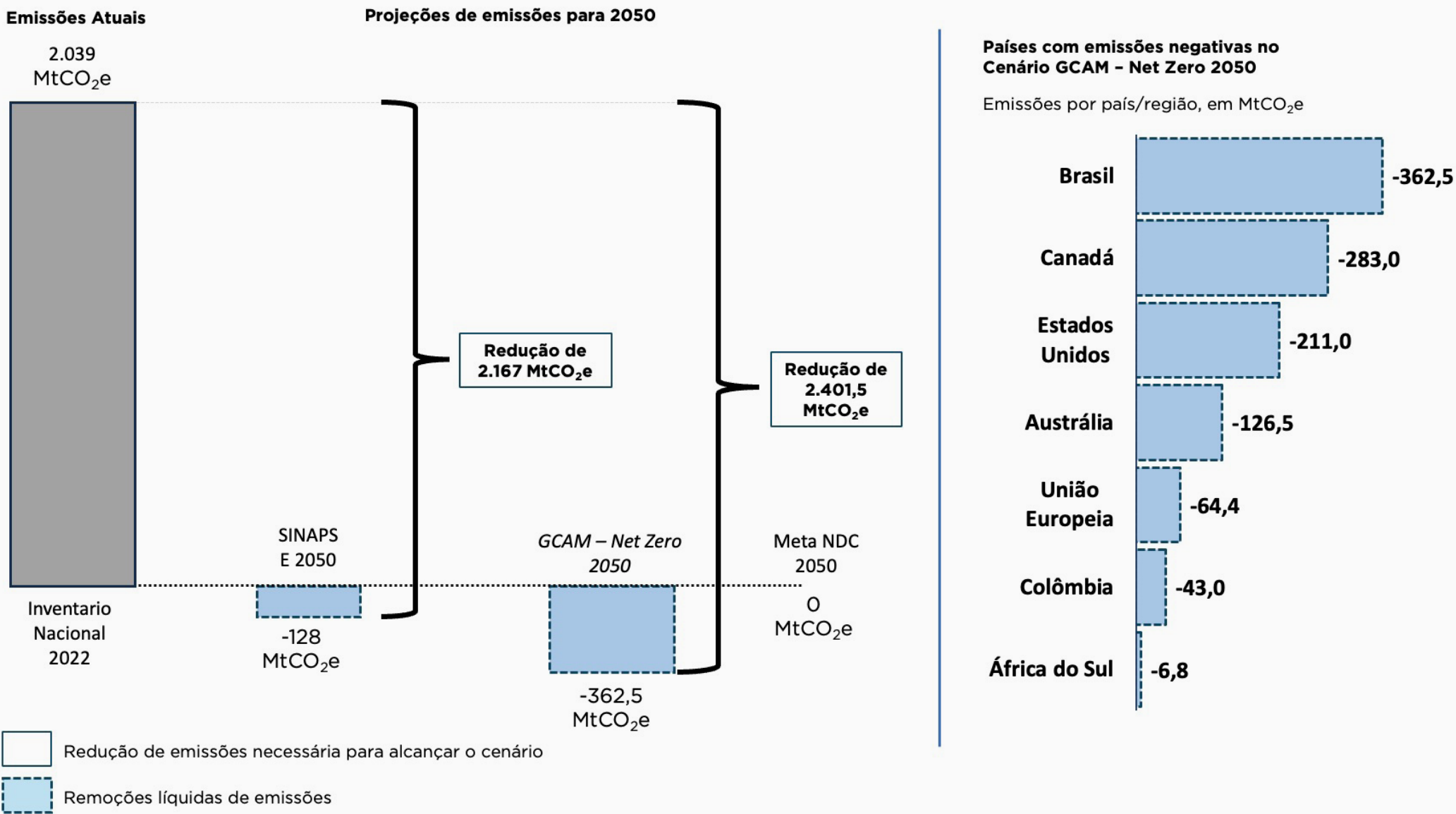
Dessa forma, a **Estratégia Nacional de Mitigação, atualmente em elaboração, tem um papel fundamental de não só estabelecer novas ações, políticas e instrumentos de mitigação, mas também de aprimorar as políticas já existentes, aproveitando as lições aprendidas das experiências exitosas e não-exitosas.** É preciso ainda que as diversas políticas climáticas atuais tenham sistemas de monitoramento e relato que sejam congruentes com o Inventário Nacional para que o impacto delas possa ser refletido no cumprimento (ou não) da NDC.

2.1.1.1 CORSIA

Além das metas estabelecidas pelas NDCs dos países, o CORSIA é um segmento de mercado que pode gerar demanda para créditos de projetos nacionais. Há uma interação entre os mecanismos de mercado do Acordo de Paris e o Mercado Voluntário de Carbono, dado que, embora provenientes do Mercado Voluntário, **os créditos negociados para uso no CORSIA são equivalentes a ITMOs, pois são resultados de mitigação autorizados pelos países anfitriões para uso em fins de mitigação internacional que não sejam a consecução de uma NDC e necessitam de ajustes correspondentes** (IATA *et al.*, 2024). Assim, estima-se um potencial para os mecanismos do Artigo 6 no âmbito do CORSIA com base em parâmetros vistos na experiência do Mercado Voluntário.

Os padrões independentes de certificação aceitos na primeira fase operacional do CORSIA são: *American Carbon Registry* (ACR); *Architecture for REDD+ Transactions* (ART); *Climate Action Reserve* (CAR); *Global*

Figura 8 - Potenciais de Remoções Líquidas para o Brasil em 2050 - Oferta de ITMOs - segundo as projeções do SINAPSE e da NGFS (GCAM - Net Zero 2050)



Fonte: WayCarbon, com base em MCTI (2023, 2025) Richters *et al.* (2024)

Carbon Council (GCC); Gold Standard (GS) e Verified Carbon Standard (VCS). Todos os projetos devem ter o primeiro período de geração dos créditos a partir de 2016 e as reduções de emissões (ou remoções) devem ter acontecido entre 2021 e 2026.

A demanda global estimada para o CORSIA é de 102 a 148 MtCO₂e para a primeira fase operacional considerando os países voluntários nesta fase, entre 2024 e 2026, o que resultaria em um incremento médio de 34 a 49,3 MtCO₂e na demanda anual por créditos de carbono. Para a segunda fase operacional, entre 2027 e 2035, na qual a participação é mandatória, a demanda acumulada no período seria entre 878 e 1.362 MtCO₂e, o que seria equívale a um aumento médio entre 109,75 e 170,25 MtCO₂e na demanda anual por créditos nesse período, um incremento entre 62,43% e 96,8% em relação aos créditos aposentados em 2024 no Mercado Voluntário. Considerando esses cenários, o preço dos créditos elegíveis ao CORSIA pode variar entre US\$ 6,8 a US\$ 20,8/tCO₂ até 2026.

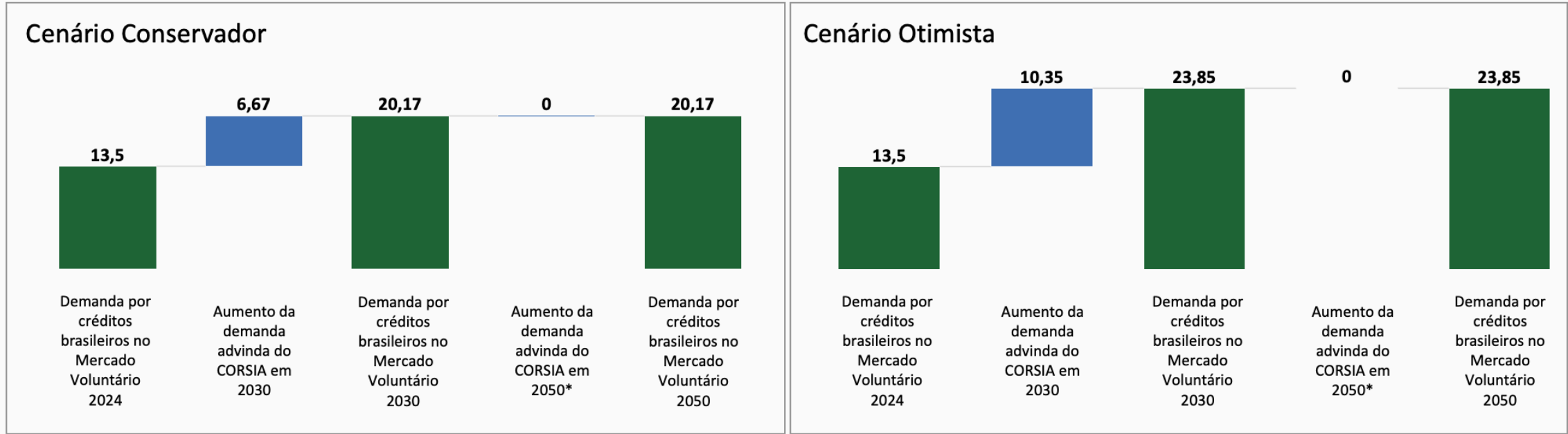
Entretanto, nos últimos anos a maioria das transações para compensação de emissões são realizadas por meio de contratos bilaterais no Mercado Voluntário tornando as informações sobre preços amplamente opacas (ICAO, 2025b). A previsão de preços e as premissas aplicadas devem ser sustentadas posteriormente por dados mais robustos se estes estiverem disponíveis.

Dado que não há estimativa da ICAO (2025b) disponíveis para 2050 e que a evolução da demanda por créditos de carbono dependeria de avanços tecnológicos para o setor de aviação civil, foi considerado que a demanda anual entre 2035 e 2050 permaneceria constante.

Considerando um potencial de demanda para os créditos de projetos brasileiros elegíveis para o CORSIA na mesma magnitude da procura dos créditos do Mercado Voluntário, de 6,08% das aposentadorias globais (média histórica), o potencial por créditos nacionais elegíveis para o CORSIA seria em torno de 6,67 a 10,35 MtCO₂e em créditos de carbono ao ano, o que representaria um aumento de até 76,6% dos créditos demandados em 2024. No entanto, a efetivação desse potencial, assim como nos mecanismos de mercado do Artigo 6, depende da aceitação de ajustes correspondentes para esse montante a ser transacionado. A Figura 9 apresenta os potenciais para a demanda por créditos de carbono no Mercado Voluntário e CORSIA.

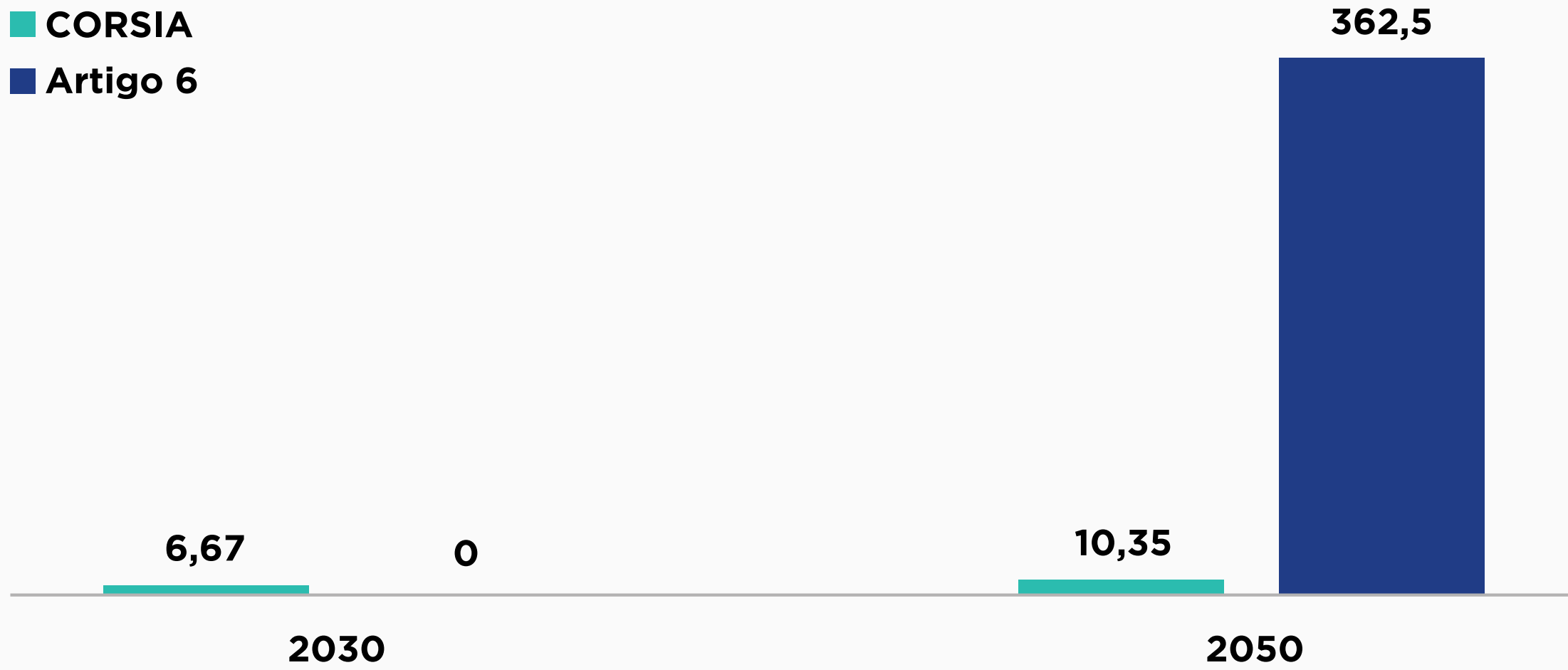
Dessa forma, a demanda advinda do CORSIA pode ser um importante vetor de demanda por créditos nacionais até 2030. A partir de 2050, como analisado na subseção anterior, os resultados de mitigação ofertados no âmbito do Acordo de Paris tendem a ser o maior vetor de demanda para os créditos nacionais. Vale ressaltar que ambos os casos são considerados ITMOs, no âmbito deste relatório, devido à necessidade da aceitação de ajustes correspondentes para que as unidades de mercado sejam transacionáveis. A Figura 10 sumariza os potenciais para ITMOs brasileiros.

Figura 9 – Crescimento potencial da demanda por créditos de carbono brasileiros (em MtCO₂e).



*Demanda para 2050 considerada igual à demanda para a segunda fase em 2030.
Fonte: Waycarbon, com base em ICAO (2025b).

Figura 10 – Potenciais de mercado para ITMOs brasileiros (em MtCO₂e)



Fonte: Waycarbon.

2.1.2. MENSAGENS-CHAVE

- ▶ A demanda por ITMOs e A6.4ER ainda é incipiente, assim como a sinalização de intenção de uso dos mecanismos de mercado do Acordo de Paris nas NDCs, dadas as lacunas sobre como será feita a operação dos mecanismos.
- ▶ A venda de ITMOs é possível dada uma redução de emissões consistente e superior às metas estabelecidas na NDC. Assim, os recursos obtidos com essa venda não podem ser a base da estratégia de cumprimento da NDC. O cumprimento da NDC brasileira ainda depende, portanto, mais da consistência e da efetividade de políticas internas do que do mercado internacional de carbono, o que reforça a necessidade de um arcabouço regulatório sólido e previsível.
- ▶ Considerando a oferta brasileira de ITMOs, o país poderá transacionar seus resultados de mitigação excedentes em relação à meta de redução de emissões do país ano a ano.
- ▶ No longo prazo, com a NDC brasileira para 2050 com zero emissões líquidas, o potencial de transação de ITMOs representará as remoções líquidas do país.
- ▶ Em um cenário de cooperação internacional para redução do aquecimento global, o Brasil seria líder na venda de ITMOs, ofertando cerca de 33% dos ITMOs transacionados.
- ▶ A Estratégia Nacional de Mitigação tem um papel fundamental de não só estabelecer novos instrumentos e políticas de mitigação, mas também de consolidar as políticas já existentes, aproveitando as lições aprendidas das experiências exitosas e não-exitosas.
- ▶ As etapas 1 e 2 do CORSIA podem elevar a demanda global por créditos de carbono do Mercado Voluntário que sejam submetidos a ajustes correspondentes.
- ▶ Para o Brasil, o CORSIA pode representar um aumento potencial de até 76,6% na demanda por créditos de carbono em relação a 2024, desde que haja aceitação dos mecanismos de ajuste correspondente.

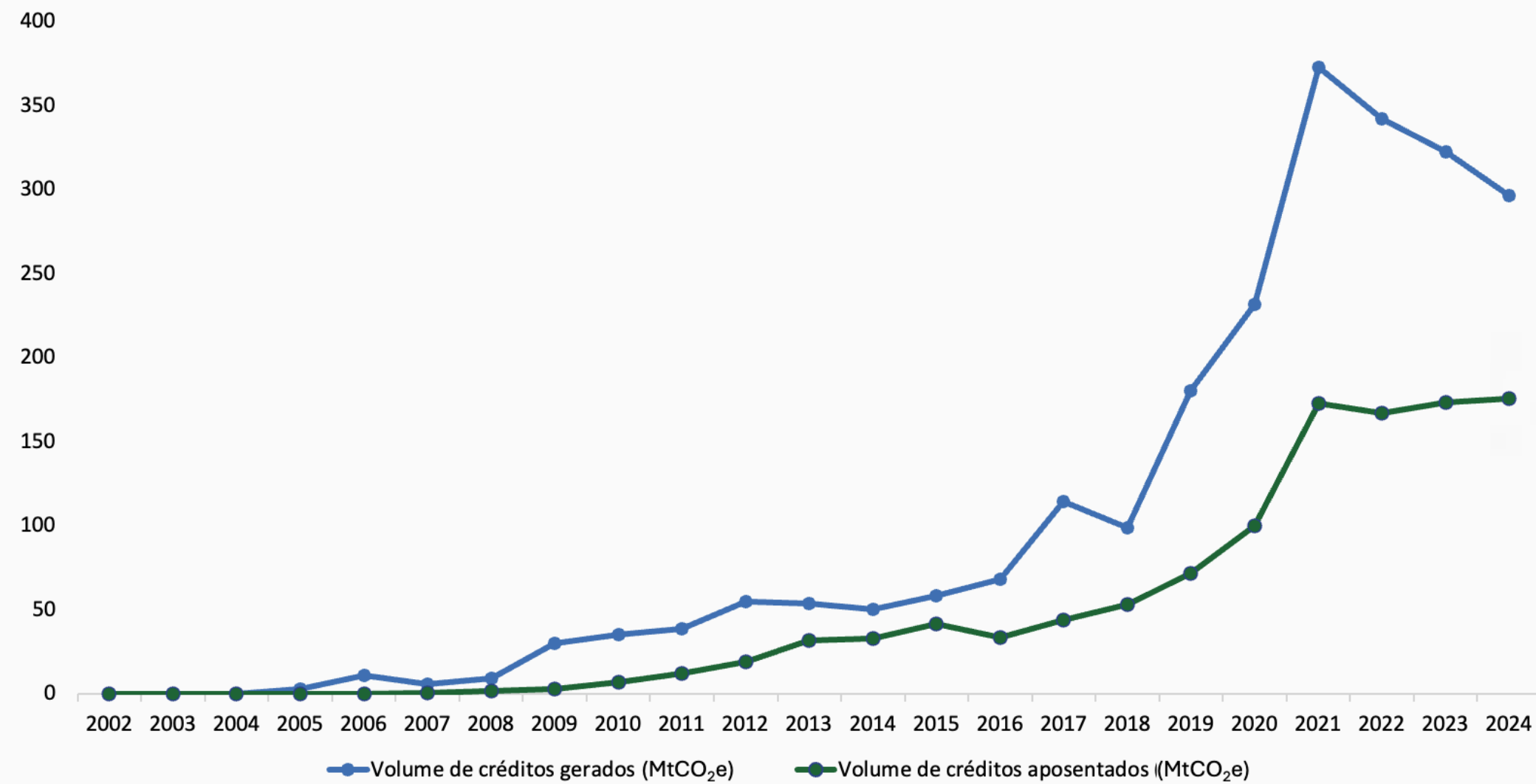
2.2. MERCADO VOLUNTÁRIO

O levantamento da geração de créditos de carbono da versão deste estudo de 2022 (ICC Brasil; WayCarbon, 2022), levou em consideração projetos registrados junto ao VCS, Gold Standard, ACR e CAR. A presente versão, amplia essa análise, considerando também os padrões independentes de certificação de carbono Cercabono, ART, PlanVivo, *Global Carbon Council* (GCC) e *Climate Forward*.¹⁰

A Figura 11 apresenta o histórico de créditos de carbono gerados e aposentados no mundo. Após um pico de geração de créditos observados em 2021 – movimento que pode ser interpretado como um reflexo da especulação de mercado dada a aceleração das metas climáticas corporativas (Carbon Direct, 2023), os anos subsequentes apresentaram um menor volume de créditos sendo gerados, mas ainda em quantidade superior às aposentadorias.

Há um total de 2.138 milhões de créditos gerados e 1.143 milhões aposentados, resultado em um exce-

Figura 11 – Histórico de créditos de carbono gerados e aposentados no mundo



Fonte: WayCarbon com base nos padrões independentes de certificação analisados.

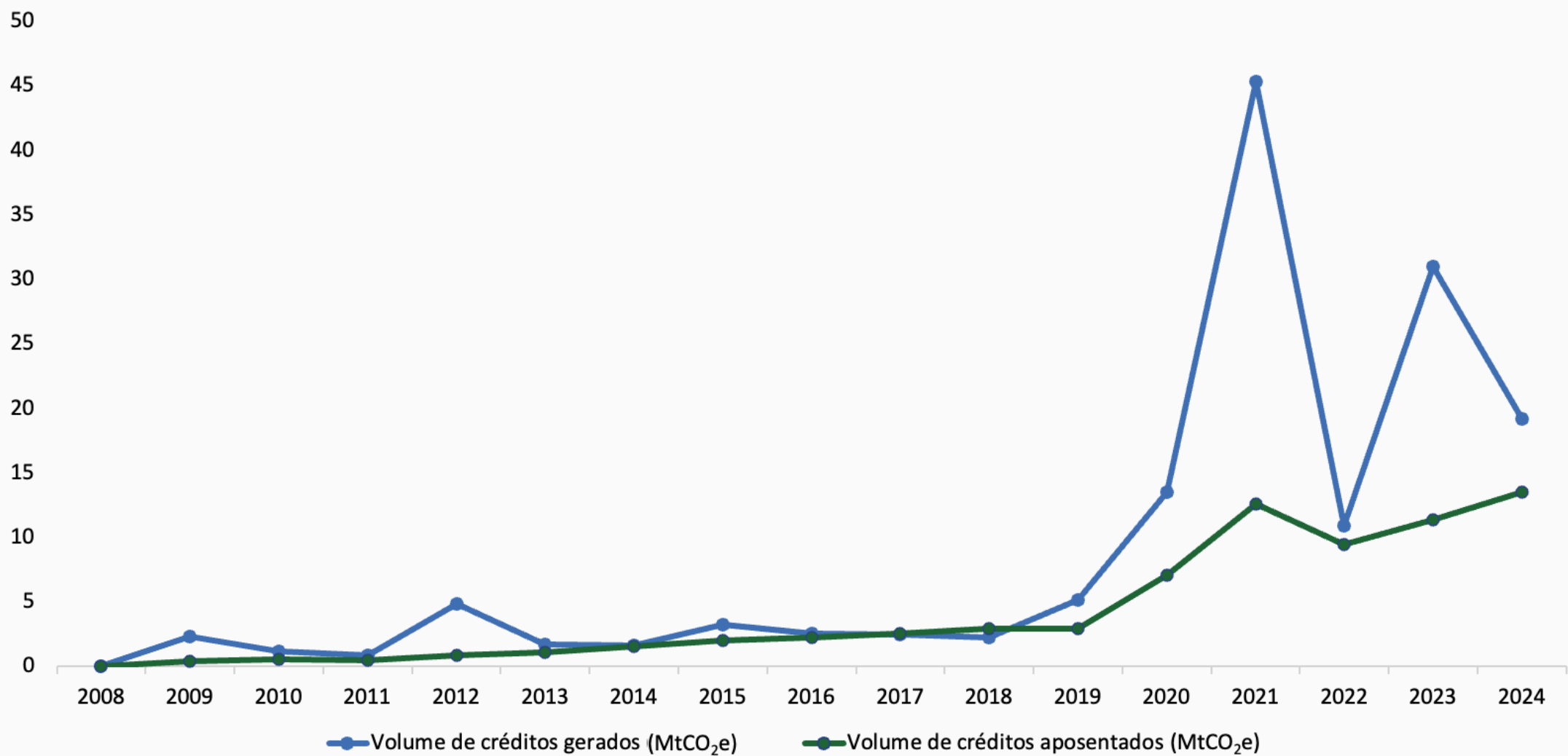
10. As informações dos padrões independentes de certificação analisados nesse estudo foram obtidas em suas plataformas de projetos entre os dias 05 e 30 de maio de 2025: VCS (Verra, [s. d.]), (Gold Standard, [s. d.]), (ACR, [s. d.]), (CAR, [s. d.]), (Cercabono, [s. d.]), Architecture for REDD+ Transactions (ART, [s. d.]), (Plan Vivo, [s. d.]), Global Carbon Council (GCC, [s. d.]) e Climate Forward, [s. d.].

dente de 1.238 milhões de créditos em toda a série histórica. Ainda que haja créditos que tenham sido consumidos, mas não aposentados e agentes da demanda por créditos que reservem créditos para anos serem consumidos posteriormente (*banking*), tal excedente pode ser identificado como cenário de excesso significativo de oferta de créditos de carbono no Mercado Voluntário. Por outro lado, **apesar dos recentes questionamentos acerca da integridade dos créditos, as aposentadorias permaneceram constantes no mesmo período o que pode indicar uma certa resiliência na demanda efetiva.** Essa tendência

pode ser justificada pela maior interação entre o Mercado Voluntário com instrumentos de conformidade nacionais, como a compensação de tributos sobre o carbono via aposentadoria de créditos de carbono do Mercado Voluntário (Banco Mundial, 2025).

O volume histórico de créditos de carbono gerados e aposentados no Brasil pode ser observado na Figura 12. O mercado acumula um volume total de 148 milhões de créditos gerados e 71 milhões de créditos aposentados na série histórica, dispondo de um total de 77 milhões de créditos brasileiros gerados e ain-

Figura 12 - Histórico de créditos de carbono gerados e aposentados no Brasil



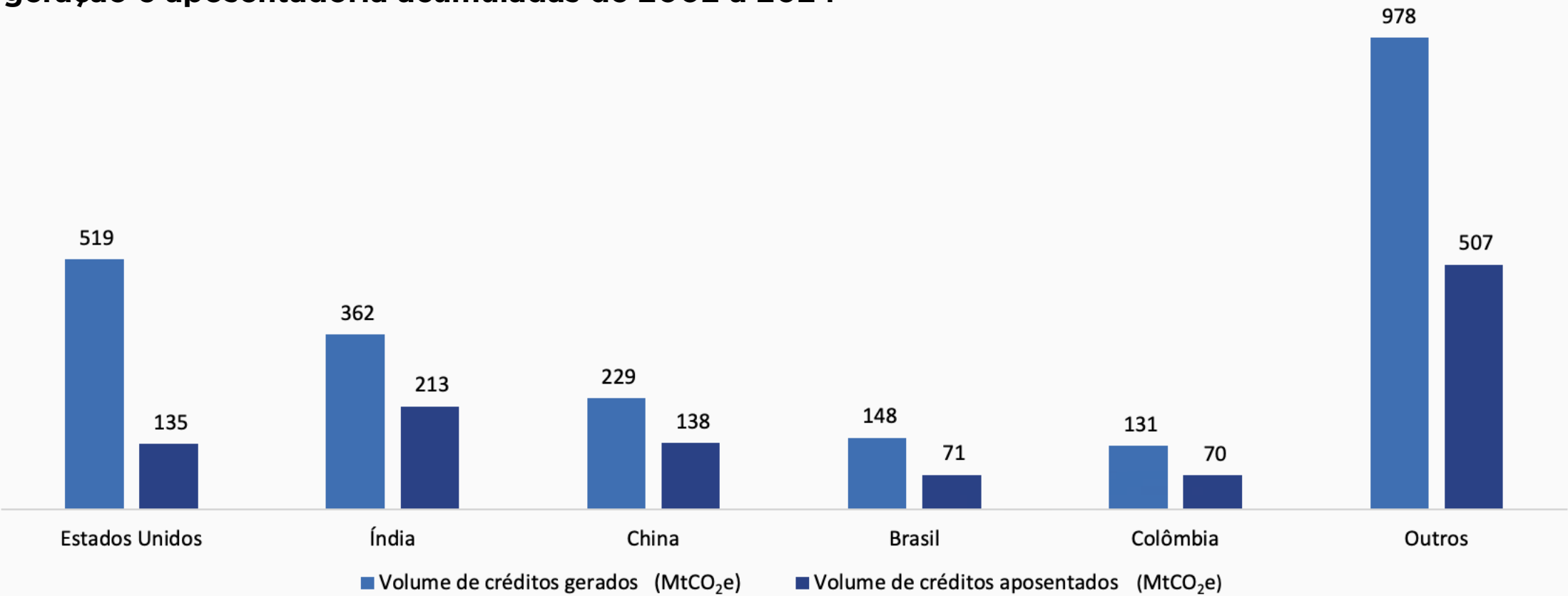
Fonte: WayCarbon com base nos padrões independentes de certificação analisados.

da não aposentados. O primeiro registro de crédito brasileiro nos padrões independentes de certificação de carbono analisados data de 2009. Após o pico de créditos em 2021, tendência também identificada em outros países, há uma considerável retração da geração de créditos de carbono em 2022. Além disso, acompanhando a tendência mundial, o número de aposentadorias entre 2021 e 2022 se manteve relativamente estável.

Historicamente, os principais cinco países geradores de créditos concentram cerca de 59% dos créditos gerados e 55% dos créditos aposentados. São eles: Estados Unidos, China, Índia, Brasil e Colômbia. Enquanto os quatro primeiros já estavam nesse grupo de principais geradores de créditos de carbono, a Colômbia tem se destacado recentemente, alcançan-

do um acumulado de 98,3 milhões de créditos gerados nos últimos 5 anos, valor mais que três vezes superior do quinquênio entre 2015-2019. Grande parte desse crescimento é devido à geração de créditos no Cercarbono, que já é responsável por 76% dos créditos colombianos desde 2019. As aposentadorias totais dos créditos de projetos colombianos já alcançaram 70 milhões de créditos, quase alcançando as aposentadorias de créditos brasileiros, em 71 milhões de créditos. Parte significativa da finalidade dessas aposentadorias é a compensação do tributo nacional sobre carbono, responsável por aproximadamente 45,4% das aposentadorias de créditos no país. A Figura 13 apresenta a geração e aposentadoria de créditos desses países e o acumulado de outros países.

Figura 13 - Principais países geradores de créditos de carbono no Mercado Voluntário (em MtCO₂e) geração e aposentadoria acumuladas de 2002 a 2024



Fonte: WayCarbon com base nos padrões independentes de certificação analisados.

Nos demais países geradores de créditos, percebe-se o predomínio do VCS tanto do lado da oferta (geração de créditos) quanto do lado da demanda (apostatadorias), com 54 e 69% dos créditos gerados e apostados globalmente, respectivamente. No Brasil, até 2022, o VCS dominava a geração de créditos. Porém, em 2023, em seu primeiro ano no Brasil, o Cercarbono foi responsável por quase 80% dos créditos gerados naquele ano. Em 2024, a geração de créditos brasileira foi bem distribuída entre quatro padrões independentes de certificação: o Cercarbono foi responsável por 34%; a Gold Standard por 27%; a VCS gerou 25% e, por fim, o GCC gerou 14% dos créditos nesse ano. Vale destacar o crescimento expressivo da participação do Gold Standard, que gerou, ao todo, 2,7 milhões de créditos em projetos brasileiros no período entre 2012 e 2023 e 5,1 milhões de créditos de carbono apenas em 2024.

As apostadorias no Brasil, no entanto, são dominadas pelo VCS, responsável por mais de 90% das apostadorias históricas. Apesar da redução gradual de geração de créditos, o volume de créditos apostados no VCS permanece relativamente constante ao longo do tempo (69% do total apostado). Como um dos padrões de certificação mais antigos e com processos já conhecidos e reconhecidos, o VCS mantém uma posição de preferência entre os agentes da demanda por crédito de carbono.

É relevante ainda destacar o papel dos cobenefícios gerados pelos projetos de crédito de carbono, isto é, impactos positivos adicionais, incluindo melhorias sociais e/ou ambientais, especialmente no que se refere ao alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), na oferta e na demanda

por créditos de carbono. Apenas quatro dos padrões independentes de certificação analisados – VCS, Cercarbono, ACR e GCC – reportam de forma sistemática a associação, ou ausência dela, dos projetos registrados a algum ODS. Juntos, esses padrões representam 72% do volume total dos créditos gerados.

Com base na série histórica, observa-se que 22% do volume de créditos gerados por esses padrões está vinculado a pelo menos um ODS. Essa vinculação pode ocorrer de forma retroativa, como no caso de projetos registrados antes da formalização dos ODS, a exemplo de iniciativas datadas de 2009. Nos últimos dez anos, a média do percentual de volume de créditos gerados associados a algum ODS chegava a 24%. Entretanto, **em 2023 e 2024, esse percentual subiu para 33%, sugerindo uma tendência positiva da oferta de créditos de alinhamento dos projetos registrados aos ODS.** Por outro lado, essa tendência ainda não é refletida nas apostadorias de créditos. A média dos últimos dez anos indica que apenas 10% do volume de créditos apostados apresentava vínculo com ao menos um ODS – em 2023 e 2024 o percentual é igual a média.

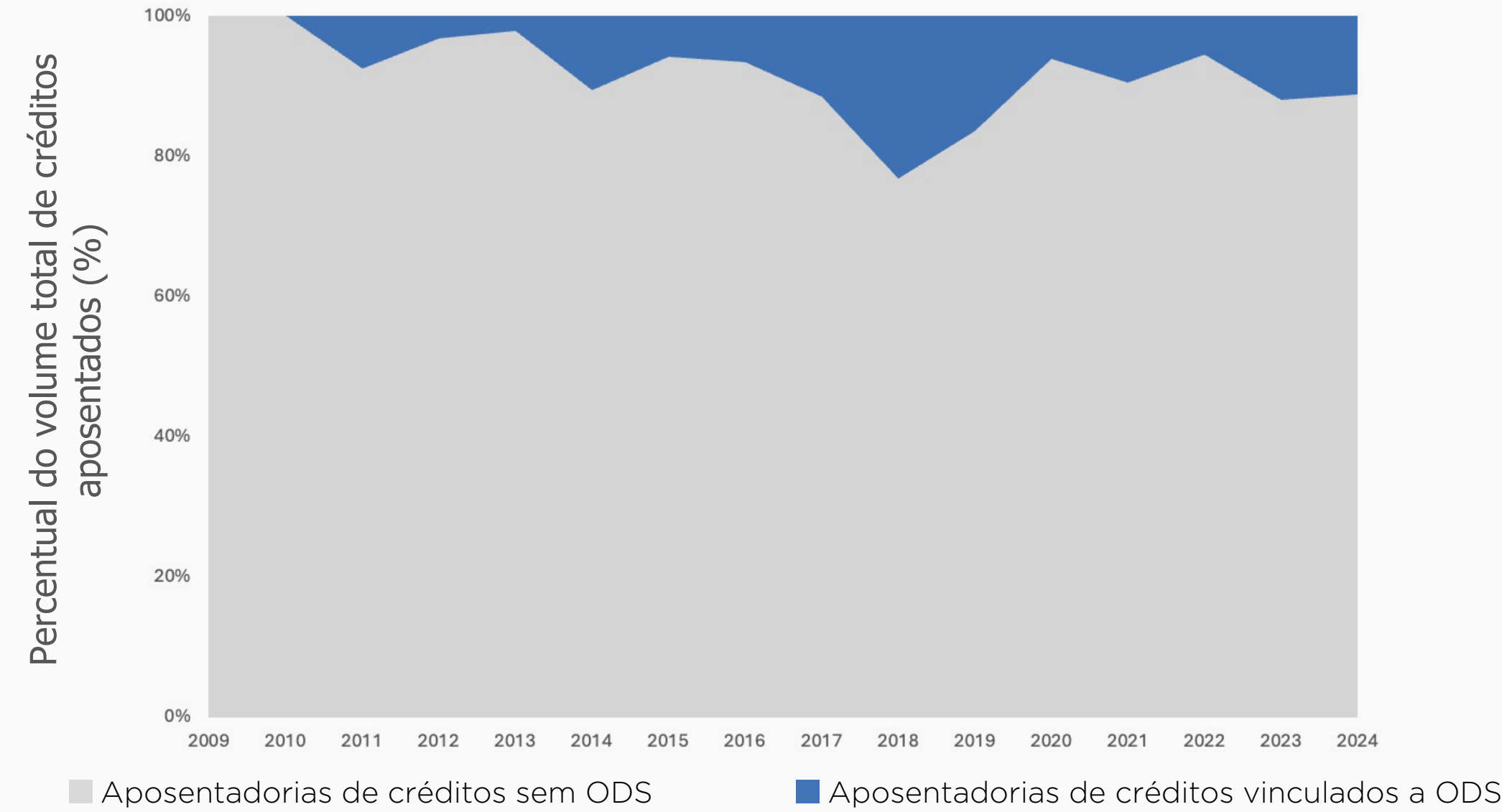
Embora os cobenefícios já venham sendo mencionados como elementos valorizados em estratégias corporativas de sustentabilidade, o levantamento do volume de apostadorias de créditos com alguma certificação adicional, que comprove impactos sociais e/ou ambientais positivos, ainda não evidencia uma tendência consistente de preferência, por parte dos compradores, por esses tipos de crédito. O volume total de créditos apostados associados a algum ODS apresenta um leve crescimento e flutuações anuais sem padrão definido, o que sugere que a es-

colha dos compradores pode estar mais relacionada a fatores específicos do projeto – como o preço, tipo, localização ou confiança na metodologia – do que à presença de cobenefícios, conforme mostra a Figura 14.

Outra abordagem utilizada para avaliar os cobenefícios gerados pelos projetos é a adoção dos selos, tais como o CCB (*Climate, Community & Biodiversity*), que buscam assegurar a aplicação de boas práticas voltadas à geração de benefícios positivos em três dimensões: mitigação das mudanças climáticas, desenvolvimento das comunidades locais e conservação da biodiversidade. O CCB é gerenciado pela

Verra, que também gerencia o VCS, sendo, portanto, este o único padrão entre os analisados que apresenta projetos certificados com o selo. Além disso, o selo CCB é restrito a projetos do setor AFOLU (Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra). Considerando, portanto, apenas os créditos de projetos de AFOLU emitidos pelo VCS, observa-se que, na série histórica, 70% do volume de créditos já possui o selo CCB. No recorte dos últimos cinco anos (2020 – 2024), esse percentual aumenta para 74%, indicando uma leve intensificação na adoção do selo entre os projetos recentes. **Em relação às apostadorias, os crédi-**

Figura 14 - Relação entre a apostadoria de créditos com contribuição a algum ODS e créditos sem contribuição



Fonte: WayCarbon com base nos padrões independentes de certificação analisados.

tos com selo CCB representam 66% do total aposentado desde 2009 — ano em que se registram os primeiros créditos com esse selo. Nos últimos cinco anos, esse índice sobe para 76%, sugerindo uma crescente preferência por créditos com cobenefícios certificados no momento da aposentadoria.

A Figura 15 mostra a crescente de aposentadorias com este selo, evidenciando um aumento do interesse em créditos de projetos que trazem contribuições à biodiversidade e comunidades locais.

Quanto aos projetos geradores de créditos, no mundo, os setores de Energia, Indústria e AFOLU ganham

destaque em termos de volume de créditos gerados e aposentadorias. A indústria teve protagonismo entre 2002 e 2010, período em que foi responsável pela geração de 53% dos créditos registrados. A partir de 2011, no entanto, sua representatividade foi significativamente reduzida – não tanto por uma queda expressiva no volume de créditos gerados, mas, sobretudo, pelo crescimento acelerado de projetos nos setores de Energia e AFOLU. Em 2022, a Indústria voltou a ganhar relevância, respondendo por 13% dos créditos gerados, alcançando um recorde histórico de 43 milhões de créditos gerados.

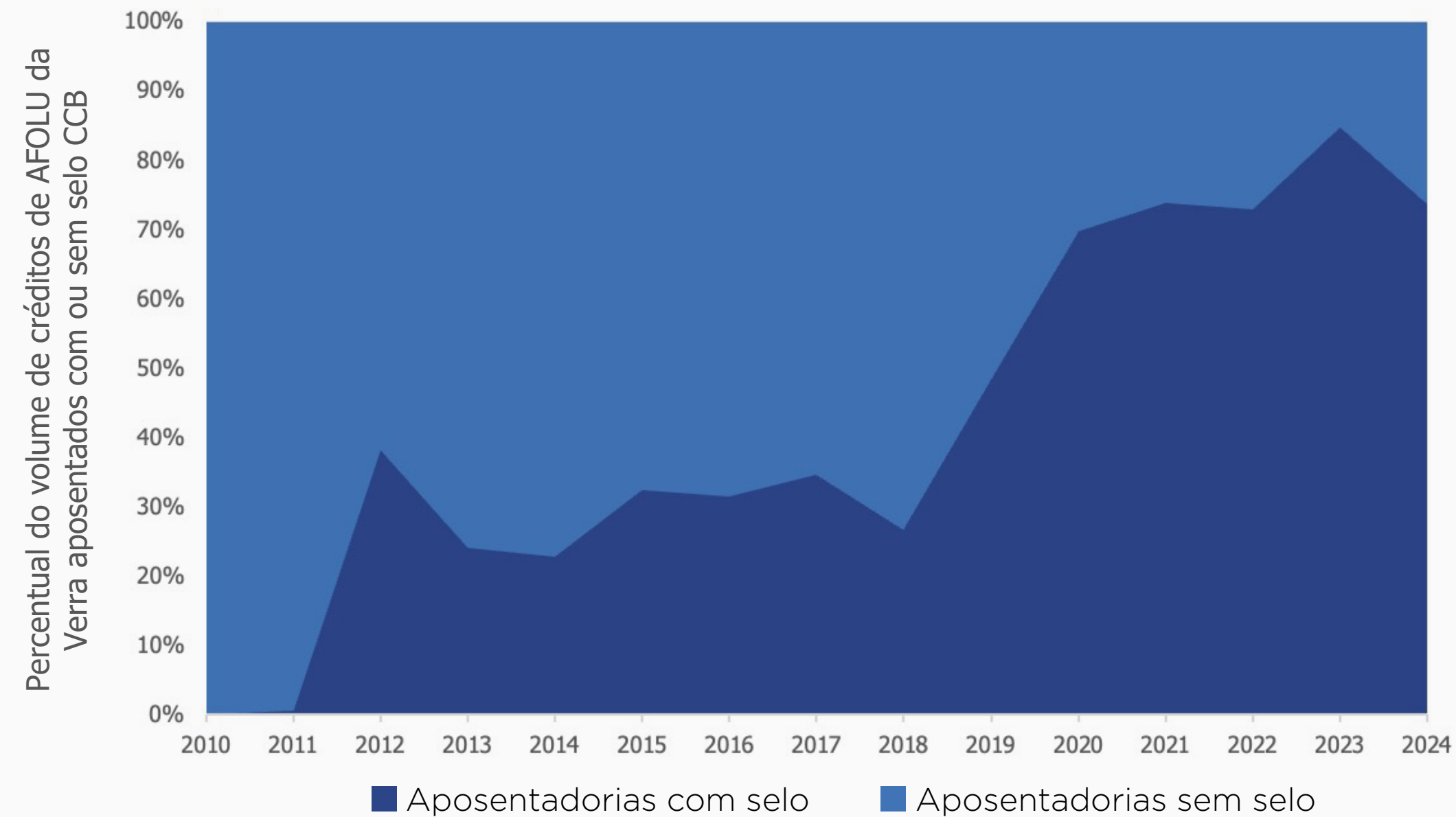
O setor AFOLU, tradicionalmente com forte participação no mercado – especialmente a partir de 2011 –, apresentou uma retração significativa na oferta de créditos em 2024, possivelmente fruto de recentes críticas quanto à integridade de projetos de conservação florestal. Pela primeira vez em uma década, sua participação caiu para menos de 30% do total de créditos gerados. Em termos absolutos, o volume caiu de 135 milhões de créditos em 2023 para 76 milhões em 2024, representando um encolhimento de aproximadamente 44% de suas emissões em um ano.

Já o setor de energia mantém uma participação relevante na geração de créditos desde 2009. A partir de 2020, o setor passou a gerar mais de 100 milhões de créditos anualmente, atingindo seu pico em 2021, ao alcançar o marco de 150 milhões de créditos. Nos úl-

timos cinco anos, sua contribuição oscilou em torno de 40% do total da geração de créditos.

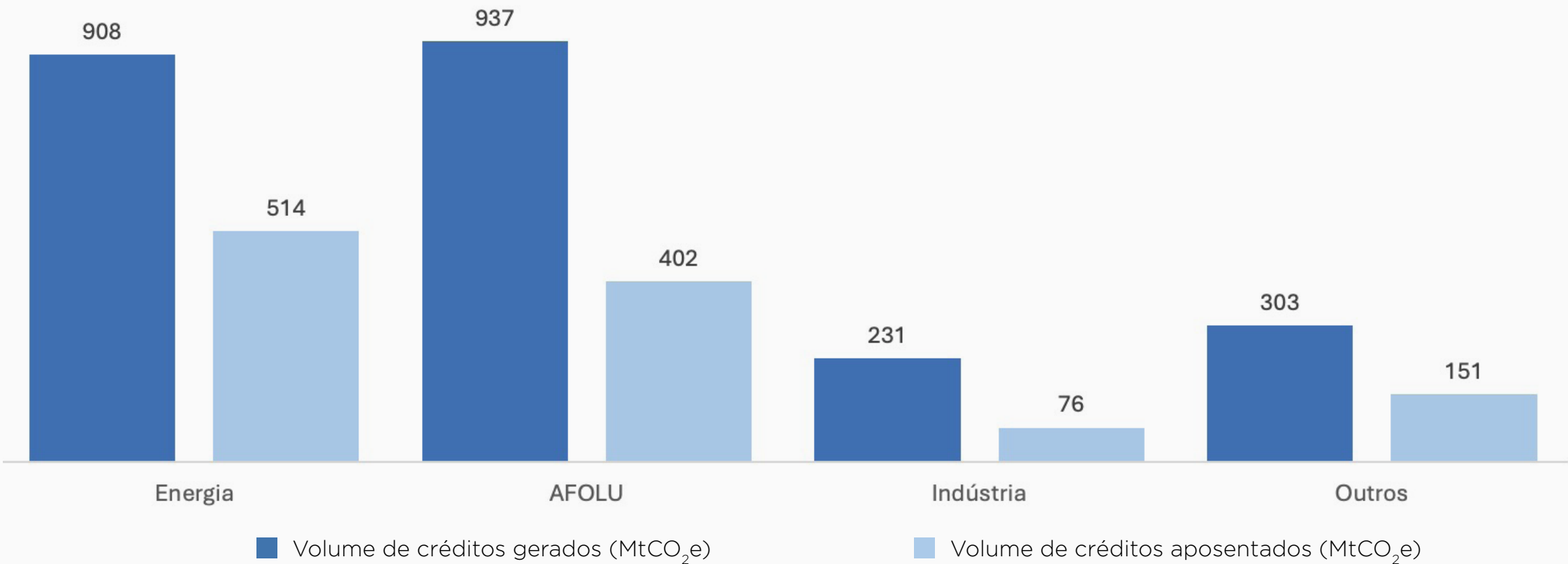
Em relação à demanda por créditos de carbono, observa-se que os setores com maior volume de aposentadorias são, naturalmente, também os maiores geradores de créditos. O setor de Energia lidera nesse aspecto, com 71 milhões de créditos aposentados em 2023 e 78 milhões em 2024. O setor AFOLU segue de perto, com 69 milhões de créditos aposentados em 2023 e 70 milhões em 2024. Já o setor Industrial, após o pico de geração em 2022, apresentou 16 milhões de créditos aposentados em 2023 e 10 milhões em 2024. A Figura 16 apresenta a geração de créditos e as aposentadorias acumuladas por esses setores no mundo.

Figura 15 - Percentual do volume de créditos de AFOLU do VCS aposentados com ou sem selo CCB



Fonte: WayCarbon com base nos padrões independentes de certificação analisados.

Figura 16 - Histórico de créditos de carbono gerados e aposentados no mundo (2002 - 2024) por setor ofertante de créditos de carbono (em MtCO₂e)



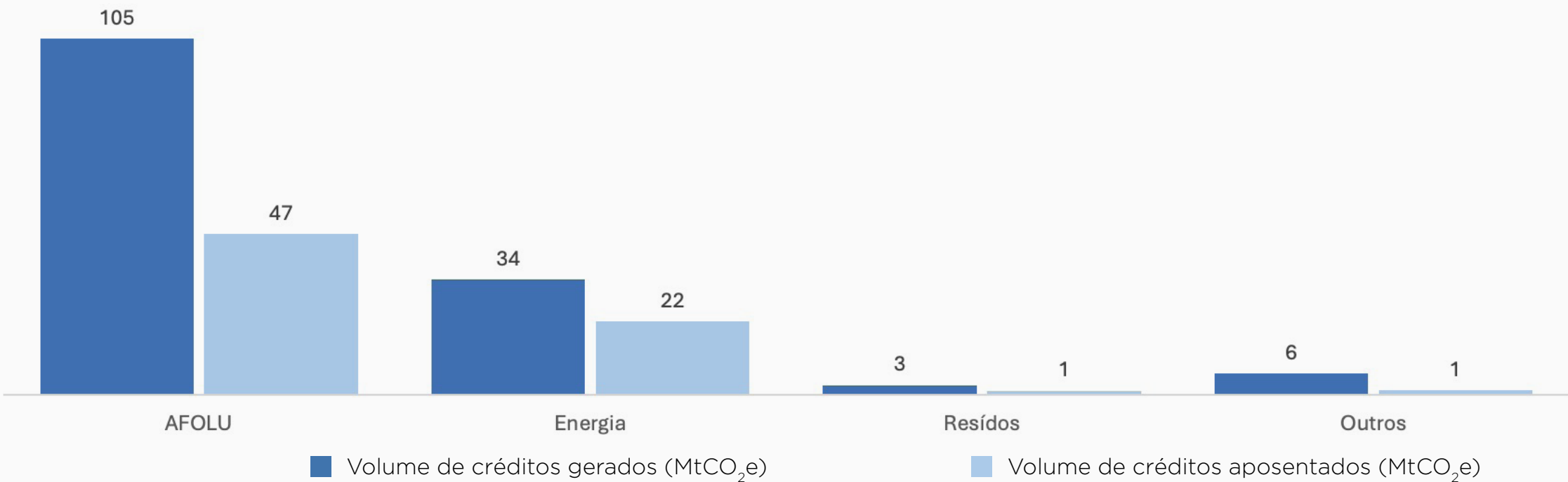
Fonte: WayCarbon com base nos padrões independentes de certificação analisados

No contexto brasileiro, não foram identificados projetos registrados do setor industrial nos padrões analisados. Além disso, no Brasil, o setor AFOLU possui maior relevância na geração de créditos e aposentadorias, em relação aos outros setores, do que se observa mundialmente. Tal tendência pode ser justificada pela geração de cobenefícios socioambientais em projetos de conservação e restauração florestal além da redução e/ou remoção de emissões de GEE e pela perda de adicionalidade de projetos de energia renovável no país. As principais atividades geradoras de créditos de carbono no país em toda a série histórica (entre 2002 e 2024) são, em ordem de relevância: do setor AFOLU, com aproximadamente 105 milhões de créditos gerados e 47 milhões aposentados; do setor de energia, com 34 milhões de créditos gerados e 22 milhões aposentados; e em terceiro, do setor de resíduos, com 3 milhões de crê-

ditos gerados e 1 milhão aposentados. A Figura 17 sintetiza a geração e aposentadoria de créditos de carbono no Brasil por setor ofertante.

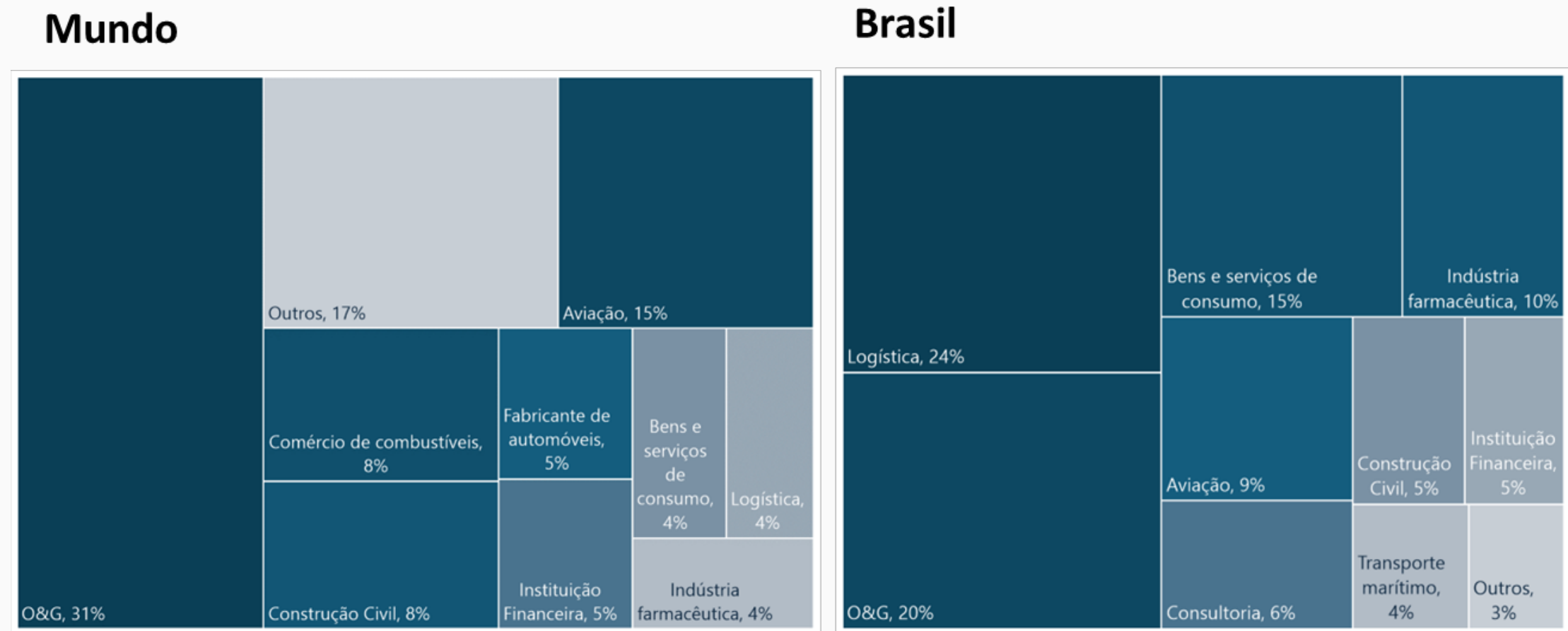
No que diz respeito aos consumidores de créditos de carbono, agentes da demanda por créditos de carbono que aposentam créditos, observa-se uma maior participação de determinados setores da economia, conforme a Figura 18, ao lado. Globalmente, os setores de Óleo e Gás e Aviação têm se destacado historicamente como os maiores consumidores de créditos de carbono. Somente em 2023 e 2024, as empresas do setor de Óleo e Gás foram responsáveis pela aposentadoria de mais de 40 milhões de créditos. Já o setor de Aviação tem demonstrado consistência nesse processo, com uma média de aproximadamente 5 milhões de créditos aposentados anualmente, no período entre 2020 e 2024.

Figura 17 - Histórico de créditos de carbono gerados e aposentados no Brasil (2002 - 2024) por setor ofertante de créditos de carbono (em MtCO₂e)



Fonte: WayCarbon com base nos padrões independentes de certificação analisados.

Figura 18 - Setores dos principais beneficiários de créditos de carbono no Mundo e Brasil



Fonte: WayCarbon com base nos padrões independentes de certificação analisados.

No Brasil, essa tendência também se confirma. Os setores de Óleo e Gás e Aviação figuram entre os principais consumidores de créditos de carbono no país. Além disso, empresas de consultoria ganharam relevância no cenário nacional nos últimos anos, posicionando-se como um dos segmentos que mais aposentam créditos. Outros setores, como Logística, Bens e Serviços de Consumo e Indústria Farmacêutica, também se destacam. No entanto, nesses casos, o volume expressivo de aposentadorias é impulsionado, principalmente, pela atuação de uma única empresa em cada setor.

Apesar da relativa estabilidade das aposentadorias entre 2023 e 2024 no âmbito global, os preços dos créditos recuaram cerca de 6%, assim como o volume transacionado, que recuou 25% neste mesmo intervalo de tempo (Ecosystem Marketplace, 2025). Os pre-

ços de créditos de energias renováveis foram os mais afetados no período, com redução de 32% em relação a 2023, enquanto os créditos de projetos de agricultura cresceram 18% no mesmo período, apesar da contração de 87% no volume transacionado. O setor de agricultura foi o único setor que registrou aumento no preço médio, impulsionado pelo preço dos subgrupos de Metano de Pecuária, Gestão Sustentável de Terras agrícolas e Carbono no Solo. A Tabela 2, na próxima página, apresenta preços e volume transacionado em cada setor.

Tabela 2 - Volume transacionado e preços praticados no Mercado Voluntário de Carbono global em 2023 e 2024

	2023		2024		Variação	
	Volume (MtCO ₂ e)	Preço (USD)	Volume (MtCO ₂ e)	Preço (USD)	Volume (MtCO ₂ e)	Preço (USD)
Floresta e Uso do Solo	37,1	\$ 10,04	37,0	\$ 9,27	0%	-8%
Energia Renovável	29,0	\$ 3,92	22,3	\$ 2,67	-23%	-32%
Indústria	12,2	\$ 4,10	5,7	\$ 3,66	-53%	-11%
Dispositivos domésticos/comunitários	10,2	\$ 7,71	5,1	\$ 7,30	-50%	-5%
Resíduos	1,5	\$ 7,46	4,8	\$ 6,72	226%	-10%
Agricultura	4,7	\$ 6,51	0,6	\$ 7,66	-87%	18%
Eficiência Energética e Troca de Combustíveis	9,4	\$ 3,65	0,6	\$ 3,05	-93%	-16%
Transportes	-	-	0,2	\$ 3,24	-	-

Fonte: (Ecosystem Marketplace, 2025).

Vale destacar que o volume transacionado pode não coincidir com a geração ou com a aposentadoria de créditos, dado que esse volume se refere às negociações. Uma vez gerado, um crédito pode ser transacionado inúmeras vezes até ser, de fato, aposentado. A aposentadoria dos créditos é realizada uma única vez e pode ser fruto de uma transação que ocorreu no mesmo ano da aposentadoria ou em anos anteriores. Assim, apesar do volume transacionado ser um importante termômetro, mensurando a liquidez e a sinalização de preços do mercado, esse indicador pode incorporar negociações que não resultam em compensações de emissões, principal finalidade da demanda do Mercado Voluntário de Carbono. Por esses motivos, este estudo considera a aposentadoria como a demanda efetiva por créditos de carbono, dado que um crédito só pode ser aposentado, ou seja, “consumido”, uma única vez.

2.2.1. POTENCIAL DO MERCADO

A demanda por créditos no Mercado Voluntário é significativamente fragmentada de forma que identificar os principais vetores de uma demanda potencial futura tende a ser uma análise permeada de incertezas. Sendo assim, as estimativas a seguir buscam traçar um racional acerca dos vetores que podem influenciar a demanda futura por créditos no Mercado Voluntário e, conseqüentemente, o potencial para este mercado. Como já mencionado anteriormente, as análises a seguir não são previsões, mas sim análises de cenários, dadas as informações disponíveis.

É esperado que grande parte da procura futura por esses créditos seja advinda de empresas que possuem compromissos climáticos. Entre os compromissos climáticos, a *Science Based Target Iniciati-*

ve (SBTi) recebe destaque por ser provavelmente a principal iniciativa utilizada para o estabelecimento de metas. Atualmente, mais de 10 mil empresas já declararam algum compromisso em estabelecer metas climáticas de acordo com a SBTi, e mais de 7,9 mil já tiveram as metas efetivamente aprovadas pela iniciativa, abrangendo cerca de 5.000 MtCO₂e em emissões anuais cobertas pelos compromissos climáticos em 2023 (SBTi, 2024, 2025). Em geral, as empresas com metas de longo prazo aprovadas pela iniciativa devem reduzir em aproximadamente 90% de suas emissões até 2050, neutralizando as emissões residuais, o que implicaria em uma **demanda global de 500 MtCO₂e por ano em 2050, considerando a abrangência atual da iniciativa e que as empresas cumpram os compromissos atuais**, assumidos em 2023.

Historicamente, o volume de créditos em que aqueles que aposentam os créditos (consumidores) são empresas que possuem algum compromisso com a SBTi foi em torno de 60,3 milhões de créditos, o que representa cerca de 5,3% dos créditos aposentados globalmente no Mercado Voluntário. Em 2023, as aposentadorias das empresas com algum compromisso com a SBTi totalizaram cerca de 17,25 milhões de créditos, o que representa apenas 0,35% das emissões de GEE cobertas pela iniciativa.

O percentual abaixo de 10% é esperado, dado que o foco inicial da iniciativa é a redução das emissões e não a compensação ou neutralização de emissões. Considerando que as empresas enfrentam restrições orçamentárias ao escolherem descarbonizar inter-

namente, sobram menos recursos para a compra de créditos de carbono. Dado que a compensação das emissões não residuais não é permitida para o cumprimento das metas de redução, a compra de créditos de carbono é destinada a empresas com compromissos mais ambiciosos que o estipulado pela SBTi. Adicionalmente, a maior parte das metas são de curto prazo, não indicando o compromisso de descarbonização até 2050 com neutralização de emissões residuais. Ainda assim, para a demanda potencial em 2050, é possível que as opções de mitigação de emissões fiquem escassas, de forma que as neutralizações alcancem 10% das emissões cobertas atualmente. Vale destacar que apenas os créditos de remoção de emissões são permitidos atualmente para a neutralização das emissões residuais.

Além disso, a quantidade de empresas com metas estabelecidas vem crescendo significativamente ano a ano, o que pode aumentar as emissões cobertas pela iniciativa. Entre 2020 e 2024, a quantidade de empresas com metas estabelecidas cresceu em média 228% ao ano, passando de 546 empresas com metas aprovadas em 2020 para 6.781 empresas em 2024, tendência que pode permanecer nos próximos anos. Dada a incerteza quanto aos novos compromissos climáticos, no entanto, esse crescimento potencial não foi considerado para a estimativa da demanda para os horizontes analisados.

Outra parcela da demanda efetiva pelos créditos de carbono é advinda de empresas com outros compromissos climáticos que não relacionados à SBTi, como

a Shell, a maior demandante identificada, com mais de 36,8 milhões de créditos aposentados até 2024. Além da Shell, chama atenção o fato de outras empresas da cadeia de produção de combustíveis fósseis representarem uma parcela significativa da demanda efetiva dos créditos de carbono, como empresas participantes do *International Group of Liquefied Natural Gas Importers* (GIIGNL). Historicamente, as empresas participantes desse grupo aposentaram 60 milhões de créditos, dos quais cerca de 6,8 milhões foram expressamente aposentados para a finalidade de compensação de emissões de Gás Natural Liquefeito (GNL). Entre 2020 e 2024, as empresas que fazem parte do GIIGNL compensaram, em média, 0,9% das emissões referentes ao GNL importado, considerando as emissões do ciclo de vida do GNL (GIIGNL, 2020).

Além do GIIGNL, a Tokyo Gas e outras 14 empresas japonesas de diferentes setores criaram a *Carbon Neutral LNG (CNL) Buyers Alliance*, visando compensar as emissões do gás natural utilizado no Japão (Tokio Gas, 2021). O fornecimento de gás natural liquefeito neutro em carbono pode ser atraente para a descarbonização de países asiáticos, dado que, embora muitos países do continente considerem o gás natural essencial para substituir o carvão no setor energético, a maioria tem produção doméstica insuficiente, poucas opções economicamente favoráveis para a expansão da produção doméstica e fontes alternativas limitadas para importação por gasoduto (BLANTON; MOSIS, 2021). Assim, a importação do GNL pode ser mais atrativa que a importação do combustível, dada a possibilidade de serem transportados por navios (BLANTON; MOSIS, 2021).

Considerando esses principais grupos de influência para a demanda de créditos no Mercado Voluntário, o potencial de demanda global para os anos de 2030 e 2050 foi estimado de forma segregada para cada grupo. As demais aposentadorias, que não são de empresas com compromissos SBTi ou do GIIGNL ou que não foram identificadas foram tratadas como “outros”. Foi considerado que essa parcela da aposentadoria dos créditos irá variar conforme os cenários de descarbonização produzidos pelo modelo GCAM da NGFS, já utilizados no cálculo do potencial dos mecanismos do Artigo 6 em seção anterior neste

estudo. O Quadro 2 apresenta a síntese de premissas dos cenários analisados.

O cenário *Net Zero* 2050 limita o aquecimento global a 1,5°C por meio de políticas climáticas rigorosas e inovação, atingindo emissões líquidas de CO₂ globalmente zero por volta de 2050. Este cenário pressupõe a implementação imediata de políticas climáticas ambiciosas, como inovações tecnológicas em captura e armazenamento de carbono. Já o cenário NDCs, menos ambicioso, pressupõe que a ambição climática moderada e heterogênea refletida nas NDCs condicionais no início de 2024 continue ao longo do sé-

culo XXI, de forma que as emissões diminuem, mas ainda assim levam a um aquecimento de 2,3 °C. Por fim, o cenário *Current Policies* pressupõe que apenas as políticas atualmente implementadas sejam preservadas. Nesse cenário, as emissões aumentam até 2080, resultando em um aquecimento de cerca de 3°C e em riscos físicos severos. Como as emissões globais aumentam nesses dois últimos cenários, foi considerado que a demanda por créditos de carbono de empresas que não possuem metas na SBTi no Mercado Voluntário também aumentaria como medida compensatória das emissões das empresas.

Quadro 2 - Premissas para estimativa da demanda por créditos de carbono no Mercado Voluntário

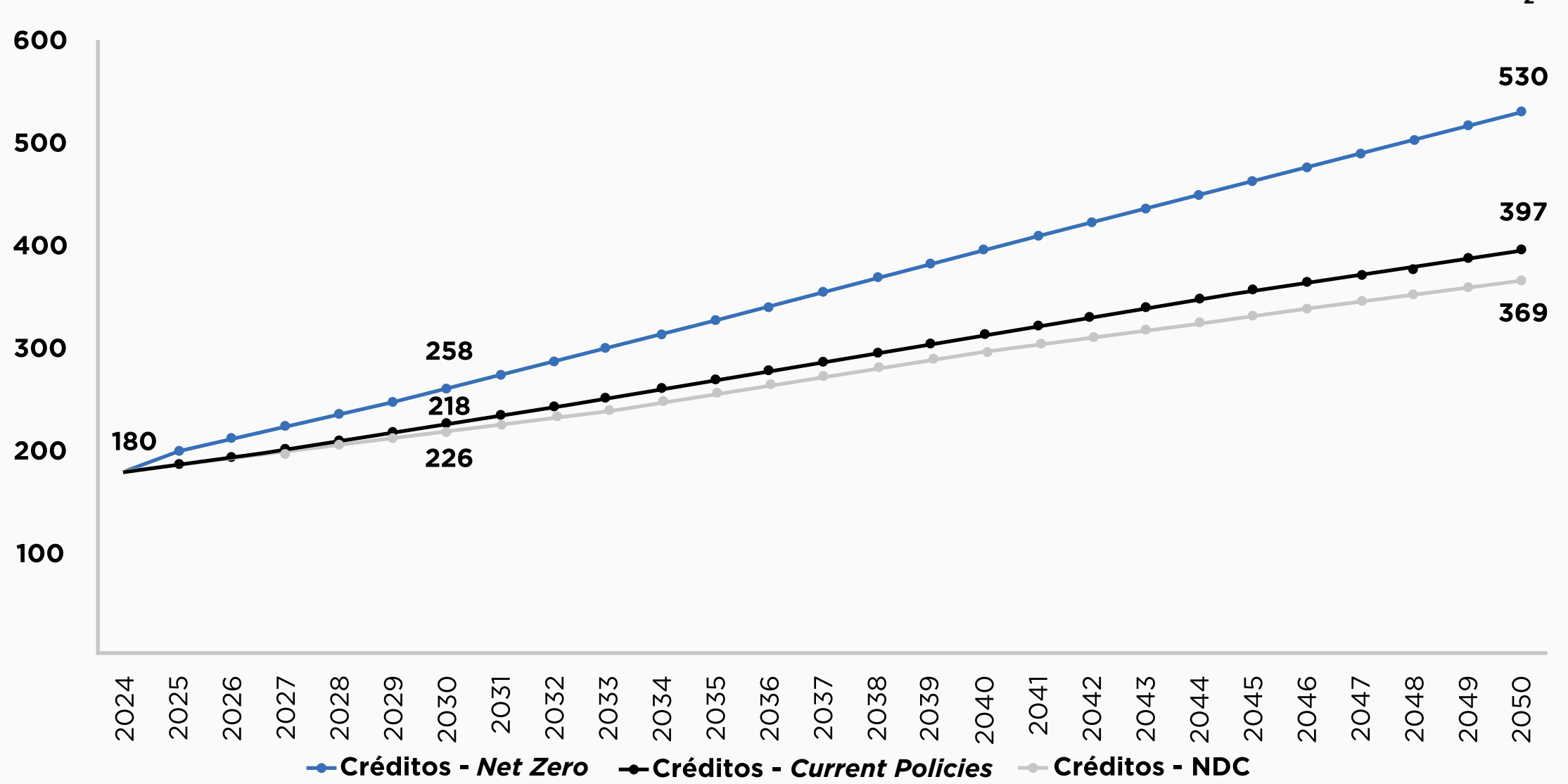
Variável	Cenário	Premissa adotada
Demanda global por crédito das empresas da SBTi	<i>Net zero</i> 2050	Crescimento linear das aposentadorias entre 2024 e 2050, até alcançar 10% das emissões cobertas pela iniciativa atualmente, ou seja, apenas as emissões residuais (500 MtCO ₂ e em 2050). Essa demanda seria exclusivamente por créditos de remoção, devido à restrição estabelecida pela SBTi.
	<i>Current Policies</i> e NDC (GCAM)	Crescimento linear das aposentadorias das empresas da SBTi igual a média histórica (57,73% em relação as emissões de 2024).
Demanda global de créditos relacionados às empresas do GIIGNL	Todos os cenários (GCAM)	Variação da demanda igual à taxa de crescimento do uso de gás natural nos respectivos cenários.
Demandas globais de outras iniciativas diversas	Todos os cenários (GCAM)	Variação da demanda na mesma taxa de descarbonização da economia global.
Demanda por créditos brasileiros	Todos os cenários	Média das Aposentadorias de créditos nacionais em relação às Aposentadorias totais do Mercado Voluntário

Fonte: WayCarbon.

Na Figura 19, o cenário de *Current Policies* apresentaria uma maior demanda por créditos em relação ao cenário de cumprimento das NDCs, dado que nesse cenário as emissões de GEE são maiores. Com o cumprimento das NDCs e consequentemente a re-

dução de emissões dos países, haveria menos emissões a serem compensadas. No cenário Net Zero, por sua vez, a redução das emissões de GEE nacionais é compensada pelos compromissos voluntários, o que torna a demanda por créditos maior nesse cenário.

Figura 19 - Cenários de Demanda Global por Créditos de Carbono no Mercado Voluntário (em MtCO₂e)



Fonte: WayCarbon

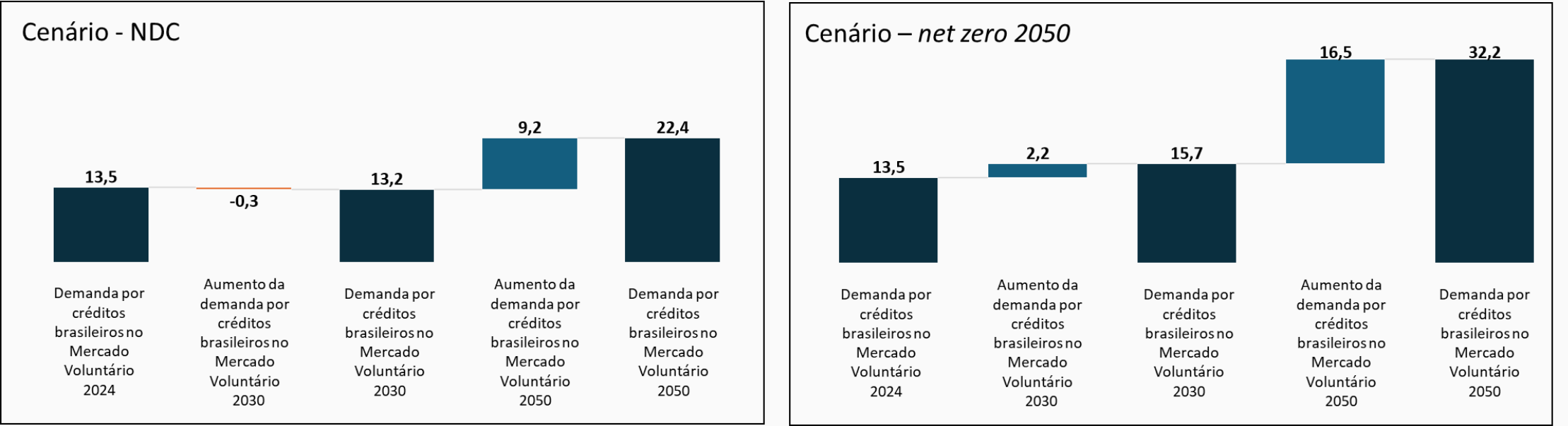
Para a demanda por créditos brasileiros, como grande parte das aposentadorias dos créditos vem da demanda internacional, foi considerado que o *market-share* das aposentadorias de créditos brasileiros permanecerá constante como a média dos últimos 10 anos, igual a 6,08% das aposentadorias globais. Além disso, nesse exercício, não foi considerado o possível impacto do

SBCE no Mercado Voluntário, impacto que será analisado de forma separada na próxima seção, dado que não se sabe se o mercado regulado brasileiro aceitará as mesmas metodologias atualmente utilizadas no Mercado Voluntário. Adicionalmente, ao fazer parte de um mercado regulado, essa demanda teria um caráter de conformidade, não mais voluntário.

Seguindo a mesma tendência do cenário global, a demanda por créditos brasileiros variaria entre 13,2 e 15,7 milhões de créditos em 2030 e 22,4 a 32,2 milhões em 2050. As aposentadorias nacionais observadas em 2024 foram cerca de 13,5 milhões de créditos, de forma que, considerando as premissas adotadas, não é esperado um crescimento expressivo na demanda por créditos nacionais no Mercado Voluntário até 2030. O baixo crescimento em relação

às aposentadorias observadas em 2024 se deve à proporção dos créditos aposentados historicamente. Como não é possível observar nenhuma tendência de aumento das aposentadorias de créditos brasileiros na série histórica, não foi projetado esse aumento de *market-share*. A Figura 20 apresenta a demanda por créditos de carbono nos cenários NDC e no cenário *net-zero* 2050.

Figura 20 - Aumento da demanda por Créditos de Carbono brasileiros no Mercado Voluntário (em milhões)



Fonte: WayCarbon

A diferença fundamental em relação às edições anteriores deste estudo é que, enquanto as versões anteriores focaram no potencial de oferta de créditos de carbono, considerando a proporção da oferta observada em 2019 e 2021 constantes (o ano de 2020 não foi considerado como base por causa da pandemia do COVID-19), esta edição atual foca no potencial de demanda para a análise dos potenciais de mercado, dado que é preciso haver agentes dispostos a comprar os créditos para que a oportunidade econômica se concretize.

Naturalmente, outras iniciativas podem surgir e reforçar essa tendência da demanda por créditos nacionais. Por exemplo, a Petrobras, que historicamente aposentou cerca 150 mil créditos de carbono, considerando aposentadorias com identificação do beneficiário final nas bases de dados dos padrões analisados¹¹, lançou em 2025 uma iniciativa para promover a restauração de 50 mil hectares de áreas degradadas na Amazônia brasileira, o ProFloresta+, com previsão de contratação de 5 milhões de créditos na fase inicial da iniciativa (PETROBRAS, 2025). Não foi divul-

11. Todas as análises do documento se baseiam em aposentadorias nas quais foram possíveis identificar o usuário final do crédito. O relatório de sustentabilidade da Petrobras cita a compra de 175 mil créditos em 2023 (PETROBRAS, 2024). Essa compra pode não ter sido adequadamente mapeada neste levantamento devido à formatação dos dados dos padrões analisados ou por não ter efetivamente se convertido em aposentadoria. O inventário de emissões da empresa, publicado no Registro Público de Emissões com selo ouro, relata a compensação de aproximadamente 96 mil tCO₂e, o que equivaleria a 96 mil créditos de carbono (Registro Público de Emissões, 2024). Adicionalmente, a subsidiária Petrobras Combustíveis Colombia aposentou cerca de 831 mil créditos de carbono, mas todos de projetos colombianos, com a finalidade de compensar o tributo sobre carbono da Colômbia, de forma que essa finalidade de compensação não gera demanda por créditos brasileiros.

gado se essa contratação seria o acumulado total ou a demanda anual da empresa por créditos de carbono ou qual seria a demanda esperada nas demais fases. Pela relação entre 5 milhões de créditos em 50 mil hectares, é possível inferir que essa não será uma demanda anual, dado que é pouco provável uma taxa de absorção de carbono igual a 100 tCO₂e/hectare/ano. Foi considerado, portanto, que essa e outras iniciativas esporádicas de compensação estão contempladas na variável “Demandas globais de outras iniciativas diversas” que compõe a demanda por créditos de carbono.

A iniciativa da Petrobras, no entanto, contribui com a difusão de modelos de compra de créditos de carbono no longo prazo no Brasil. Esses modelos de compra antecipada são fundamentais para dar previsibilidade financeira aos agentes da oferta, como desenvolvedores de projeto, por reduzirem riscos de flutuações de preços e a incerteza relacionada à demanda pelos créditos (IEG; Banco Mundial, 2018). Ao firmarem esses contratos, os agentes da demanda têm a capacidade de influenciar na concepção do projeto, inclusive contribuindo para a verificação das salvaguardas socioambientais e para a integridade do projeto.

Por outro lado, iniciativas como o funcionamento do SBCE pode desestimular as empresas que serão reguladas a compensarem voluntariamente suas emissões, visto que já terão o custo regulatório associado à compra de unidades no mercado regulado. Essa possibilidade também não foi considerada, especialmente porque a maior parte da demanda dos créditos nacionais é de empresas internacionais.

2.2.2. MENSAGENS-CHAVE

- ▶ O Mercado Voluntário está em situação de excesso de oferta de créditos em relação à quantidade de créditos aposentados
- ▶ Apesar dos questionamentos recentes acerca da qualidade dos créditos de carbono, a demanda por créditos permaneceu relativamente estável nos últimos anos.
- ▶ Sinalizações da demanda acerca dos cobenefícios ainda são ambíguas: apesar dos créditos com mais cobenefícios serem mais caros, o volume de aposentadorias desses créditos não é superior ao volume de aposentadorias de créditos sem especificação de cobenefícios. Por outro lado, tem havido uma tendência de aumento das aposentadorias de créditos de AFOLU do VCS com selo CCB.
- ▶ A demanda por créditos do Mercado Voluntário ainda se mantém significativamente dispersa.
- ▶ O crescimento do Mercado Voluntário depende significativamente do cumprimento dos compromissos climáticos do setor privado, especialmente das empresas com metas SBTi.
- ▶ O potencial do mercado brasileiro tende a crescer na mesma velocidade do mercado internacional, dado que a maior parte da demanda por créditos brasileiros é advinda de empresas estrangeiras.

2.3. MERCADO REGULADO NACIONAL (SBCE)

Em âmbito nacional, as principais bases para o estabelecimento do mercado regulado de carbono brasileiro foram estabelecidas por meio da Lei 15.042 e, a partir de então, a implementação do mercado passará por algumas etapas que devem ser reguladas de forma infralegal. A Lei 15.042, estabeleceu a estrutura de governança do SBCE, composta por três diferentes instâncias: **Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM)**, órgão deliberativo do SBCE, que estabelecerá as diretrizes do mercado; **Órgão Gestor**, a instância executora do SBCE, de caráter normativo, regulatório, executivo, sancionatório e recursal; **Comitê Técnico Consultivo Permanente**, órgão consultivo do SBCE, ao qual compete apresentar subsídios e recomendações para aprimoramento do SBCE (BRASIL, 2024a).

Foram ainda estabelecidos os limiares de regulação no SBCE, de 10 mil tCO₂e para reporte das emissões e de 25 mil tCO₂e para a conciliação periódica de emissões de entes regulados. Essa conciliação das emissões pode envolver o uso de Cota Brasileira de Emissões (CBE) - as permissões de emissões no SBCE - ou de CRVEs - as unidades de compensação do SBCE. Isso é possível uma vez que o SBCE prevê a possibilidade de aceitação, por parte do órgão gestor, de créditos de carbono gerados em setores não regulados¹² para fins de compensação de emissões de entes

regulados. Após a entrada desses créditos no SBCE, haverá a sua conversão em CRVEs.

Essa diretriz segue a experiência de alguns ETS, como os da União Europeia, Califórnia, China, por exemplo, que permitem - ou permitiram em fases iniciais do sistema - o uso de créditos externos, de setores não regulados, para compensação considerando procedimentos específicos de cada sistema (ICC Brasil; WayCarbon, 2025). A Figura 21 (na página seguinte) apresenta as principais características desses ETS, destacando os setores regulados, os limites de emissões e as regras para utilização de *offsets* e créditos no mercado regulado.

No contexto brasileiro, o processo para créditos de carbono de setores não regulados se tornarem CRVEs será fundamental para reduzir o custo regulatório do SBCE, dado que os setores potencialmente atingidos pela regulação tendem a ter maior custo de abatimento de emissões. A garantia da qualidade dos créditos é estratégica para o Brasil, dado seu papel como um dos principais geradores de créditos de carbono no Mercado Voluntário global. **Para o uso de CRVEs, o órgão gestor avaliará quais as metodologias serão aceitas, assim como o limite máximo aceitável dessas unidades para fins de conformidade no SBCE.**

Até o momento, além dos limiares de emissões dos agentes regulados, não há maiores definições acerca da microestrutura do mercado¹³, como setores re-

12. A terminologia “setores não regulados” foi deliberadamente utilizada para evitar o termo “Mercado Voluntário”, neste caso, dado que ainda não foi definido se os CRVEs virão do Mercado Voluntário ou se terão algum nível de ambiguidade, este estudo tratará os mercados como distintos, ainda que haja alguma possibilidade de interação entre ambos.

13. O conceito de Microestrutura utilizado nesse contexto diz respeito a definições que ditarão a relação entre os agentes regulados no mercado. Outros elementos, como a governança do SBCE já estão razoavelmente bem definidos e, quando tratados, serão tratados como elementos da estrutura geral ou da macroestrutura.

Figura 21 - Benchmark de outros Emissions Trading Systems



Fonte: ICC Brasil; WayCarbon (2025).

gulados, o “cap”, percentuais de alocações gratuitas etc. Dessa forma, a estimativa do potencial de transações foi realizada a partir de premissas: 1) sobre elementos da microestrutura do mercado; 2) sobre as emissões dos setores regulados; 3) e sobre os potenciais de abatimento a partir de curvas marginais de abatimento disponíveis para o Brasil.

2.3.1. POTENCIAL DO MERCADO

Considerando a hipótese de que as emissões reguladas pelo SBCE sejam principalmente as emissões da indústria, da geração de energia e do uso de combustíveis no transporte¹⁴, conforme analisado por Banco Mundial (2020), e que a regulação atinja cerca de 40% dessas emissões, considerada a representatividade das

emissões de escopo 1 relatadas no Registro Público de Emissões de 2022 em relação às emissões nacionais, é esperado que as emissões cobertas pelo SBCE totalizem cerca de 295,3 MtCO₂e em 2030, no cenário *Business as Usual* (BAU) do sinapse (MCTI, 2025).

Os CRVEs, por sua vez, provavelmente terão um percentual limitado de aceitação, conforme as experiências internacionais (ICC Brasil; WayCarbon, 2025) e conforme Banco Mundial (2020), que recomenda um percentual inicial de 20% de aceitação de unidades de compensação por agente regulado, o que resultaria em uma demanda total máxima de aproximadamente 59,1 MtCO₂e em CRVEs no período inicial do SBCE. A demanda efetiva, entretanto, dependerá da microestrutura do mercado, do volume de alocações gratuitas, dos custos marginais de abatimento dos setores

regulados e não-regulados, entre outros elementos. Nos períodos subsequentes, ainda que o percentual de aceitação permaneça constante, é esperada uma redução da quantidade de CRVEs ao longo do tempo, dado que as emissões das empresas reguladas devem reduzir após o funcionamento do SBCE.

Ainda nos períodos iniciais, o preço dos CRVEs de novos projetos dependerá da aceitação ou não dos créditos remanescentes do MDL. Como os créditos do MDL são abundantes e atualmente negociados a baixos preços, entre 1 a 3 dólares na plataforma da UNFCCC (UNFCCC, 2025f) e em média 1,35 dólar na estimativa da Ecosystem Marketplace (Ecosystem Marketplace, 2025), é possível que essa oferta seja preponderante nos primeiros anos do mercado brasileiro. **Dado que diversos projetos brasileiros já solicitaram a transição para o PACM, foi considerado que esses créditos também serão aceitos internamente. Os créditos emitidos e não cancelados desses projetos equivalem a 98 MtCO₂e** (UNEP-CCC, 2025).

Vale ressaltar, entretanto, que não há uma posição oficial do governo brasileiro sobre o tema. Contudo, se o país deseja que outras nações aceitem esses créditos, não haveria razão para não os aceitar nacionalmente.

Adicionalmente, assim como o preço das CRVEs, o cap do sistema e sua velocidade de redução também é crucial para determinação dos preços dos ativos negociados no SBCE. Para atingir a meta estipulada pela NDC em 2035, as emissões dos setores regulados devem cair em aproximadamente 30,6% em relação às emissões de 2030 do cenário *business as usual* - BAU, considerando que as emissões de desmatamento se-

riam zeradas para as emissões do Brasil alcançarem a meta da NDC. A redução do desmatamento reduziria a pressão por descarbonização nos setores regulados, dado que a principal contribuição para o cumprimento da NDC viria dessa fonte de emissões. Nesse cenário, a redução anual do cap seria de aproximadamente 6,12% ao ano, valor superior em relação aos fatores de redução aplicados na Califórnia e na União Europeia, de 4 e 4,3% respectivamente (CARB, 2018; EUROPEAN COMMISSION, 2023). A diferença pode ser explicada devido ao início da operacionalização do SBCE, que pela descrição dos seus processos de estabelecimento deve começar em 2030. Assim, o SBCE teria menor tempo de atuação para contribuição ao atingimento da meta em 2035.

Por fim, foi adotada a premissa de que o custo de conformidade não pode ser maior do que a multa estabelecida em caso de não conformidade, já que essa situação poderia levar a ser mais vantajoso descumprir os requisitos regulatórios do que estar em conformidade. Ou seja, o preço das CBEs não pode ser alto ao ponto de ser mais vantajoso para o ente regulado descumprir a lei e pagar a multa. Nesse caso, a Lei 15.042 estabelece o valor máximo de até 4% do faturamento bruto da pessoa jurídica como multa aplicável, já considerando a possibilidade de reincidência (BRASIL, 2024a). O Quadro 3, na página seguinte, exemplifica o caso de uma empresa fictícia que se depara com um alto custo de conformidade. Vale ressaltar ainda que Lei 15.042 estabelece outras sanções em caso de não conformidade, incluindo, dentre outras sanções, o embargo de atividade, de fonte ou de instalação; suspensão parcial ou total de atividade, de instalação e de fonte.

14. Na regulação do setor de transporte, o ponto de regulamentação pode ser os terminais e as grandes refinarias, como no ETS da Califórnia, ou os distribuidores de combustíveis ou fornecedores de consumo final, como no ETS da Alemanha (ICAP; Banco Mundial, 2021a).

Quadro 3 - Exemplo fictício para custo de conformidade *versus* custo de não conformidade (multa) no SBCE

Faturamento Bruto da empresa (A)	US\$ 1.000.000.000
Emissões Reguladas da empresa (B)	50.000 tCO ₂ e
Alocações Gratuitas (C)	85%
Preço da CBE* (D)	US\$ 6.000
Custo Regulatório (B x (1-C) x D)	US\$ 45.000.000
Custo da Multa (A x 4%)	US\$ 40.000.000

*Vale lembrar que o preço da CBE foi determinado com base custos marginais de abatimento do estudo Opções de Mitigação (MCTI, 2018)

Fonte: WayCarbon, com base em MCTI (2018) e Brasil (2024b).

Como o faturamento das empresas reguladas ainda não é conhecido, foi considerada a Receita Bruta da indústria e o seu crescimento real médio histórico projetado até 2050 (IBGE, 2023) como referência para valor do faturamento das empresas reguladas. O valor máximo das CBEs seria dado pela razão entre a Receita Bruta e as emissões de GEE anuais. O Quadro 4 apresenta a síntese de premissas utilizadas na estimativa de demanda por CRVEs.

Considerando essas premissas estabelecidas no Quadro 3, o preço das CBEs, tende a subir consideravelmente no cenário adotado, já que os custos marginais de abatimento dos setores regulados são muito maiores e o abatimento de emissões de GEE exigido nesses setores também seria maior devido à premissa de limitação ao uso dos CVREs para conformidade. Inicialmente, devido ao *cap* maior e à maior quantidade de alocações gratuitas na primei-

ra fase, as permissões teriam custos de aproximadamente US\$ 5 em 2030, **dado que a necessidade de abatimento necessária para alcançar a conformidade regulatória seria relativamente pequena e com baixos custos marginais.** Com a redução do *cap* e da quantidade de alocações gratuitas, esse valor chegaria a US\$ 276 em 2050, considerando as tecnologias de mitigação disponíveis no Opções de Mitigação (MCTI, 2018). Até 2044, no entanto, os preços das CBEs permaneceriam em cerca de US\$ 149, mas cresceriam significativamente a partir desse ano devido à escassez de tecnologias de abatimento consideradas.

Alguns pontos de atenção são necessários em relação a esses preços. Em primeiro lugar, na simulação realizada, não foram considerados mecanismos de estabilização de preços ou outros elementos do *design* do mercado que podem atenuar esse crescimento elevado dos preços das permissões.

Quadro 4 - Premissas para estimativa da demanda por CRVE no SBCE

Variável	Premissa adotada
Emissões Reguladas Totais	Indústria (IPPU); Energia; Transportes (<i>upstream</i>). Totalizam Cerca de 468,2 MtCO ₂ e em 2022 e no cenário BAU do SINAPSE totalizam 741,4 MtCO ₂ e em 2030.
% de emissões cobertas pela regulação	39,83% das Emissões Reguladas Totais. Razão entre as emissões de Escopo 1 reportadas no Registro Público de Emissões (exceto agropecuária) e as emissões dos setores regulados em 2022.
Redução anual do <i>cap</i>	6,12% ao ano. Taxa média necessária para que as emissões nacionais passem de 1.513 MtCO ₂ e em 2030 (cenário BAU do SINAPSE, com zero emissões relacionadas a Uso do Solo) para 1.050 MtCO ₂ e em 2035 (meta da NDC).
Alocações Gratuitas	Primeiros 5 anos = 100% das emissões cobertas pela regulação, com redução de 5% a cada 5 anos.
Custos Marginais de Abatimento (CMA) dos setores regulados e não regulados	Iguais aos custos do estudo Opções de Mitigações
Potencial de abatimento	Mesma proporção das emissões cobertas pela regulação
Restrição à emissão de CRVEs	Adicionalidade financeira. Se o CMA é menor que zero, o CRVE não seria adicional. Projetos com CMA abaixo de zero, portanto, não emitiriam créditos.
Restrição à demanda por CRVEs	Limitada a 20% das emissões cobertas pela regulação.
Preço máximo da CBE	Limitado, de acordo com a multa máxima de 4% do faturamento das empresas. Considera a Receita das indústrias de 2022, aplicado o crescimento real histórico até 2050. O preço máximo das emissões é dado pela razão entre o faturamento anual e as emissões anuais.

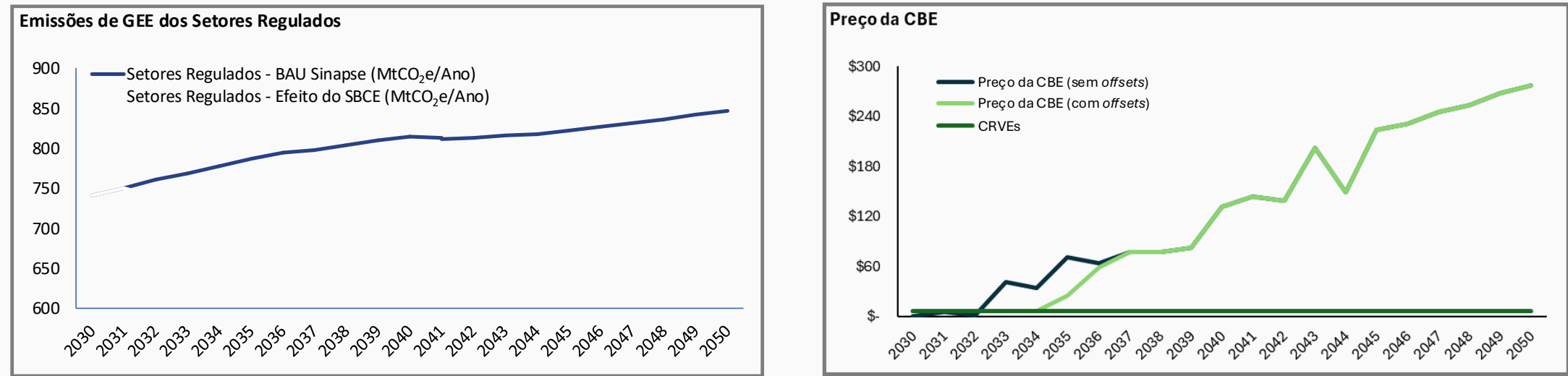
Fonte: WayCarbon

Adicionalmente, quanto mais distante temporalmente é a projeção, mais incertos são os custos marginais de abatimento, dado que inovações tecnológicas ao longo do tempo podem reduzir o custo das tecnologias (ganhos de escala) ou novas tecnologias podem surgir no período. Além disso, o cenário considera que as reduções de emissões em relação ao cenário

BAU seriam decorrentes apenas do SCBE, como destacado na Figura 22.

Apesar das limitações, a simulação realizada demonstra a relevância da aceitação de *offsets* para a redução do custo regulatório no SBCE. Ainda que os valores utilizados não estejam atualizados e que não incorporem algumas opções de mitigação ou possi-

Figura 22 - Emissões de GEE dos setores regulados no Cenário BAU versus no Cenário SBCE



Fonte: WayCarbon.

bilidades de ganhos relacionados a inovações tecnológicas, a diferença entre os custos marginais de abatimento entre os setores regulados e não regulados é bastante significativa e os CRVEs podem reduzir o custo de conformidade dos agentes regulados, especialmente quando as opções de mitigação mais baratas forem ficando mais escassas.

Ainda considerando essas premissas do Quadro 4, a demanda máxima anual por CRVEs seria de 59,07 milhões de certificados em 2030 e 41,5 milhões em 2050. Devido ao percentual de compensações limitado, o preço dos CRVEs tende a permanecer baixo em todo o período analisado, já que os custos marginais de

abatimento das opções de descarbonização dos setores não regulados são em torno de US\$ 0,22 e US\$ 0,45 para essa quantidade de abatimento demandada.

Nesse caso, **os preços praticados no Mercado Voluntário representariam o custo de oportunidade para os agentes da oferta de CRVEs, de forma que o preço em ambos os ambientes de mercado tende a se equiparar.** Nos primeiros anos, os créditos mais baratos, como os créditos do MDL, seriam mais negociados, dado que o preço das CBEs também será baixo, por volta de US\$ 5,00, de forma que a entidade regulada não teria incentivo para adquirir CRVEs a um preço acima desse valor. Vale ressaltar que haveria um estoque de 98 MtCO₂e de créditos do MDL para aten-

der a demanda por CRVEs (UNEP-CCC, 2025). Com o fim dos créditos oriundos do MDL, os CRVEs de novos projetos tendem a ser mais demandados e o preço desses certificados tende a se equiparar com os preços praticados no Mercado Voluntário, atualmente em média US\$ 6,55.

Como observado na Figura 22, nos primeiros anos do SBCE, **a aceitação dos *offsets* tende a reduzir os preços das CBEs nos anos iniciais do SBCE**, enquanto o *cap* ainda é relativamente maior e as alocações gratuitas permanecem em um percentual elevado, reduzindo assim a necessidade de abatimento de emissões. Com a redução do *cap* e das alocações gratuitas, os CRVEs deixam de influenciar o preço das CBEs a partir de 2037, dado que os custos marginais de abatimento se tornam muito maiores. **Para os entes regulados, no entanto, o uso das CRVEs se torna ainda mais relevante para a redução dos custos de conformidade, dado que o seu preço é muito inferior ao preço esperado das CBEs.** Por exemplo, enquanto o preço esperado das CRVEs foi considerado constante em US\$ 6,55, o preço das CBEs em 2037 chegaria a US\$ 77,23, de forma que a possibilidade de compensar as emissões via CRVEs se torna significativamente mais barata.

Apesar do potencial crescimento da demanda por créditos de carbono advindos de setores não regulados, não foi considerado um aumento no preço desses créditos no Mercado Voluntário nem no SBCE, dado que o potencial de abatimento de emissões a custos marginais entre US\$ 0,22 e US\$ 0,45 é suficiente para atender tanto a demanda do Mercado Voluntário quanto a demanda que poderia ser gerada pelo SBCE. Isso se deve pela quantidade potencial de abatimento de emissões, que supera a demanda gerada pelo

SBCE. Dessa forma, por premissa, foi considerado que os preços dos CRVEs permaneceriam constantes em US\$ 6,55 até 2050.

Essa premissa parte do pressuposto de que o mercado de CRVEs teria competição perfeita e que, portanto, o preço dos certificados seria próximo aos custos marginais de abatimento dos setores não regulados¹⁵. O preço observado atualmente no Mercado Voluntário incorporaria os custos de certificação e verificação da redução das emissões. Caso não houvesse a restrição de uso dos CRVEs, os preços dos CRVEs e dos CBEs tenderiam a se equiparar, dado que ambos os ativos seriam substitutos perfeitos entre si (Murray *et al.*, 2012; Gronwald; Hintermann, 2016). Com a restrição do uso de até 20% os CBEs e os CRVEs não são substitutos perfeitos e, dado que a demanda por CRVEs seria limitada a uma quantidade na qual a oferta seria atendida a custos baixos, haveria uma diferença de preços entre os CBEs e os CRVES. Essa relação de substituição imperfeita entre permissões de emissões e os instrumentos de compensação é bem documentada para o EU-ETS (Nazifi, 2013; Dormady; Englander, 2016; Gronwald; Hintermann, 2016; Yu; Mallory, 2020).

Ainda assim, o SBCE pode aumentar significativamente a demanda por créditos de carbono, considerando que as aposentadorias de créditos brasileiros no Mercado Voluntário foram cerca de 13,5 milhões de unidades em 2024. Entretanto, não é possível ainda afirmar que haverá perfeita interoperabilidade entre o mercado regulado nacional e o Mercado Voluntário. As metodologias e padrões de verificação independentes a serem aceitos no SBCE serão definidos posteriormente, via regulações infralegais.

15. Em mercados competitivos, o preço de um bem é igual ao seu custo marginal de produção (VARIAN, 2010). Em Sistemas de Comércio de Emissões, a mesma abordagem é adotada por Yu e Mallory (2020) para explicar a diferença formação de preços entre dos instrumentos de compensação de emissões e das permissões de emissões.

Box 3

Demanda de créditos das sociedades seguradoras, entidades abertas de previdência complementar, sociedades de capitalização e resseguradores locais

Além das instalações reguladas pelo SBCE, que deverão adquirir CBEs ou CRVEs para a conciliação periódica de obrigações, a Lei 15.042 estabeleceu em seu Artigo 56 que as sociedades seguradoras, entidades abertas de previdência complementar, sociedades de capitalização e resseguradores locais deverão adquirir no mínimo 0,5% dos recursos de suas reservas técnicas e das provisões em ativos do SBCE.

Dadas as Provisões Técnicas dos balanços consolidados de 2024 (SUSEP, 2025), esse montante chegaria a aproximadamente R\$ 8,9 bilhões a serem destinados a compra de ativos do SBCE. Considerando o preço médio dos créditos do Mercado Voluntário em 2024, de US\$ 6,55, e a cotação média do dólar em 2024, igual a R\$ 5,39 (BACEN, 2025), essa injeção de recursos seria o equivalente a cerca de 253 milhões de créditos (253 MtCO₂e).

Essa demanda seria maior do que todo o montante de créditos brasileiros já emitidos no Mercado Voluntário, desde a primeira emissão até 2024.

No período de 2009 a 2024, as emissões de créditos brasileiros totalizam aproximadamente 148 milhões de créditos (148 MtCO₂e). Dessa forma, para ficar em conformidade com a regulação, as seguradoras teriam que adquirir CBEs, dado que provavelmente não haveria CRVEs suficientes nos primeiros anos do mercado, o que poderia inclusive impossibilitar a conformidade regulatória dos agentes regulados, já que a oferta de permissões de emissões em um sistema de comércio de emissões é, por definição, pouco flexível em cada período regulatório¹⁶.

Antecipando o efeito do Artigo 56 da Lei 15.042 no SBCE e outros efeitos deletérios no setor de seguros e previdência, a Confederação Nacional das Seguradoras (CNSEG) entrou com uma Ação Direta de Inconstitucionalidade (Adin) no Supremo Tribunal Federal para que o Artigo seja alterado (STF, 2025).

Devido à alegação de inconstitucionalidade, essa possível demanda por ativos do SBCE do Artigo 56 não foi considerada neste estudo.

pode ser relevante para garantir a continuidade e o aproveitamento das iniciativas precursoras, reconhecendo os investimentos pioneiros dos proponentes de projetos do Mercado Voluntário.

Naturalmente, o mercado de carbono é uma entre várias políticas de descarbonização que devem ser consideradas para a redução de emissões de GEE.

Dado que o SBCE representará um custo para as empresas reguladas, seja a partir da compra de CBEs ou a partir de investimentos em projetos de baixa viabilidade econômica (custo marginal positivo), a aplicação de outras políticas de incentivo à descarbonização pode reduzir o custo regulatório do SBCE ao reduzir a quantidade de abatimento necessária para atingimento do *cap* (ICAP; Banco Mundial, 2021b). Dessa forma, o alinhamento de outras medidas nacionais de (des) incentivos para a descarbonização devem ser revistos para que o custo de conformidade para os entes regulados seja mitigado.

Nesse sentido, **a destinação dos recursos do SBCE para o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, conforme estipulado pela Lei 15.042, pode reduzir o custo marginal de abatimento ao possibilitar que parte dos recursos desembolsados pelas entidades reguladas sejam investidos em novos projetos de mitigação, reduzindo o custo de capital desses projetos.** No entanto, é preciso considerar que o custo de capital é só uma variável entre várias outras que determinam a viabilidade econômica de um projeto e que, portanto, só o fornecimento de crédito subsidiado pode não ser suficiente para viabilizar investimentos, principalmente aqueles de custo marginal mais elevados.

É preciso que a regulação do mercado de carbono nacional venha acompanhada de outras medidas de redução de custo para os setores regulados, especialmente com a Agenda de Redução do Custo Brasil (ARCB) (MDIC, 2025), para que a indústria nacional

não perca ainda mais competitividade em mercados internacionais.

As políticas de inovação também devem ser aprimoradas para possibilitar o desenvolvimento de tecnologias de baixa emissão de carbono. Em alguns setores, a redução das emissões pode depender de tecnologias que ainda apresentam custos proibitivos ou mesmo inviabilidade técnica (CNI, 2023), de forma que a implementação dessas tecnologias demanda investimentos em inovação para a sua implementação em larga escala. Ainda que a precificação de carbono possa incentivar a inovação, a experiência internacional demonstra que, sem um ambiente propício para isso, esse instrumento não causa inovações significativas. Adicionalmente, **além do incentivo a tecnologias específicas, como abordado em rotas de descarbonização, é preciso que o processo de desenvolvimento tecnológico seja pautado em um processo de livre criação e de autodescoberta** (Hausmann; Rodrik, 2003), **de forma que o ambiente favorável a novas descobertas, não mapeadas pelos formuladores das políticas, é tão importante quanto o apoio direcionado a tecnologias consideradas estratégicas.**

16. Em mercados regulados, a oferta de permissões de emissões é fixa ou possui pouca flexibilidade, devido ao estabelecimento do *cap*. Em suma, o governo fixa a oferta de permissões para que os preços das permissões se equiparem ao custo marginal de abatimento.

Por fim, é preciso considerar que o estabelecimento do SBCE pode não ser suficiente para o alcance das metas da NDC, especialmente se a implementação do sistema de comércio não vier acompanhada de outras políticas públicas. A Figura 23, abaixo, ilustra o tama-

nho do SBCE, de acordo com as premissas adotadas, em relação às emissões nacionais observadas em 2022 (MCTI, 2023) e as emissões projetadas no cenário BAU do SINAPSE (MCTI, 2025) para 2030 e 2050, já desconsiderando as emissões relacionadas ao uso do solo.

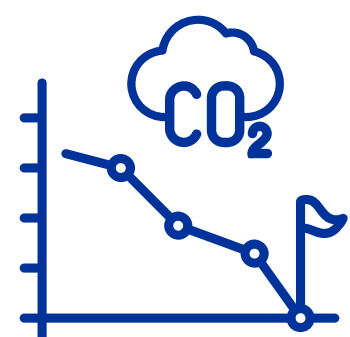
Figura 23 - Resumo dos potenciais do SBCE em relação às emissões brasileiras



Fonte: WayCarbon.

2.3.2. MENSAGENS-CHAVE

- ▶ O estabelecimento do SBCE é um marco para a política climática nacional, estabelecendo incentivos econômicos tanto para setores regulados, quanto para setores não regulados.
- ▶ Dado que o início da operacionalização do SBCE é próximo da data da meta intermediária da NDC, a redução do limite de emissões (*cap*) necessária tende a ser maior que a redução do *cap* de outros Sistemas de Comércio de Emissões para que os setores regulados alcancem a parcela que lhes cabe da NDC.
- ▶ Devido aos altos custos de abatimento dos setores regulados, os CRVEs têm um papel fundamental para a redução dos custos de conformidade dos entes regulados.
- ▶ O potencial de mercado para os CVREs para 2030 é de 59 milhões de certificados, o que representa um aumento de aproximadamente 337% em relação à demanda por créditos do Mercado Voluntário em 2024. Com a redução de emissões dos setores regulados, a demanda por CRVEs cairia ao longo do tempo, chegando a 41 milhões de certificados em 2050.
- ▶ Devido ao aumento de custos para os entes regulados, é preciso que a regulação do mercado de carbono nacional venha acompanhada de outras medidas de redução de custo para os setores regulados, especialmente com a Agenda de Redução do Custo Brasil (ARCB) (MDIC, 2025), para que a indústria nacional não perca competitividade.
- ▶ As políticas de inovação também devem ser aprimoradas para possibilitar o desenvolvimento de tecnologias de baixa emissão de carbono.
- ▶ É preciso considerar que o estabelecimento do SBCE pode não ser suficiente para o alcance das metas da NDC, especialmente se a implementação do sistema de comércio não vier acompanhada de outras políticas públicas.



3. DESAFIOS PARA OS MERCADOS DE CARBONO

Avaliar as principais barreiras associadas às diferentes esferas de operação do mercado de carbono – os mecanismos do Artigo 6 do Acordo de Paris, o Mercado Voluntário e o mercado regulado nacional (SBCE) – é fundamental para identificar os melhores caminhos para consolidar o potencial do Brasil no mercado de carbono. Alguns desafios são transversais aos mercados, como a qualidade dos créditos, a visibilidade dos preços e a necessidade do engajamento dos agentes envolvidos. Compreender essas barreiras constitui a base para mapear e alavancar oportunidades para que o país tenha um mercado de carbono não apenas atrativo economicamente, mas também efetivo na promoção de reduções significativas nas emissões de GEEs. A identificação dessas barreiras tem como objetivo mapear os principais elementos de complexidade que afetam o funcionamento e a infraestrutura do mercado de carbono, contribuindo para a compreensão dos entraves enfrentados tanto pelo setor empresarial quanto pelo governo brasileiro.

No âmbito do Acordo de Paris, embora a COP 29 tenha consolidado avanços significativos na operacionalização do Artigo 6.2 e do Artigo 6.4 do Acordo de Paris, pendências como o registro central internacional para o Artigo 6.2 e pendências técnicas sobre o funcionamento do Artigo 6.4 ainda persistem e podem ser discutidas na COP 30. Esses gargalos relacionados à operacionalização do Artigo 6 exigem infraestruturas de mercado sólidas para o funcionamento eficiente do mecanismo.

Por ser um mecanismo global, existe uma complexidade institucional elevada por falta de estruturas nacionais consolidadas, que dificulta a coesão para o desenvolvimento de uma política climática global. Em

cenários de instabilidade geopolítica, como o atual, a incerteza nos marcos regulatórios dos países e o risco percebido aumentam, afetando a previsão de longo prazo dos agentes envolvidos e travando investimentos do setor privado. **A presente indefinição regulatória afeta a capacidade de cumprimento da NDCs dos países, ressaltando a importância da construção de arranjos institucionais claros e robustos, que tenham a capacidade de consolidar uma estratégia que defina o papel dos créditos de carbono no cumprimento das metas das NDCs** (Banco Mundial, 2024).

Em relação à infraestrutura do mercado do Artigo 6 – e, de forma análoga aos demais segmentos do mercado de carbono –, a falta de padronização dos créditos e qualidade inconsistente, representa um desafio para confiança e expansão da demanda do mercado. A falta de critérios harmonizados para a mensuração, reporte e verificação compromete a rastreabilidade e a interoperabilidade dos créditos entre os sistemas internacionais. Esse desafio abre espaço para a ocorrência de fraudes, dupla contagem e dificuldades em avaliar a adicionalidade dos créditos, comprometendo a integridade ambiental de todo o sistema de compensação de emissões. **Para a construção de um mecanismo de cooperação internacional eficiente é necessária uma capacidade estatal de implementação das políticas e dos acordos entre as partes.** O risco político é visto como um dos principais fatores que desestimulam investimento, logo a superação desse desafio é central para trazer confiança para os agentes do mercado executarem seus projetos de longo prazo (Stern, 2022).

Outro desafio para o avanço do Artigo 6 é o processo de aceitação de vendas de créditos com ajustes cor-

respondentes, que no caso do Brasil ainda não foi estabelecido. **A realização dos ajustes correspondentes por parte do Brasil será importante para a reputação do país no mercado internacional, pois é uma indicação de adicionalidade e integridade ambiental dos créditos gerados.** Esse processo influencia o potencial de oferta de créditos brasileiros, pois sem a definição clara sobre se os ajustes correspondentes, a comprovação de que os créditos emitidos resultam efetivamente em uma redução líquida de emissão fica comprometida, resultando em uma incerteza para potenciais compradores internacionais e limitando a escala do mecanismo de cooperação bilateral.

O Mercado Voluntário de Carbono, por sua vez, por características inerentes a sua estrutura, possui desafios, as quais afetam a oferta e demanda por créditos. Entre eles está a incerteza em relação à demanda futura, que dificulta inclusive a estimativas do potencial desse mercado. O mercado voluntário baseia-se em promessas de compras futuras de crédito de carbono a um preço que não possui uma definição clara e que oscila ao longo do tempo, de forma que o caráter voluntário do mercado torna a demanda incerta e volátil, o que dificulta projeções de longo prazo. Ademais, a demanda do mercado é altamente pulverizada, gerando um ambiente instável e fragmentado, tornando, assim, a precificação consistente em algo de difícil alcance. Dessa forma, os projetos enfrentam dificuldades em adaptar sua oferta e estimar uma demanda difusa e volátil, causando um desestímulo a investimentos de longo prazo e elevados custos de implementação.

Destaca-se o processo dos padrões independentes de certificação com metodologias complexas, que por um lado acaba aumentando consideravelmen-

te custos de conformidade e de observância, mas tem por objetivo resguardar atores da oferta quanto à qualidade dos créditos emitidos¹⁷. Para que esses ativos efetivamente gerem valor e reflitam reduções reais de emissões, é indispensável que apresentem padrões de qualidade robustos, capazes de comprovar de forma transparente e verificável a sua efetividade. O Mercado Voluntário é frequentemente criticado quanto à adicionalidade¹⁸ e à rastreabilidade de seus projetos. Para atores da demanda por créditos, a compra de créditos de má qualidade pode gerar um risco à reputação. No Brasil, por exemplo, existem casos de projetos de carbono associados à grilagem de terras públicas e à comercialização de créditos sem redução adicional de emissões, o que evidencia a dificuldade do mercado em garantir a integridade ambiental dos créditos ofertados (Globo, 2023). **Créditos de alta qualidade asseguram a integridade ambiental, ou seja, um crédito que efetivamente contribui para a mitigação das mudanças climáticas.** Para atores da demanda, a ausência dessa garantia amplia o risco de adquirir créditos “falsos” ou que não gerem impacto real, dificultando que compradores em geral avaliem se um crédito é ambientalmente eficaz, impactando a demanda do mercado. Como consequência, o mercado vem observando **um aumento significativo dos custos de transação a partir da exigência de processos de *due diligence* e compliance**.

Por ser um mercado fragmentado e com diversos atores em diferentes contextos e com distintos interesses, a assimetria de informação e a falta de transparência consistem em barreiras estruturais impor-

tantes na implantação da infraestrutura do Mercado Voluntário (Banco Mundial, 2024). A heterogeneidade inerente do Mercado Voluntário torna a escalabilidade complexa (TSVCM, 2021). Esses desafios geram avaliações imprecisas de risco, que afetam a integridade ambiental e o valor transacionado do mercado, dificultando a rastreabilidade do impacto dos projetos de carbono, causando uma resistência na demanda do Mercado Voluntário.

Já no âmbito do SBCE, a aprovação de seu marco regulatório, no final de 2024, representou um avanço significativo na consolidação do mercado de carbono regulado no Brasil. Com o SBCE, tem-se a redução de incertezas e uma maior estabilidade no mercado, incentivando investimentos de longo prazo para mudança climática. Entretanto, **para o seu funcionamento pleno, o SBCE precisará ser estabelecido com uma infraestrutura robusta de transparência e supervisão técnica, consolidando uma governança eficiente que tenha capacidade de monitoramento e verificação.** Desafios técnicos como, a elaboração do sistema de monitoramento, relato e verificação (MRV) das emissões e o Plano Nacional de Alocação (PNA) precisam ser operacionalizadas no tempo estimado na lei. Eventuais atrasos podem comprometer todo o cronograma de implementação do mercado e causar incertezas entre os setores regulados e *stakeholders* do mercado, além de implicar maiores reduções do *cap* para alcançar os percentuais de redução de emissões pretendidos. Dessa forma, **por meio de uma implementação robusta, o SBCE pode nascer como um sistema de alta integridade am-**

biental, transparência e governança sólida, além de interoperável com mercados internacionais.

O SBCE, cuja implementação é tardia em relação a diversos outros países que já possuem um ETS, possivelmente terá sua operacionalização efetiva a partir de 2030 seguindo as fases estabelecidas na lei, constitui-se como um desafio para a contribuição do mercado regulado brasileiro no cumprimento da atual NDC brasileira, que tem como meta até 2035 a redução entre 59% e 67% de emissão de GEE, comparado aos níveis de 2005. Este prazo exige a necessidade de uma maior capacidade institucional e assertividade em criar instrumentos regulatórios e definições acerca da microestrutura do mercado para impulsionar o potencial do SBCE. No âmbito privado, os impasses sobre o desenho da governança do mercado nacional podem gerar atrasos na precificação, o que pode elevar o custo regulatório do SBCE, caso a expectativa de redução de emissões seja ambiciosa.

De uma forma geral, os mercados regulados internacionais começam definindo metas para setores específicos, entretanto para que o mercado brasileiro garanta integridade e tenha capacidade de reduzir os custos de descarbonização, é importante discutir a integração entre os setores regulados e não-regulados. No caso brasileiro, o setor de produção primária agropecuária não está submetido às obrigações impostas no âmbito do SBCE. Contudo, o setor agropecuário é uma das grandes vantagens competitivas do Brasil, logo a discussão de como será a participação desse setor não-regulado em conjunto com o PNA

do SBCE, será muito relevante para o Brasil cumprir as metas estabelecidas em sua NDC.

Um dos pontos centrais para o funcionamento eficiente do SBCE será a sua interoperabilidade com o Mercado Voluntário de Carbono, especialmente sobre como os créditos voluntários poderão ser convertidos em CRVEs para serem usados no SBCE, caso sejam gerados nas metodologias que serão credenciadas no SBCE. Um dos desafios é o risco de excesso de oferta no SBCE a partir da aceitação ampla de créditos do Mercado Voluntário. A aceitação desses créditos pode refletir na precificação dos ativos do SBCE, pois o excesso de oferta de créditos de carbono pode inundar o mercado e reduzir o preço das permissões de emissões (CBEs). Logo, **a interação entre os dois mercados precisa ser desenhada com limites bem definidos e governança robusta, para não comprometer a credibilidade e efetividade necessárias para o funcionamento do mercado regulado no Brasil.**

Dessa forma, a definição o quanto antes dos critérios aplicáveis para os padrões independentes de certificação de carbono do Mercado Voluntário é essencial para delimitar quais metodologias estarão aptas a gerar créditos passíveis de conversão em CRVEs no âmbito do SBCE. A adoção de metodologias com requisitos mais rígidos tende a restringir a oferta, enquanto a incorporação de padrões mais flexíveis e usufruindo de padrões internacionais estabelecidos no mercado, pode permitir a inclusão de projetos já existentes no Mercado Voluntário. Nesse sentido,

17. Segundo ICC Brasil e WayCarbon (2022), os principais critérios avaliados para garantir a qualidade dos créditos são: adicionalidade, confiabilidade no cálculo das emissões reduzidas ou evitadas, impacto sobre a comunidade e a informação sobre projetos e seus impactos.

18. O princípio da adicionalidade consiste em um fator chave para a integridade ambiental dos créditos de carbono porque comprova que a redução de emissões de GEEs sejam adicionais as que ocorreriam na ausência de uma atividade humana (Munhoz; Vargas, 2022). Em outras palavras, um projeto é adicional quando promove reduções de emissões que não teria ocorrido caso não tivesse um incentivo adicional criado pelo projeto.

a seleção, não só de metodologias, mas também de padrões de certificação com processos robustos e já consolidados no Brasil torna-se central, uma vez que experiências negativas, como a do ETS da China – que inicialmente permitiu a aceitação de um grande número de metodologias – resultaram em um aumento significativo dos custos operacionais do sistema (ICC Brasil; WayCarbon, 2025).

No âmbito jurídico, a **definição clara da natureza jurídica dos créditos de carbono e dos demais ativos regulados pelo SBCE é fundamental para fortalecer a confiança dos agentes econômicos e viabilizar a escalabilidade do mercado.** Até o momento, o único conceito que teve sua natureza jurídica definida foi o crédito de carbono de reflorestamento, que se trata de um fruto civil. Para os CBEs, CRVEs e os créditos gerados por outras metodologias, o texto normativo ainda não estabelece enquadramento jurídico específico (FGV, 2025).

Embora a lei autorize a negociação de ativos do SBCE no mercado de capitais, persiste um vácuo normativo quanto aos processos que serão adotados para operacionalizar essas transações. Neste contexto, os principais desafios são: (i) a regulamentação da comercialização de CBEs e a mitigação de movimentos especulativos sobre esses ativos; e (ii) a definição de um mecanismo para estabilização dos preços, que no texto normativo menciona controle direto de preços, porém experiências internacionais como o EU ETS utilizam a estabilização via controle de geração de cotas, ou seja, controle de oferta (FGV,

2025). A ausência dessas diretrizes compromete a clareza dos regimes regulatórios, tributário e contábil, dificultando a operacionalização efetiva do SBCE.

A Figura 24, ao lado, sintetiza os principais desafios identificados nos três ambientes de mercados de carbono analisados: os mecanismos do Artigo 6, o Mercado Voluntário e o SBCE. O objetivo é oferecer um panorama estratégico dos obstáculos específicos de cada esfera de mercado. Destaca-se que, por sua natureza recente e ainda em fase de regulamentação e implementação, o SBCE concentra o maior número de desafios e barreiras para sua efetividade.

Figura 24 - Desafios para os ambientes de mercados de carbono

ARTIGO 6	VOLUNTÁRIO	SBCE
- Infraestrutura fragmentada. - Falta de estruturas nacionais consolidadas. - Padronização dos créditos e qualidade inconsistente. - Risco político. - Processo de aceitação de vendas de créditos com ajustes correspondentes.	- Metodologias complexas. - Qualidade dos créditos emitidos. - Adicionalidade e rastreabilidade dos créditos. - Mercado fragmentado. - Assimetria de informação e falta de transparência. - Escalabilidade complexa. - Incerteza em relação à demanda futura. - Demanda do mercado pulverizada.	- Infraestrutura robusta de transparência e supervisão técnica. - Governança eficiente. - Eventuais atrasos no planejamento podem causar incertezas nos atores. - Interoperabilidade com o mercado voluntário. - Seleção de padrões de certificação com processos robustos para aceitação de créditos em CRVEs. - Integração entre setores regulados e não regulados. - Legislação tardia. - Definição clara da natureza jurídica dos créditos regulados pelo SBCE. - Mitigação de movimentos especulativos sobre os CBEs.

Fonte: WayCarbon.



4. OPORTUNIDADES

Apesar dos desafios, há oportunidades significativas para a atração de recursos para a descarbonização, especialmente a partir de mercados regulados internacionais e nacionais, principalmente representadas pelas estimativas dos potenciais dos mercados de carbono calculadas neste estudo. Naturalmente, as oportunidades de crescimento para o mercado até 2030 são mais previsíveis que as oportunidades para 2050, quando o crescimento do potencial dos mercados de carbono tende a depender mais dos mecanismos de mercado do Acordo de Paris. Além disso, diversos desafios de atuação no mercado já poderão ter sido superados na experiência de começo da operação do SBCE no Brasil. Nesse sentido, **aproveitar as oportunidades no curto prazo para escalar tecnologias de descarbonização pode ser fundamental para consolidar uma estratégia de descarbonização sustentável no longo prazo, que consolide o potencial técnico de mitigação de emissões do Brasil.**

No âmbito do Acordo de Paris, **a atração de recursos do Brasil depende principalmente do cumprimento da NDC, da aceitação dos ajustes correspondentes e da disposição dos demais países a adquirirem as unidades do mercado do Artigo 6 para cumprimento das suas NDCs.** Nesse sentido, a atualização das NDCs esperada para 2025 pode conferir dados mais promissores para a estimativa do potencial desse mercado. Como ressaltado anteriormente, a sinalização da demanda por ITMOs dos países permanece pouco transparente e ainda fragmentada em poucos países. **A atualização e o aumento da transparência das NDCs, incluindo as intenções de uso do Artigo 6, é essencial para fundamentar expectativas de longo prazo.**

No Mercado Voluntário, por sua vez, a demanda por créditos nacionais é composta majoritariamente por empresas estrangeiras e representa um percentual relativamente baixo em relação ao total de créditos aposentados globalmente, em cerca de 6% na média histórica. No entanto, **o Brasil tende a ser um país de interesse para a compra de créditos de carbono no Mercado Voluntário, devido a sua alta capacidade de geração de créditos de alta qualidade e a baixo custo.**

Os recentes investimentos apoiados pelo BNDES na área conhecida como “Arco do Desmatamento” exemplificam esse grande potencial. Com o objetivo de transformar a região em um “Arco da Restauração”, o projeto almeja a reconstrução de 24 milhões de hectares até 2050, resultando em uma remoção acumulada de cerca de 1,65 GtCO₂e da atmosfera. O projeto, que permitirá a geração de créditos de remoção de CO₂ de alta integridade, também possui diversos cobenefícios, como a reversão da perda da biodiversidade, a melhora na qualidade das águas e a geração de empregos diretos e indiretos para as comunidades locais (BNDES, 2024).

Créditos de remoção de emissões estão com alta demanda e valorização no mercado de carbono, que passa atualmente por uma fase de requalificação, como comentado anteriormente no estudo, em que se observa uma sofisticação por parte da demanda. Em 2024, devido à baixa disponibilidade de oferta desses tipos de créditos, seus preços foram, em média, 381% mais altos que os créditos de redução de emissões (Ecosystem Marketplace, 2025).

Além disso, regiões da América do Sul e o sul e leste asiáticos são identificadas pelo setor privado como

áreas de alto interesse para projetos de Agricultura Sustentável, Aflorestamento/ Reflorestamento/ Re-vegetação (ARR), Remoções de Dióxido de Carbono Duráveis (CDR), e Dispositivos Domésticos (IETA; A6IP, 2024). Só na plataforma do VCS, já é possível encontrar 39 projetos de ARR no Brasil entre os projetos registrados e do *pipeline*, que juntos alcançam mais de 6 milhões de toneladas de CO₂e de estimativa de redução de emissões anual (Verra, [s. d.]).

Dessa forma, o **Brasil pode se consolidar como um importante agente em um mercado em ascensão.** Para isso, no entanto, deve endereçar algumas questões regulatórias que ainda o impedem de ter uma participação robusta nesse mercado.

Os desafios relacionados a uma demanda fragmentada e o baixo incentivo para a compensação voluntária permanecem, mas a interação com mercados regulados ou com sistemas de tributação do carbono podem impulsionar a demanda por créditos do Mercado Voluntário, alavancando oportunidades para atores da oferta de créditos de carbono. **Considera-se uma oportunidade para atores da oferta de créditos no Mercado Voluntário a implementação de projetos nas metodologias que venham a ser credenciadas no SBCE, aproveitando sua experiência e gerando créditos que poderão ser convertidos em CRVEs e vendidos para novos públicos, os agentes regulados pelo sistema.**

Já o SBCE tem tanto o potencial de contribuir para o atingimento da NDC brasileira quanto atrair recursos para os setores de menor custo e maior potencial de abatimento, por meio da aceitação dos CRVEs. A partir de 2030, esse tende a ser o principal

vetor de influência para a demanda por créditos de projetos de descarbonização no âmbito nacional. A magnitude dessa influência dependerá, no entanto, de decisões acerca da aceitação (ou não) dos créditos do MDL no SBCE e da interoperabilidade entre o Mercado Voluntário e o mercado regulado nacional.

Em comparação ao Mercado Voluntário, único mercado efetivamente operacional no Brasil até o momento, a demanda por créditos advindos de projetos de mitigação pode crescer até 530% a partir de 2030, sendo o SCBE o principal vetor de influência

para esse aumento de demanda. Os créditos a serem utilizados no CORSIA, representariam o segundo maior vetor de influência para o aumento da demanda de créditos de carbono nacionais, mas o aproveitamento desse potencial dependerá integralmente da aceitação de ajustes correspondentes.

A Figura 25 apresenta um resumo dos potenciais máximos estimados para a participação brasileira em cada mercado considerando uma combinação dos cenários mais otimistas.

No longo prazo, a principal oportunidade para o mercado brasileiro é relacionada ao pleno funcionamento do Acordo de Paris. Nesse sentido, o aumento da ambição das NDCs é fundamental para que haja demanda pelos ITMOs nacionais, enquanto o cumprimento da NDC brasileira é fundamental para viabilizar a oferta desses ITMOs.

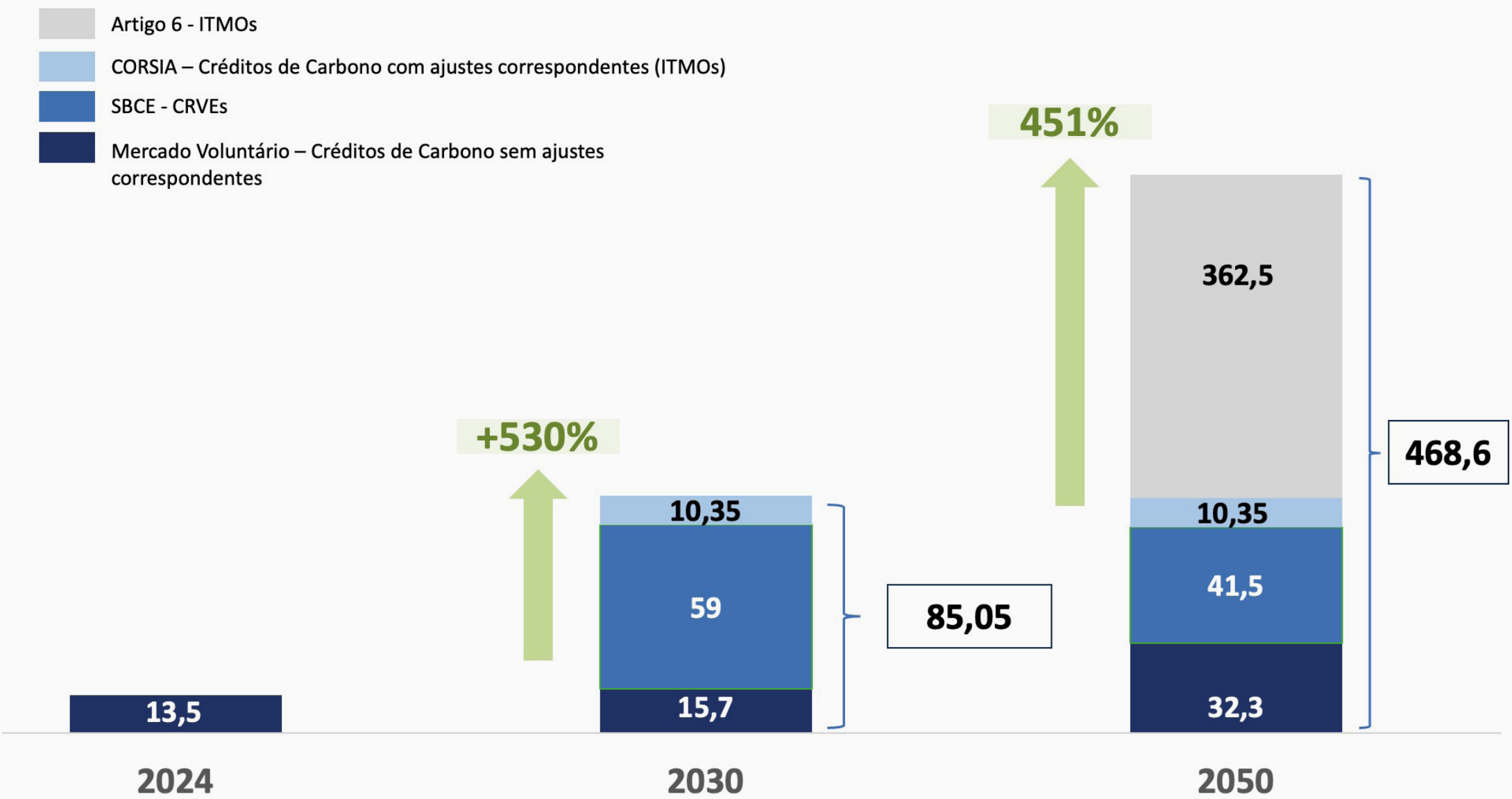
Até a COP30, **a nova rodada de revisão das NDCs em prol de um aumento das ambições de descarbonização, assim como o aumento da transparência sobre os instrumentos para alcançar as metas estabelecidas pode conferir maior clareza sobre os potenciais de transação nos mecanismos de mercado do Artigo 6.** Uma atualização nesse sentido é a nova proposta da União Europeia – ainda não aprovada pelo Parlamento – realizada em julho de 2025, que visa permitir que, a partir de 2036, até 3% das emissões do bloco sejam reduzidas por meio da aquisição de créditos de carbono de remoção de países em desenvolvimento, o que poderia representar uma demanda potencial de quase 280 MtCO₂e em ITMOs ou A6.4ER (European Commission, 2025; IMF, [s. d.]). **O aumento de ambição de outras regiões pode impulsionar novas demandas para os resultados de mitigação, dado que as opções de mitigação de emissões nacionais tendem a ficar mais escassas, o que aumenta o incentivo para adquirir redução de emissões em outras jurisdições.**

O Brasil atualizou sua NDC em 2024, visando reduzir entre 150 e 350 MtCO₂e em um intervalo de 5 anos, enquanto a meta anterior previa uma redução de 120 MtCO₂e para um mesmo intervalo de tempo (WRI Brasil, 2025). Nos próximos anos, o país tem a oportunidade de melhorar a transparência em relação ao cumprimento da NDC e em relação a como o país

pretende alcançar essas metas. **A Estratégia Nacional de Mitigação, atualmente em elaboração, tem o potencial de contribuir com essas informações, direcionando os investimentos nacionais e internacionais para os setores mais relevantes para a redução de emissões no país.** Essa e outras estratégias e políticas de mitigação, se comunicadas nos relatórios bianuais, com suas ambições e atualizações acerca de seus avanços, podem contribuir para uma maior confiabilidade nos compromissos climáticos nacionais.

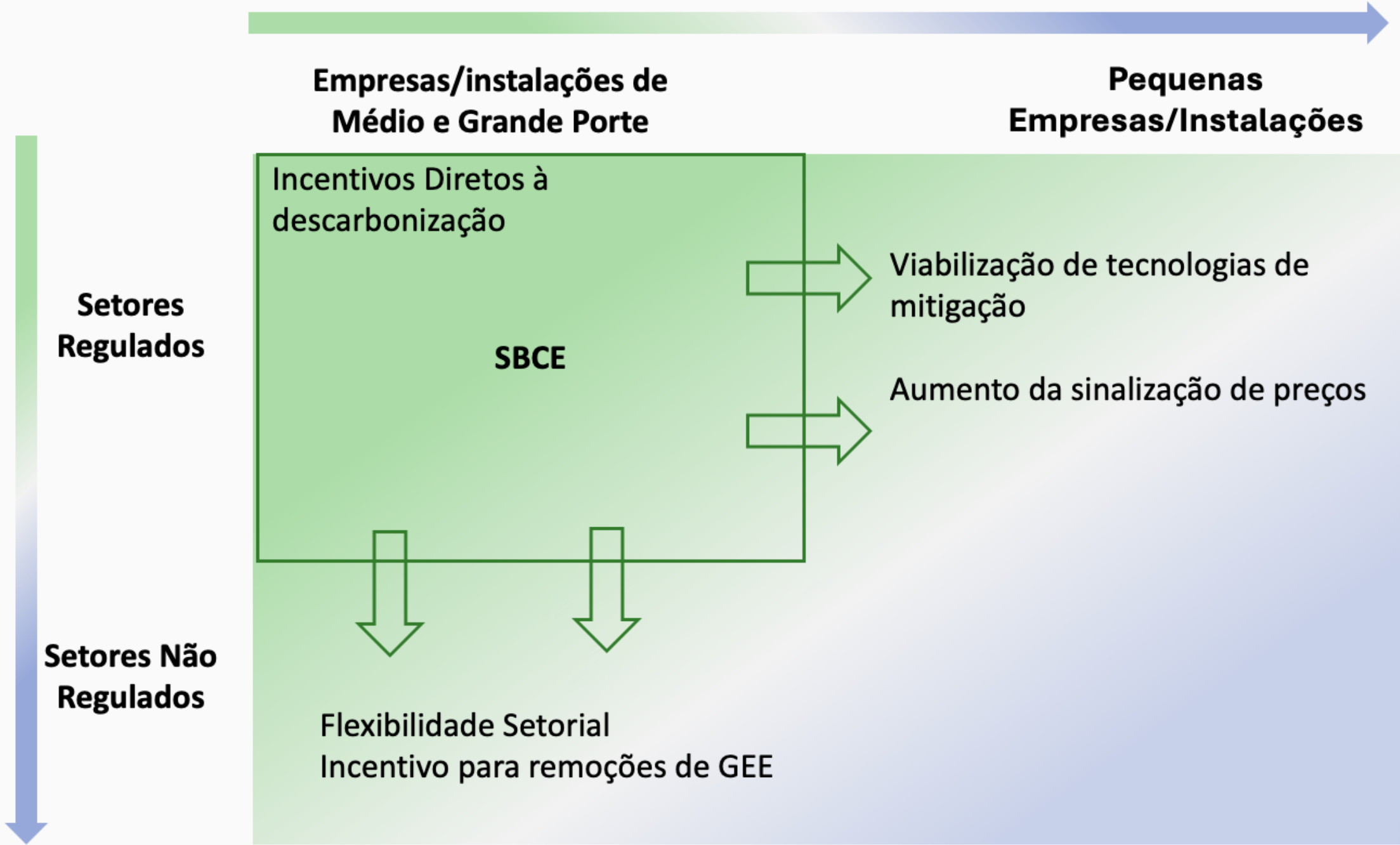
A criação do SBCE é outro fator que pode aumentar a credibilidade e a transparência das políticas de mitigação de emissões no Brasil, estendendo os incentivos para a descarbonização, tanto em setores regulados, quanto em não regulados pelo mercado de carbono nacional. Sua estruturação pode fortalecer os créditos brasileiros ao instituir um padrão mínimo de qualidade para as metodologias a serem aceitas no mercado regulado nacional, bem como critérios de verificação de conformidade socioambiental em linha com as normativas nacionais que, em tese, seriam verificados nos processos atuais praticados no Mercado Voluntário, mas que podem não passar por um controle coordenado por parte dos auditores e padrões de certificação independentes. A Figura 26, na próxima página, ilustra o fluxo desses impactos.

Figura 25 - Potenciais Oportunidades para o Mercado de Carbono Brasileiro, em MtCO₂e (combinações dos cenários otimistas)



Fonte: WayCarbon.

Figura 26 – Impactos do SBCE em setores e empresas não regulados



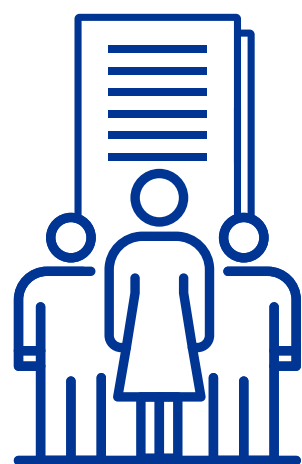
Fonte: Adaptado de Wetterberg; Ellis; Schneider (2024).

Além disso, a implementação do SBCE cria incentivos para o surgimento de uma infraestrutura de mercado mais eficiente que reduz os custos de transação para agentes regulados, mas também para agentes não regulados. A ausência de organização do Mercado Voluntário resulta em assimetrias informacionais que fragilizam seu pleno funcionamento e o torna mais vulnerável a práticas oportunistas, decisões ineficientes e falhas de mercado, comprometen-

do a confiança entre os agentes envolvidos (ICC Brasil; WayCarbon, 2025). Em um cenário em que ativos do SBCE sejam reconhecidos como ativos financeiros, abre-se a oportunidade de sua negociação em mercados organizados. Destaca-se, nesse sentido, a iniciativa da bolsa de valores brasileira (B3) em conjunto com a *AirCarbon Exchange* (ACX) a qual desenvolveu uma plataforma de negociação onde investidores têm acesso aos créditos com maior

transparência de preços e menores custos de procura e informação (B3, 2023).

Adicionalmente, levando em consideração os avanços em relação às cooperações globais (Artigo 6), o desenvolvimento do Registro Central, previsto na Lei 15.042, fornece a base jurídica e contábil necessária para o registro das transações de ITMOs, o que pode permitir uma interoperabilidade entre os mercados, facilitando a troca de informações de forma eficiente e segura, e viabilizando a participação brasileira em um mercado global que pode ter um elevado potencial de transações.



5. RECOMEN- DAÇÕES

Os mercados de carbono representam um dos principais instrumentos econômicos para acelerar a transição climática ao precificar as emissões e estimular investimentos em atividades e tecnologias menos poluentes. O Brasil tem o potencial de liderar o mercado internacional de carbono no âmbito dos mercados do Artigo 6, fator que pode representar oportunidades econômicas significativas através da atração de recursos financeiros internacionais e se consolidar na oferta de créditos de remoção de emissões por meio da restauração florestal. O estabelecimento do SBCE, por sua vez, pode ser o ponto de partida para ações de descarbonização mais coordenadas e eficazes, inclusive para os setores não cobertos pela regulação.

Entretanto, o aproveitamento desse potencial depende de uma série de medidas internas para que as reduções de emissões efetivamente aconteçam na escala e na velocidade necessária. Dessa forma, foram elaboradas recomendações voltadas para o setor público e para o setor privado nacional a fim de superar os desafios e aproveitar plenamente as oportunidades potenciais para o Brasil.

5.1. PARA O GOVERNO

As recomendações ao governo vão no sentido de materializar as expectativas em torno da criação do SBCE e de efetivar a relevância do país na transição para uma economia de baixo carbono.

- 1. Estabelecer uma governança climática capaz de atuar no planejamento estratégico da implementação conjunta das políticas climáticas, em harmonia com as políticas já existentes.** Além disso, é fundamental que as leis aprovadas sejam regulamentadas de forma integrada, garantindo segurança jurídica, previsibilidade e estabilidade fiscal e contratual para os investidores.
- 2. Considerar na Estratégia Nacional de Mitigação não apenas o lançamento de novas políticas e planos setoriais, mas também a reavaliação e o aprimoramento da efetividade e do alinhamento entre as políticas e planos já existentes.**
- 3. Estabelecer um processo mensuração, verificação e relato (MRV) sobre o cumprimento da NDC, incluindo os meios necessários para alcançar as metas estabelecidas.** O acompanhamento e a transparência em relação ao cumprimento da NDC serão fundamentais caso o país deseje comercializar ITMOs, aumentando a confiabilidade e a previsibilidade das decisões nacionais de mitigação.
- 4. Estabelecer a estratégia de comercialização de ITMOs, considerando o custo de oportunidade do uso do recurso advindo da venda de ITMOs para o cumprimento da NDC:** a venda de um resultado de mitigação deve ser considerada como uma antecipação de

recursos, que podem viabilizar novos projetos de redução de emissões.

- 5. Empenhar-se em cumprir o cronograma de implementação do SBCE,** considerando que a implementação tardia do mercado implicaria em maiores custos para alcançar as metas estabelecidas pela NDC.
- 6. Estabelecer regras de adequação dos projetos já estabelecidos do Mercado Voluntário às novas regras para geração de CRVEs, possibilitando o aproveitamento das iniciativas precursoras.**
- 7. Considerar, em conjunto com o SBCE, agências de redução do custo-Brasil e de inovação tecnológica** para manter a competitividade da indústria brasileira no comércio internacional.

5.2. PARA O SETOR PRIVADO

As recomendações para **agentes da oferta** têm como propósito a expansão da participação brasileira nos mercados de carbono por meio de projetos de qualidade socioambiental.

- 1. Identificar agentes econômicos dispostos a se comprometer com acordos de compra de longo prazo.** Dado que os mercados de carbono ainda estão em processo de amadu-

recimento, garantias de demanda de longo prazo são essenciais para reduzir a incerteza dos projetos de carbono.

2. **Investir na estruturação de projetos de carbono que proporcionem a remoção de emissões, sobretudo projetos que se beneficiem dos diferenciais competitivos do Brasil** como a restauração florestal, a produção agrícola integrada e o biochar, devido ao custo de abatimento relativamente baixo frente a outras atividades de remoção de emissões e considerando o possível aumento da demanda de empresas que se comprometeram com metas de neutralidade climática.
3. **Dada a divulgação de metodologias aceitas no mecanismo do Artigo 6.4 e no SBCE, avaliar oportunidades de desenvolvimento de projetos de carbono nestas metodologias.**

Já as recomendações para **agentes da demanda** trazem direcionamentos de melhores práticas para seus processos de descarbonização e neutralização de emissões no contexto da criação de um mercado regulado no Brasil.

1. Para as empresas que possuem compromissos voluntários de compensação de emissões, **estabelecer compromissos previsíveis de compra é fundamental para direcionar investimentos de longo prazo em projetos de descarbonização.**

2. **Compreender os impactos do estabelecimento do mercado regulado para diálogo embasado junto ao governo federal quanto a alocações de permissões que considerem a competitividade dos setores regulados no mercado internacional.**

3. **Avaliar oportunidades de descarbonização e estruturar processos enquanto são estabelecidas as diretrizes de alocação de permissões no SBCE.**

Adicionalmente, entende-se essencial a efetiva participação do setor financeiro a partir da estruturação de um mercado transparente e regulado. Mecanismos de garantia, de mitigação de riscos, de investimentos e de financiamento serão fundamentais para o sucesso do mercado de carbono no Brasil, consolidando um ambiente de transação maduro que permitirá a estruturação de produtos financeiros a partir de ativos ambientais.

Espera-se ainda definições necessárias sobre a operacionalização dos mecanismos do Artigo 6 e do SBCE de forma que os potenciais estimados possam ser atualizados e reflitam com maior efetividade as oportunidades para o Brasil nesses mercados. Assim, apoiar-se o desenvolvimento contínuo de estudos sobre os mercados de carbono no país como este, a fim de não só dimensionar as expectativas sobre esses mercados, mas para apoiar sua evolução e elevar o seu potencial, colaborando com o desafio climático global.

6. REFERÊNCIAS

- ACR. ACR Registry. [s. d.]. ACR Registry. Disponível em: <https://acrcarbon.org/acr-registry/>. Acesso em: 18 jul. 2025.
- ART, Architecture for REDD+ Transactions. ART Registry. [s. d.]. ART Architecture for REDD+ Transactions. Disponível em: <https://artredd.org/art-registry/>. Acesso em: 18 jul. 2025.
- B3. B3 fecha parceria com ACX para lançamento de plataforma de negociação de créditos de carbono no Brasil. 2023. Disponível em: https://www.b3.com.br/pt_br/noticias/b3-fecha-parceria-com-acx-para-lancamento-de-plataforma-de-negociacao-de-creditos-de-carbono-no-brasil.htm. Acesso em: 18 jul. 2025.
- BACEN. Sistema Gerenciador de Séries Temporais (SGS) - Série 3693. Dólar PTAX (compra), média do período, ano 2024. 2025. Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/sgspub/consultarvalores/consultarValoresSeries.do?method=consultarValores>. Acesso em: 14 jul. 2025.
- BANCO MUNDIAL. Síntese das análises e resultados do Projeto PMR Brasil. [S. l.: s. n.], 2020a. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/pmr/relatorio-sintese-pmr.pdf/view>.
- BANCO MUNDIAL. Síntese das análises e resultados do Projeto PMR Brasil. [S. l.: s. n.], 2020b. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/pmr/relatorio-sintese-pmr.pdf/view>.
- BANCO MUNDIAL. State and Trends of Carbon Pricing 2025. 2025. World Bank. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/publication/state-and-trends-of-carbon-pricing>. Acesso em: 12 jun. 2025.
- BLANTON, Erin; MOSIS, Samer. The Carbon-Neutral Lng Market: Creating A Framework For Real Emissions Reductions. [S. l.: s. n.], 2021.
- BNDES. BNDES aprova R\$ 160 milhões para reflorestamento da Mombak no Arco da Restauração. 2024. Agência BNDES de Notícias. Disponível em: [https://agenciadenoticias.bndes.gov.br/socioambiental/BNDES-aprova-R\\$-160-milhoes-para-reflorestamento-da-Mombak-no-Arco-da-Restauracao/](https://agenciadenoticias.bndes.gov.br/socioambiental/BNDES-aprova-R$-160-milhoes-para-reflorestamento-da-Mombak-no-Arco-da-Restauracao/). Acesso em: 18 jul. 2025.
- BRASIL. Lei 15.042/2024. 2024a. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/L15042.htm. Acesso em: 17 maio 2025.
- BRASIL. Lei 15.042/2024. 2024b. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/L15042.htm. Acesso em: 17 maio 2025.
- CAR. Climate Action Reserve Registry. [s. d.]. Climate Action Reserve. Disponível em: <https://climateactionreserve.org/>. Acesso em: 18 jul. 2025.
- CARB, California Air Resources Board. Supporting Material for Assessment of Post-2020 Caps. [s. l.], 2018. .
- CERCARBONO. Cercarbono – Certified Carbon Standard. [s. d.]. Disponível em: <https://www.cercarbono.com/>. Acesso em: 18 jul. 2025.
- CLIMATE FORWARD. Climate Forward – Accelerating Action on Climate Change. [s. d.]. Disponível em: <https://climateforward.org/>. Acesso em: 18 jul. 2025.
- CMAP; MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. Relatório de Avaliação - Política de Prevenção e Combate ao Desmatamento Ilegal. 2023a. Disponível em: <https://www.gov.br/planejamento/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/cmap/politicas/2023/avaliacoes-conduzidas-pelo-cmag/relatorio-de-avaliacao-politica-de-prevencao-e-combate-ao-desmatamento-ilegal.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2025.
- CMAP; MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. Relatório de Avaliação de Efetividade - Subsídio à Termoeletricidade. 2023b. Disponível em: https://www.gov.br/planejamento/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/cmap/politicas/2023/avaliacoes-conduzidas-pelo-cmas/relatorio_avaliacao_termoeletricidade_atualizacao.pdf. Acesso em: 18 jul. 2025.
- CNI. Descarbonização da Indústria - Análise de Experiências Internacionais e Recomendações para o Brasil. 2023. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/f6/dd/f6ddb14-6eea-4c18-a-008-7c05b778ec3e/id_248438_descarbonizacao_da_industria_interativo.pdf. Acesso em: 24 jul. 2025.
- DORMADY, Noah; ENGLANDER, Gabriel. Carbon Allowances and the Demand for Offsets: A Comprehensive Assessment of Imperfect Substitutes. Rochester, NY, 1 mar. 2016. Disponível em: <https://papers.ssrn.com/abstract=3157384>. Acesso em: 2 set. 2025.
- ECOSYSTEMMARKETPLACE. State of the Voluntary Carbon Market 2025. 2025. Disponível em: <https://3298623.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/3298623/SOVCM%202025/Ecosystem%20Marketplace%20State%20of%20the%20Voluntary%20Carbon%20Market%202025.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2025.

- EUROPEAN COMMISSION. EU ETS emissions cap - European Commission. 2023. Disponível em: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/eu-ets-emissions-cap_en. Acesso em: 11 jun. 2025.
- EUROPEAN COMMISSION. Questions and answers on the 2040 EU climate target proposal. 2025. European Commission. [Text]. Disponível em: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_25_1688. Acesso em: 18 jul. 2025.
- GCC. GCC Carbon Registry | Manage Carbon Credits with Transparency. [s. d.]. Disponível em: <https://global-carboncouncil.com/how-gcc-works/carbon-registry/>. Acesso em: 18 jul. 2025.
- GIIGNL, The International Group of Liquefied Natural Gas Importers. LNG carbon offsetting: fleeting trend or sustainable practice? 2020. Disponível em: https://giignl.org/wp-content/uploads/_pda/2021/07/giignl_lng_carbon_offsetting_061820.pdf. Acesso em: 4 jun. 2025.
- GLOBO. Fraude na Amazônia: empresas usam terras públicas como se fossem particulares para vender créditos de carbono a gigantes multinacionais. 2 out. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2023/10/02/fraude-na-amazonia-empresas-usam-terras-publicas-como-se-fossem-particulares-para-vender-creditos-de-carbono-a-gigantes-multinacionais.ghtml>. Acesso em: 23 jul. 2025.
- GOLD STANDARD. GSF Registry. [s. d.]. Disponível em: <https://registry.goldstandard.org/projects?q=&page=1>. Acesso em: 18 jul. 2025.
- GRONWALD, Marc; HINTERMANN, Beat. Explaining the EUA-CER Spread. SSRN Electronic Journal, [s. l.], 2016. DOI 10.2139/ssrn.2763503. Disponível em: <https://www.ssrn.com/abstract=2763503>. Acesso em: 2 set. 2025.
- HAUSMANN, Ricardo; RODRIK, Dani. Economic development as self-discovery. Journal of Development Economics, 14th Inter-American Seminar on Economics. [s. l.], v. 72, n. 2, p. 603-633, 1 dez. 2003. DOI 10.1016/S0304-3878(03)00124-X. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030438780300124X>. Acesso em: 24 jul. 2025.
- IATA, International Air Transport Association; A6IP, Paris Agreement Article 6 Implementation Partnership; IETA, International Emissions Trading Association; ATAG, Air Transport Action Group. Guidance Document for Host countries concerning the issuance of CORSIA Eligible Emissions Units. [S. l.]: IATA, nov. 2024. Disponível em: https://www.iata.org/contentassets/Obf212bfcb0548f2b6ad4c1e229f7e94/guidance_document_for_host_countries_regarding-corsia_final.pdf. Acesso em: 22 maio 2025.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Tabela 1839: Dados gerais das empresas industriais com 1 ou mais pessoas ocupadas, segundo as indústrias extrativas e de transformação e as faixas de pessoal ocupado (CNAE 2.0). 2023. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1839>. Acesso em: 13 jun. 2025.
- ICAO, International Civil Aviation Organization. CORSIA States for Chapter 3 State Pairs. 2025a. Disponível em: <https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/state-pairs.aspx>. Acesso em: 21 maio 2025.
- ICAO, International Civil Aviation Organization. Interim Assessments in Support of the 2025 CORSIA Periodic Review. Council 234th Session Subject No. 50: Questions relating to the environment. 2025b. Disponível em: https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Documents/CAEP_Inputs%20to%202025%20CORSIA%20periodic%20review%20%28C234%29.pdf. Acesso em: 12 jun. 2025.
- ICAP; BANCO MUNDIAL. Emissions Trading in Practice: A handbook on Design and Implementation. 2021a. Disponível em: https://icapcarbonaction.com/system/files/document/ets-handbook-2020_finalweb.pdf. Acesso em: 11 jun. 2025.
- ICAP, International Carbon Action Partnership; BANCO MUNDIAL. Emissions Trading in Practice: A handbook on Design and Implementation. 2021b. Disponível em: https://icapcarbonaction.com/system/files/document/ets-handbook-2020_finalweb.pdf. Acesso em: 11 jun. 2025.
- ICC BRASIL; WAYCARBON. Oportunidades para o Brasi em mercados de carbono - 1ª edição. 2021. Disponível em: https://www.iccbrasil.org/wp-content/uploads/2021/10/oportunidades-para-o-brasil-em-mercados-de-carbono_icc-br-e-waycarbon_29_09_2021.pdf. Acesso em: 22 ago. 2025.
- ICC BRASIL; WAYCARBON. Oportunidades para o Brasil em mercados de carbono - 2º edição. [S. l.: s. n.], 2022. Disponível em: https://www.iccbrasil.org/wp-content/uploads/2022/10/RELATORIO_ICCBR_2022_final.pdf. Acesso em: 24 jul. 2025.
- ICC BRASIL; WAYCARBON. Oportunidades para o Brasil em Mercados de Carbono - 3ª edição. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: <https://conteudo.waycarbon.com/3-estudo-oportunidades-para-o-brasil-em-mercados-de-carbono-2023>.

- ICC BRASIL; WAYCARBON. Suporte ao Governo Federal por meio da análise de um framework do mercado de carbono no Brasil - Output 1 - Recomendações para o credenciamento de padrões independentes de certificação de carbono (standards) para aceitação de offsets no Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE). 2025. Disponível em: https://www.iccbrasil.org/wp-content/uploads/2025/02/Relatorio_ICC_UK_PACT-1.pdf. Acesso em: 19 maio 2025.
- IEG; BANCO MUNDIAL. Carbon Markets for Greenhouse Gas Emission Reduction in a Warming World. [S. l.]: World Bank, Washington, DC, 2018. DOI 10.1596/31043. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10986/31043>. Acesso em: 22 ago. 2025.
- IETA; A6IP. IETA and A6IP Business Pulse Survey. 12 nov. 2024. Disponível em: <https://www.ieta.org/resources/reports/article-6-in-action-business-insights-implementation-trends/>, <https://www.ieta.org/resources/reports/article-6-in-action-business-insights-implementation-trends/>. Acesso em: 18 jul. 2025.
- IMF, International Monetary Fund. National Greenhouse Gas Emissions Inventories and Implied National Mitigation (Nationally Determined Contributions) Targets. [s. d.]. Climate Change Indicators Dashboard. Disponível em: https://climatedata.imf.org/datasets/72e94bc71f4441d29710a9bea4d35f1d_0/explore. Acesso em: 18 jul. 2025.
- JAPÃO. Japan's Nationally Determined Contribution (NDC). 2025. Disponível em: <https://unfccc.int/sites/default/files/2025-02/Japans%202035-2040%20NDC.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2025.
- JEUDY-HUGO, Sirini; RE, Luca Lo; FALDUTO, Chiara. Understanding Countries' Net-Zero Emissions Targets. [S. l.]: OECD/IEA Climate Change Expert Group Papers, 2021. Disponível em: https://www.oecd.org/en/publications/understanding-countries-net-zero-emissions-targets_8d25a20c-en.html.
- MCTI, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Cenários do Projeto Opções de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Setores-Chave do Brasil. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/dados-e-ferramentas/cenarios>. Acesso em: 22 set. 2025.
- MCTI, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Simulador Nacional de Políticas Setoriais e Emissões (SINAPSE). 2025b. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/dados-e-ferramentas/sinapse>. Acesso em: 18 maio 2025.
- MCTI, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. SIRENE - Emissões de GEE por Setor. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/emissoes/emissoes-de-gee-por-setor-1>. Acesso em: 19 maio 2025.
- MDIC, Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. Grupo de Trabalho de Redução do Custo Brasil (GT-CB). 2025. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/composicao/se/cndi/gts/tematicos/gt-cb/gt-cb>. Acesso em: 24 jul. 2025.
- MURRAY, Brian C.; JENKINS, W. Aaron; BUSCH, Jonah M.; WOODWARD, Richard T. Designing Cap and Trade to Correct for “Imperfect” Offsets. [s. l.], , p. 29, 2012. .
- NAZIFI, Fatemeh. Modelling the price spread between EUA and CER carbon prices. Energy Policy, [s. l.], v. 56, p. 434–445, 1 maio 2013. DOI 10.1016/j.enpol.2013.01.006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421513000128>. Acesso em: 2 set. 2025.
- NGFS, Network for Greening the Financial System. NGFS Phase 5 Scenario Explorer. 2025. Disponível em: <https://data.ene.iiasa.ac.at/ngfs/#/downloads>. Acesso em: 21 ago. 2025.
- NORDHAUS, William. Climate Change: The Ultimate Challenge for Economics. American Economic Review, [s. l.], v. 109, n. 6, p. 1991–2014, 1 jun. 2019. DOI 10.1257/aer.109.6.1991. Disponível em: <https://pubs.aeaweb.org/doi/10.1257/aer.109.6.1991>. Acesso em: 8 jul. 2025.
- PETROBRAS. Petrobras e BNDES firmam parceria para reflorestar a Amazônia e fortalecer o mercado de créditos de carbono. 2025. Disponível em: <https://agencia.petrobras.com.br/w/sustentabilidade/petrobras-e-bndes-firmam-parceria-para-reflorestar-a-amazonia-e-fortalecer-o-mercado-de-creditos-de-carbono>. Acesso em: 11 jun. 2025.
- PETROBRAS. Relatório de Sustentabilidade 2023. 2024. Disponível em: <https://sustentabilidade.petrobras.com.br/documents/1449993/82badcb9-71d0-47be-67dc-cbc99aa48a56>. Acesso em: 11 jun. 2025.
- PINDYCK, Robert S. The use and misuse of models for climate policy. [S. l.]: Massachusetts Institute of Technology, 2015. Disponível em: <https://web.mit.edu/rpindyck/www/Papers/PindyckClimateModels2015.pdf>.

- PLAN VIVO. Plan Vivo Climate Registry. [s. d.]. Plan Vivo Foundation. Disponível em: <https://www.planvivo.org/pv-climate-registry>. Acesso em: 18 jul. 2025.
- REGISTRO PÚBLICO DE EMISSÕES. Registro Publico de Emissoes - Petrobrás. 2024. Disponível em: <https://registropublicodeemissoes.fgv.br/estatistica/estatistica-participantes/356>. Acesso em: 11 jun. 2025.
- SBTI, Science Based Target Initiative. SBTi Monitoring Report 2023. 2024. Disponível em: <https://files.science-basedtargets.org/production/files/SBTiMonitoringReport2023.pdf?dm=1734357649>. Acesso em: 3 jun. 2025.
- SBTI, Science Based Target Initiative. Target dashboard - Science Based Targets. 2025. Science Based Targets Initiative. Disponível em: <https://sciencebasedtargets.org/target-dashboard>. Acesso em: 2 jun. 2025.
- STERN, Nicholas. A Time for Action on Climate Change and a Time for Change in Economics. The Economic Journal, [s. l.], v. 132, n. 644, 2022. <https://doi.org/10.1093/ej/ueac005>.
- STF, Supremo Tribunal Federal. Ação Direta de Inconstitucionalidade, número 7795. 2025. Disponível em: <https://portal.stf.jus.br/processos/detalhe.asp?incidente=7195552>. Acesso em: 23 jul. 2025.
- SUÉCIA. Sweden's climate policy framework. 3 nov. 2021. Ministry of Climate and Enterprise. [Text]. Disponível em: <https://www.government.se/articles/2021/03/swedens-climate-policy-framework/>. Acesso em: 18 jul. 2025.
- SUIÇA. Switzerland's Long-Term Climate Strategy. 2021. Disponível em: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/topics/climate/info-specialists/emission-reduction/reduction-targets/2050-target/climate-strategy-2050.html>. Acesso em: 18 jul. 2025.
- SUSEP. SES - Sistema de Estatísticas da SUSEP - Balanços Patrimoniais das Seguradoras - Passivo. 2025. Disponível em: https://www2.susep.gov.br/menuestatistica/SES/resp_balanco.aspx. Acesso em: 14 jul. 2025.
- TCU, Tribunal de Contas da União. Relatório de Auditoria Operacional. Ações e Atividades de Adaptação Às Mudanças Climáticas e Mitigação da Emissão de Gases de Efeito Estufa na Agropecuária. TC 033.495/2023-8. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/documento/acordao-completo/*/NUMACORDAO%253A2379%2520ANOACORDAO%253A2024%2520COLEGIADO%253A%2522Plen%25C3%25A-1rio%2522/DTRELEVANCIA%2520desc%252C%2520NUMACORDAOINT%2520desc/0.
- TFSVCM, Taskforce on Scaling Voluntary Carbon Markets. Taskforce on Scaling Voluntary Carbon Markets - Final Report. 2021. Disponível em: https://www.iif.com/Portals/1/Files/TSVCM_Report.pdf. Acesso em: 10 jun. 2025.
- TOKIO GAS. Establishment of a Carbon Neutral LNG Buyers Alliance. 2021. Disponível em: https://www.tokyo-gas.co.jp/Press_e/20210309-02e.pdf. Acesso em: 3 jun. 2025.
- UNDP. Support Guide for UNDP Article 6 Training Course. [S. l.]: UNDP, 2022. Disponível em: https://www.learnin-gfornature.org/wp-content/uploads/2020/07/Support_Guide_UNDP_UNFCCC_23.01.2023-compressed.pdf.
- UNEP, United Nations Environment Programme. Emissions Gap Report 2024 | UNEP - UN Environment Programme. 17 out. 2024. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2024>. Acesso em: 22 ago. 2025.
- UNEP-CCC, United Nations Environment Programme Copenhagen Climate Centre. Article 6 Pipeline. [S. l.: s. n.], 2025. Disponível em: <https://unepccc.org/article-6-pipeline/>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- UNFCCC. Overview of Art.6 of the PA. 2023. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Webinar%20I_Overview%20of%20Art.6%20of%20the%20PA.pdf. Acesso em: 22 ago. 2025.
- UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change. Further guidance on the mechanism established by Article 6, paragraph 4, of the Paris Agreement. 2024. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/CMA_6_agenda%20item15b_AUV_2.pdf. Acesso em: 17 maio 2025.
- UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change. Mechanism Methodology. A6.4-AMM-001: Flaring or use of landfill gas. Version 01.0. 2025a. Disponível em: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/A6.4-SBM019-A02.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2025.
- UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change. Report of the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement on its sixth session, held in Baku from 11 to 24 November 2024. 2025b. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2024_17a01_adv.pdf. Acesso em: 18 maio 2025.
- UNFCCC. Host Party Participation requirements for Article 6.4 mechanism submission by Brazil | UNFCCC.2025c. Disponível em: <https://unfccc.int/documents/648634>. Acesso em: 22 ago. 2025.
- UNFCCC. HOST PARTY PARTICIPATION REQUIREMENTS FOR ARTICLE 6.4 MECHANISM. 1 jul. 2025d. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/A6.4_Host_Party_Participation_Brazil.pdf. Acesso em: 22 ago. 2025.

- UNFCCC. Article 6.2 - Reference manual for the accounting, reporting and review of cooperative approaches. [S. l.: s. n.], 2025e. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Article_6.2_Reference_Manual.pdf. Acesso em: 1 set. 2025.
- UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change. United Nations online platform for voluntary cancellation of certified emission reductions (CERs). All Projects. 2025f. Disponível em: <https://offset.climateneutralnow.org/AllProjects?ContinentId=264&Sorting=103&CountryId=288>. Acesso em: 11 jun. 2025.
- VARIAN, Hall R. Intermediate Microeconomics - A Modern Approach. [S. l.: s. n.], 2010(, Eighth Edition).
- VERRA. Verra Registry. [s. d.]. Verra Registry Overview. Disponível em: <https://verra.org/registry/overview/>. Acesso em: 18 jul. 2025.
- WETTERBERG, Klas; ELLIS, Jane; SCHNEIDER, Lambert. The interplay between voluntary and compliance carbon markets: Implications for environmental integrity. OECD Environment Working Papers, n. 244. [S. l.: s. n.], 18 jul. 2024. DOI 10.1787/500198e1-en. Disponível em: https://www.oecd.org/en/publications/the-interplay-between-voluntary-and-compliance-carbon-markets_500198e1-en.html. Acesso em: 22 ago. 2025.
- WMO. State of the Global Climate 2024. [S. l.: s. n.], 2025. Disponível em: https://library.wmo.int/viewer/69455/download?file=WMO-1368-2024_en.pdf&type=pdf&navigator=1.
- WRI BRASIL. Nova NDC do Brasil: o que a meta revela sobre a transição da economia. 2025. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/nova-ndc-do-brasil-o-que-meta-revela-sobre-transicao-da-economia>. Acesso em: 18 jul. 2025.
- YU, Jongmin; MALLORY, Mindy L. Carbon price interaction between allocated permits and generated offsets. Operational Research, [s. l.], v. 20, n. 2, p. 671–700, 1 jun. 2020. DOI 10.1007/s12351-017-0345-2. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12351-017-0345-2>. Acesso em: 2 set. 2025.



x x x



APOIO



+

