

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA POLITÉCNICA

GABRIELLE RODRIGUES DA COSTA

**O SISTEMA BRASILEIRO DE COMÉRCIO DE EMISSÕES (SBCE):
PERSPECTIVAS, DESAFIOS E LIÇÕES INTERNACIONAIS**

SÃO PAULO

2025

GABRIELLE RODRIGUES DA COSTA

**O SISTEMA BRASILEIRO DE COMÉRCIO DE EMISSÕES (SBCE):
PERSPECTIVAS, DESAFIOS E LIÇÕES INTERNACIONAIS**

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do diploma de
Engenheiro de Produção.

São Paulo
2025

GABRIELLE RODRIGUES DA COSTA

**O SISTEMA BRASILEIRO DE COMÉRCIO DE EMISSÕES (SBCE):
PERSPECTIVAS, DESAFIOS E LIÇÕES INTERNACIONAIS**

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do diploma de
Engenheira de Produção.

Orientador: Prof. Dr Erik Eduardo Rego

São Paulo

2025

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-publicação

Costa, Gabrielle Rodrigues

O SISTEMA BRASILEIRO DE COMÉRCIO DE EMISSÕES (SBCE):
PERSPECTIVAS, DESAFIOS E LIÇÕES INTERNACIONAIS / G. R. Costa -- São
Paulo, 2025.

118 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1.Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões 2.mercado de carbono
3.governança climática 4.precificação de carbono 5.transição de baixo carbono
I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de
Engenharia de Produção II.t.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, expresso minha gratidão a Deus, pela força e pelas bênçãos que me sustentaram e tornaram possível esta conquista.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão à minha família, por acreditarem em mim e me incentivarem em cada etapa da minha trajetória. Em especial à minha mãe e à minha avó, duas mulheres incríveis que se sacrificaram para que eu pudesse alçar voos altos, sem elas, nada disso seria possível.

Agradeço aos meus colegas de faculdade que estiveram ao meu lado ao longo desses cinco anos. Compartilhamos momentos bons e desafiadores, e juntos aprendemos valiosas lições. Em especial, ao CAEP, por me acolher e oferecer um espaço seguro e acolhedor durante essa jornada e por todas as pessoas que conheci através dele.

Sou imensamente grata também aos meus amigos Beatriz Gaya, Douglas Luchetti, Eloisa Oliveira, Isabella Ide, Mateus Pina e Thais Neves pelos conselhos, pela amizade e por me apoiarem nos momentos mais difíceis, sempre me lembrando de seguir em frente e não desistir.

Ao meu namorado, Fred, agradeço por acreditar em mim mesmo quando eu duvidava, por celebrar comigo cada conquista e por ser meu porto seguro em todos os momentos.

Registro ainda meu sincero agradecimento ao professor Erik Rego, pela orientação e apoio durante a elaboração deste trabalho de formatura, e a todos os professores do IFSP – Campus Pirituba e da Escola Politécnica da USP, que contribuíram de forma essencial para a minha formação como engenheira e cidadã.

Por fim, agradeço à Escola Politécnica e à Universidade de São Paulo por todos os aprendizados, oportunidades e experiências que transformaram minha vida. A USP mudou a minha história, e levarei comigo esse orgulho e gratidão para sempre.

“Educação não transforma o mundo.

Educação muda as pessoas.

Pessoas transformam o mundo.”

- Paulo Freire

RESUMO

A criação do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE), instituído pela Lei nº 15.042/2024, representa um marco regulatório na política climática nacional e um avanço na consolidação da economia de baixo carbono. O trabalho analisa o desenho institucional, os mecanismos econômicos e os desafios de implementação do SBCE à luz das experiências da União Europeia e da China, com o objetivo de identificar elementos passíveis de adaptação ao contexto brasileiro. A pesquisa adota abordagem qualitativa e comparativa, fundamentada na análise documental de legislações, relatórios oficiais e literatura especializada.

Os resultados indicam que o Brasil dispõe de arcabouço jurídico robusto e alinhado às melhores práticas internacionais, mas sua efetividade depende da consolidação de uma governança autônoma, previsível e tecnicamente qualificada. Destacam-se como pilares de sucesso a autonomia financeira e funcional do órgão gestor, a confiabilidade do sistema de mensuração, relato e verificação (MRV) e a transparência assegurada pelo Registro Central do SBCE. A análise também demonstra que o Plano Nacional de Alocação (PNA) pode funcionar como instrumento de política industrial verde, orientando investimentos e impulsionando inovação tecnológica.

O estudo propõe uma agenda de implementação baseada na integração entre regulação, eficiência econômica e justiça climática, reforçando o potencial do SBCE para posicionar o Brasil como referência internacional em governança de mercados de carbono e liderança regional na transição para uma economia de baixo carbono.

Palavras-chave: Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões; mercado de carbono; governança climática; precificação de carbono; transição de baixo carbono.

ABSTRACT

The creation of the Brazilian Emissions Trading System (SBCE), established by Law No. 15,042/2024, represents a regulatory milestone in the country's climate policy and a major step toward consolidating a low-carbon economy. This study examines the institutional design, economic mechanisms, and implementation challenges of the SBCE in light of the experiences of the European Union and China, aiming to identify elements that can be adapted to the Brazilian context. The research adopts a qualitative and comparative approach, grounded in the documentary analysis of legislation, official reports, and specialized literature.

The findings indicate that Brazil has a robust legal framework aligned with international best practices, but its effectiveness depends on the consolidation of an autonomous, predictable, and technically qualified governance structure. The main pillars of success include the financial and functional autonomy of the managing authority, the reliability of the Measurement, Reporting and Verification (MRV) system, and the transparency ensured by the SBCE Central Registry. The analysis also shows that the National Allocation Plan (PNA) can serve as a green industrial policy instrument, guiding investments and fostering technological innovation.

The study proposes an implementation agenda based on the integration of regulation, economic efficiency, and climate justice, reinforcing the SBCE's potential to position Brazil as an international reference in carbon-market governance and as a regional leader in the transition toward a low-carbon economy.

Keywords: Brazilian Emissions Trading System; carbon market; climate governance; carbon pricing; low-carbon transition.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução do Preço da Tonelada de Dióxido de Carbono.....	18
Figura 2 - Distribuição global dos instrumentos de precificação de carbono.....	19
Figura 3 - Emissões anuais de CO ₂ por país e região	20
Figura 4 - Emissões cumulativas de CO ₂ por país.....	21
Figura 5 - Principais emissores históricos de CO ₂	21
Figura 6 - Evolução do Preço do Carbono no EU ETS (US\$/tCO ₂ e)	27
Figura 7 - Emissões de CO ₂ por tipo de combustível ou setor de atividade.....	34
Figura 8 - Ciclo de funcionamento do sistema de MRV do SBCE.....	72
Figura 9 - Ciclo de conformidade no SBCE.....	74
Figura 10 - Participação setorial nas emissões brutas de GEE.....	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
CBEs	Cotas Brasileiras de Emissões
CEAs	Cotas de Emissão de Alocação
CIM	Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima
CMNUCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
COP	<i>Conference of the Parties</i>
CRVEs	Créditos de Redução Verificada de Emissões
CVM	Comissão de Valores Mobiliários
EEA	<i>European Environment Agency</i>
ETS	<i>Emissions Trading System</i>
EU ETS	<i>European Union Emissions Trading System</i>
GEE	Gases de Efeito Estufa
IETA	<i>International Emissions Trading Association</i>
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MRV	Mensuração, Relato e Verificação
ONU	Organização das Nações Unidas
PNA	Plano Nacional de Alocação
SBCE	Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa
SEEG	Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa
UE	União Europeia
UNFCCC	<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>
NDCs	Contribuições Nacionalmente Determinadas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Contexto e motivação.....	13
1.2 Objetivos	14
1.3 Metodologia	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Breve histórico dos acordos internacionais.....	16
2.2 Mercado de Carbono Europeu	22
2.2.1 Origens, estrutura e funcionamento	22
2.2.3 Mecanismos de estabilidade e desafios	26
2.2.4 Vazamento de carbono (carbon leakage) e CBAM	29
2.2.5 Resultados da iniciativa europeia.....	31
2.2.6 Conclusões parciais sobre o mercado de carbono europeu	33
2.3 Mercado de Carbono Chinês.....	33
2.3.1 Contexto, metas climáticas e racional para o ETS	33
2.3.2 Surgimento e desenvolvimento	36
2.3.3 Mecanismos e funcionamento.....	38
2.3.4 Benchmarks.....	40
2.3.5 Cobertura setorial	41
2.3.6 MRV - Monitoramento, relato e verificação	42
2.3.7 Comércio e mecanismos de flexibilidade	44
2.3.8 Evolução do preço e impactos	46
2.3.9 Conclusões parciais sobre o mercado de carbono chinês.....	47
2.4 Histórico Brasileiro	48
2.4.1 Debates sobre precificação de carbono no país	48
2.4.2 Tentativas anteriores e experiências relacionadas.....	50
2.4.3 Protagonismo do setor florestal.....	51
2.5 O Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE) ..	52
2.5.1 Principais objetivos	52
2.5.2 Órgão gestor do SBCE	56
2.5.3 Comitê interministerial sobre mudança do clima - CIM.....	59
2.5.4 Comitê técnico consultivo permanente - CTCP.....	62
2.5.5 Plano nacional de alocação - PNA.....	64
2.5.6 Setores inicialmente obrigados	67
2.5.7 Definição de limites e alocação de cotas	68
2.5.8 Monitoramento, reporte e verificação (MRV).....	71
2.5.9 Mecanismo de negociação	75

2.5.10 Fases de implementação do SBCE.....	76
2.5.11 Conclusões parciais sobre o mercado de carbono brasileiro.....	79
3 PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DO MERCADO BRASILEIRO	81
3.1 Princípios de desenho	81
3.1.1 Cap & trade vs. padrões de desempenho (rate-based)	81
3.1.2 Governança e coordenação	83
3.2 Quem participa (cobertura e obrigatoriedade)	85
3.2.1 Limiar de inclusão de setores.....	85
3.2.2 A exclusão da agropecuária primária do SBCE.....	88
3.3 Certificação e MRV	91
3.3.1 MRV padronizado e verificação independente	91
3.3.2 Certificação de ativos (CBEs/CRVEs).....	94
3.4 Alocação e estabilidade de preços	95
3.4.1 Alocação gratuita e leilões	95
3.4.2 Mecanismos anticíclicos	97
3.5 Operação de mercado: vender, comprar e liquidar	99
3.5.1 Canais de negociação	99
3.5.2 Liquidação, custódia e registro.....	102
3.6 Integração internacional (ITMOs)	104
3.7 Impactos setoriais e competitividade	107
3.7.1 Setores impactados	107
3.7.2 Medidas de mitigação	109
4 CONCLUSÃO.....	112
5 REFERÊNCIAS.....	116

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contexto e motivação

O tema da transição energética e da busca pela neutralidade de carbono (mais conhecido por *Net Zero*) tem ganhado cada vez mais destaque nas pautas políticas e midiáticas nos últimos anos, com a crescente importância retratada pelas conferências internacionais como a Rio-92, o Protocolo de Kyoto, o Acordo de Paris, entre outras. Como resultado, diversos países assumiram compromissos com metas voltadas à redução da emissão de gases de efeito estufa (GEE) visando conter o avanço das mudanças climáticas. No entanto, apesar dos progressos diplomáticos, a implementação dessas metas ainda enfrenta um obstáculo persistente: a escassez e/ou disputa de recursos financeiros para viabilizar a transição energética em larga escala, e no prazo necessário (IEA, 2024).

Foi no âmbito do Protocolo de Kyoto, assinado em 1997, e que vigorou de 2005 a 2020, que surgiu o conceito moderno de mercado de carbono como instrumento de política climática. O protocolo estabeleceu mecanismos de flexibilização, como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e o Comércio de Emissões, que permitiam aos países desenvolvidos cumprir parte de suas metas de redução adquirindo créditos de carbono provenientes de projetos em países em desenvolvimento (VIEIRA et al., 2025).

Nos últimos anos, o cenário global tornou-se ainda mais desafiador. Crises econômicas, conflitos geopolíticos, instabilidade nas cadeias de suprimentos e disputas comerciais têm pressionado os orçamentos nacionais, levando muitos países a priorizarem a segurança militar, independência energética e a competitividade industrial em detrimento dos compromissos ambientais. Um exemplo marcante é a guerra entre Rússia e Ucrânia, que desestabilizou o mercado global de energia devido à forte dependência europeia do gás russo. Como consequência, diversos países retomaram o uso de fontes tradicionais poluentes, como o carvão, desacelerando o avanço de suas metas de descarbonização (IEA, 2024).

Além disso, os Estados Unidos, no início de 2025, poucas horas após a posse do presidente Donald Trump, ele assinou uma ordem executiva para retirar o país do Acordo Climático de Paris. Esse ato reforça as estimativas feitas antes de sua vitória, que indicavam que seu retorno à presidência poderia resultar em aumento de até 4 bilhões de toneladas nas emissões dos EUA até 2030 (BBC NEWS, 2025).

Neste contexto, soluções de mercado que não dependam de recursos públicos, como o mercado de carbono, surge como possível solução. Através dele, empresas que emitem mais gases de efeito estufa compram créditos de empresas que tiveram emissões negativas ou estão financiando projetos de preservação ambiental. A grande vantagem desse mercado é a menor dependência de subsídios e incentivos governamentais, deixando ao Estado o papel da regulamentação (VIEIRA et al., 2025).

Seguindo essa tendência, no Brasil, no final de 2024 foi sancionada a lei que institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE). O objetivo da medida é permitir que o país avance no cumprimento das metas climáticas assumidas no Acordo de Paris, por meio da criação de um mercado regulado de carbono. O SBCE estabelece as bases para limitar e negociar emissões, definindo setores abrangidos, limites de emissão (*teto/cap*) e mecanismos de monitoramento, reporte e verificação (MRV) (BRASIL, 2024).

Considerando a sua matriz energética com aproximadamente metade de recursos renováveis e matriz elétrica predominantemente renovável, o país tem potencial de liderar iniciativas ambientais em âmbito global, pois reúne condições favoráveis para se tornar um player relevante nesse mercado (VIEIRA et al., 2025). Ao mesmo tempo, é preciso enfrentar desafios institucionais, regulatórios e de governança para viabilizar a criação de um sistema robusto, transparente e alinhado às melhores práticas internacionais (EUROPEAN COMMISSION, 2025). Assim surge o interesse de estudar como o Brasil pode implementar um mercado regulado de carbono de forma eficiente e estratégica, a partir de experiências passadas próprias e de outros países.

1.2 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo analisar e propor diretrizes para a implementação eficiente de um mercado regulado de carbono no Brasil, considerando os desafios financeiros enfrentados pelos países na descarbonização e as vantagens competitivas da matriz energética brasileira.

Já como objetivos específicos, destacam-se:

1. Investigar o contexto histórico e os principais acordos internacionais relacionados à descarbonização e aos mercados de carbono.

2. Examinar as experiências de implementação de mercados de carbono em países como os da União Europeia e China, identificando melhores práticas e lições aprendidas.

3. Identificar os principais desafios energéticos, governamentais e econômicos para a implementação de um mercado de carbono no Brasil.

1.3 Metodologia

O presente projeto está estruturado em três etapas principais:

1. Revisão da literatura sobre mudanças climáticas, transição energética e instrumentos de mercado;

Nesta primeira etapa será feita revisão bibliográfica a partir de pesquisa em artigos acadêmicos, relatórios institucionais e notícias, com o objetivo de compreender os fundamentos das mudanças climáticas, as conferências feitas por países e as metas adotadas, além do funcionamento do mercado de carbono e suas especificidades.

2. Estudos de caso internacionais sobre mercados de carbono;

Nesta etapa, serão estudadas as implementações de mercados de carbono em regiões relevantes como China e países europeus para entender aspectos regulatórios, funcionamento do sistema e impacto econômico.

3. Discussão sobre a implementação estratégica do mercado de carbono no Brasil

Por fim, será analisado o contexto brasileiro a luz da criação do SBCE, serão avaliados que fatores posicionam o Brasil como potencial protagonista no mercado de carbono, sua matriz renovável e possíveis oportunidades internacionais. A partir dessa análise, serão propostas diretrizes para a implementação, alinhados a práticas de outros países.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Breve histórico dos acordos internacionais

A intensificação das atividades econômicas, especialmente após a Revolução Industrial, levou ao aumento significativo na emissão de GEE, gerando desequilíbrios climáticos com consequências globais. A resposta a essa crise ambiental ganhou corpo nas décadas finais do século XX, culminando na criação de instrumentos internacionais para enfrentar o desafio climático. Um marco desse processo foi o estabelecimento do Protocolo de Kyoto, adotado em 1997, durante a terceira Conferência das Partes (COP-3) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC), realizada em Kyoto, Japão. (ANDRADE; COSTA, 2008).

O Protocolo de Kyoto surgiu da constatação da necessidade de compromissos obrigatórios de redução das emissões, especialmente por parte dos países desenvolvidos, historicamente os principais responsáveis pela intensificação do efeito estufa. Inspirado no princípio das responsabilidades comuns, porém diferenciadas, o tratado impôs metas de redução de emissões médias de 5,2% em relação aos níveis de 1990, a serem alcançadas no período de 2008 a 2012. Essa diferenciação partia do reconhecimento da responsabilidade histórica dos países industrializados e da limitação estrutural das nações em desenvolvimento para assumir metas vinculantes sem comprometer seu crescimento socioeconômico (GURFINKEL; PAMPLONA, 2025).

O tratado estabeleceu uma estrutura institucional complexa, com mecanismos de flexibilização destinados a facilitar o cumprimento das metas pelos países desenvolvidos. Entre esses mecanismos, destacou-se o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), proposto originalmente pelo Brasil como alternativa à criação de um fundo compensatório baseado no princípio do poluidor-pagador. O MDL permitiu que países do Anexo I (tais como, Alemanha, Austrália, Canadá, França, Japão) do Protocolo investissem em projetos de mitigação em países em desenvolvimento, gerando Reduções Certificadas de Emissões (RCEs) que poderiam ser utilizadas para o cumprimento parcial de suas metas (GURFINKEL; PAMPLONA, 2025).

Esse instrumento, regulamentado a partir da COP-7, em Marrakesh (Marrocos), viabilizava a transferência de tecnologia e recursos financeiros, ao mesmo tempo que promovia o desenvolvimento sustentável nos países anfitriões dos projetos. A elegibilidade dos projetos estava condicionada à comprovação da adicionalidade - ou seja, os benefícios ambientais deveriam ser superiores ao que ocorreria na ausência do projeto - e à avaliação de impacto ambiental, devendo demonstrar sua contribuição ao desenvolvimento sustentável local (GURFINKEL; PAMPLONA, 2025).

O ciclo de vida de um projeto de MDL envolvia diversas etapas estruturadas para garantir que os resultados fossem ambientalmente adicionais e contribuintes ao desenvolvimento sustentável. Primeiramente, os proponentes elaboravam um Documento de Concepção do Projeto (DCP), no qual detalhavam as características do projeto, sua linha de base (cenário sem a intervenção), o plano de monitoramento, e demonstravam sua adicionalidade (GURFINKEL; PAMPLONA, 2025)

Em seguida, uma Entidade Operacional Designada (EOD) avaliava e validava esse documento. Com o parecer favorável da EOD, o projeto era submetido à Autoridade Nacional Designada (AND) do país anfitrião, que atestava se o projeto contribuía para o desenvolvimento sustentável nacional. Após essa etapa, o projeto era registrado pelo Comitê Executivo do MDL. Uma vez em operação, o projeto entrava em fase de monitoramento, e os dados coletados eram posteriormente verificados por uma EOD independente, que certificava as reduções efetivas de emissões (GURFINKEL; PAMPLONA, 2025).

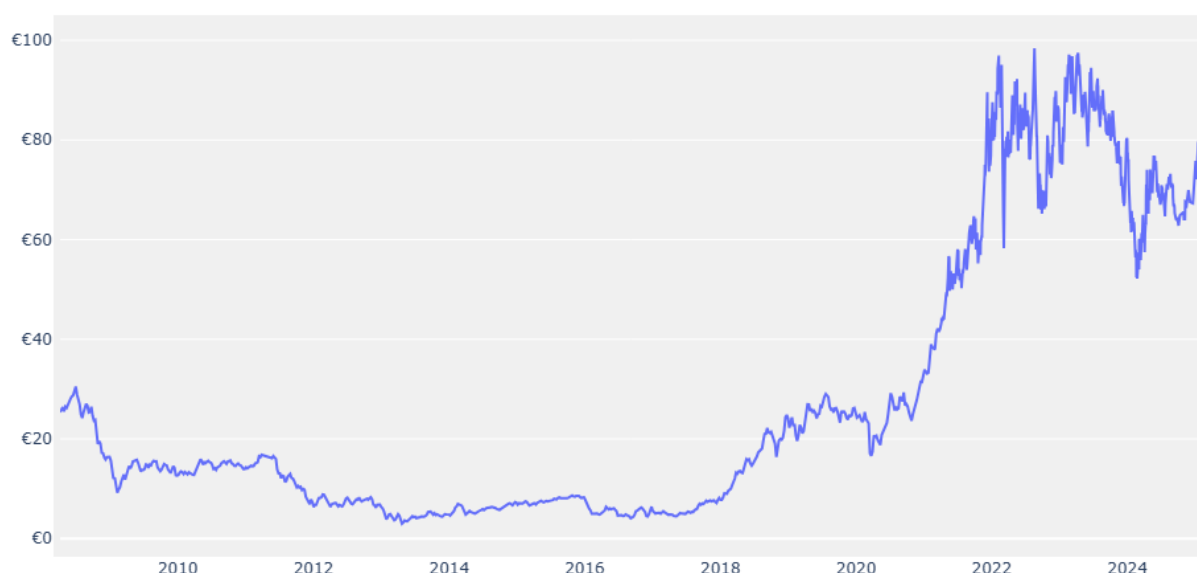
Por fim, com base nesse relatório, o Comitê Executivo autorizava a emissão das Reduções Certificadas de Emissões (RCEs), que poderiam ser comercializadas ou usadas para cumprimento de metas climáticas por países desenvolvidos (GURFINKEL; PAMPLONA, 2025).

O comportamento do mercado de créditos de carbono ao longo dos primeiros anos de implementação do Protocolo de Kyoto refletiu tanto o amadurecimento institucional do MDL quanto a complexidade envolvida em sua operacionalização. Um dos aspectos mais sensíveis foi a oscilação nos preços dos créditos de carbono, influenciada por fatores como o grau de risco assumido nas transações, a etapa de certificação do projeto e a credibilidade dos compradores e vendedores. Entre 2003 e 2004, os preços por tonelada de CO₂ equivalente variaram significativamente: em

transações voltadas ao cumprimento futuro do Protocolo, os valores oscilaram entre US\$ 3,00 e US\$ 6,37, dependendo de quem assumia o risco de registro do projeto, enquanto nas transações não diretamente relacionadas ao Protocolo os preços situaram-se entre US\$ 0,37 e US\$ 3,00, com preço médio ponderado de US\$ 1,34 (ANDRADE; COSTA, 2008).

Durante a vigência do Protocolo¹, em 2009, com a crise financeira dos mercados, verificou-se queda do preço médio da tonelada de carbono, como mostra a Figura 1, cujo horizonte vai até os dias atuais.

Figura 1 - Evolução do Preço da Tonelada de Dióxido de Carbono



Fonte: SandBag (2025)

Embora ativo apenas legalmente, o Protocolo deixou seu legado, que se expressa na multiplicidade de iniciativas nacionais que surgiram em seu contexto. Ainda que o tratado não impusesse metas obrigatórias aos países em desenvolvimento, criou incentivos e parâmetros que estimularam a criação de políticas internas voltadas à mitigação e adaptação às mudanças climáticas. O fortalecimento institucional, a criação de marcos regulatórios para o setor energético e o desenvolvimento de inventários nacionais de emissões são alguns dos avanços associados à adesão ao Protocolo (GURFINKEL; PAMPLONA, 2025).

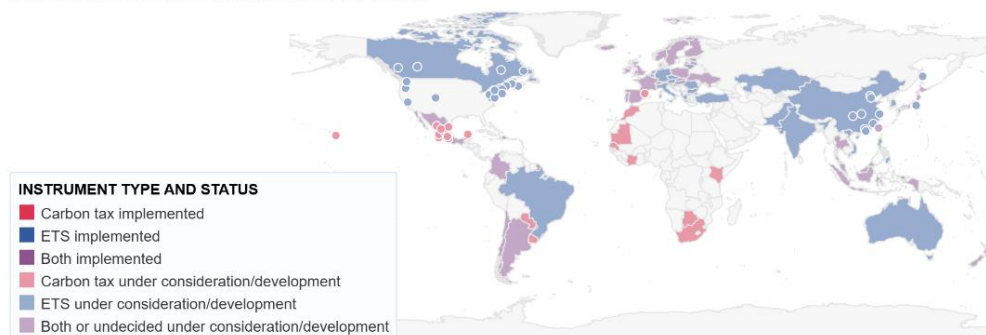
¹ O Protocolo de Kyoto continua juridicamente vigente, embora os seus períodos principais de compromissos (2008-2012, 2013-2020) já tenham passado.

O mapa abaixo ilustra as iniciativas de vários países, segmentadas entre iniciativas via impostos sob emissão e ETS (*Emissions Trading System*), que é o foco deste trabalho. A partir da Figura 2, observa-se a ampla adoção de instrumentos de precificação de carbono ao redor do mundo, tanto na forma de impostos sobre emissões (*carbon taxes*) quanto de sistemas de comércio de emissões (Emissions Trading Systems – ETS). Os dados evidenciam que a maior parte das jurisdições com sistemas em operação ou em desenvolvimento concentra-se na Europa e na Ásia, com destaque para a União Europeia e a China, que implementaram os dois maiores e mais consolidados mercados de carbono do planeta (WORLD BANK, 2025).

Figura 2 - Distribuição global dos instrumentos de precificação de carbono

Compliance carbon pricing instruments around the world, 2025

Map shows jurisdictions with carbon taxes or emissions trading systems implemented, under development or under consideration, subject to any filters applied in the table below the map. The year can be adjusted using the slider below the map.



Fonte: World Bank, Carbon Pricing Dashboard (2025).

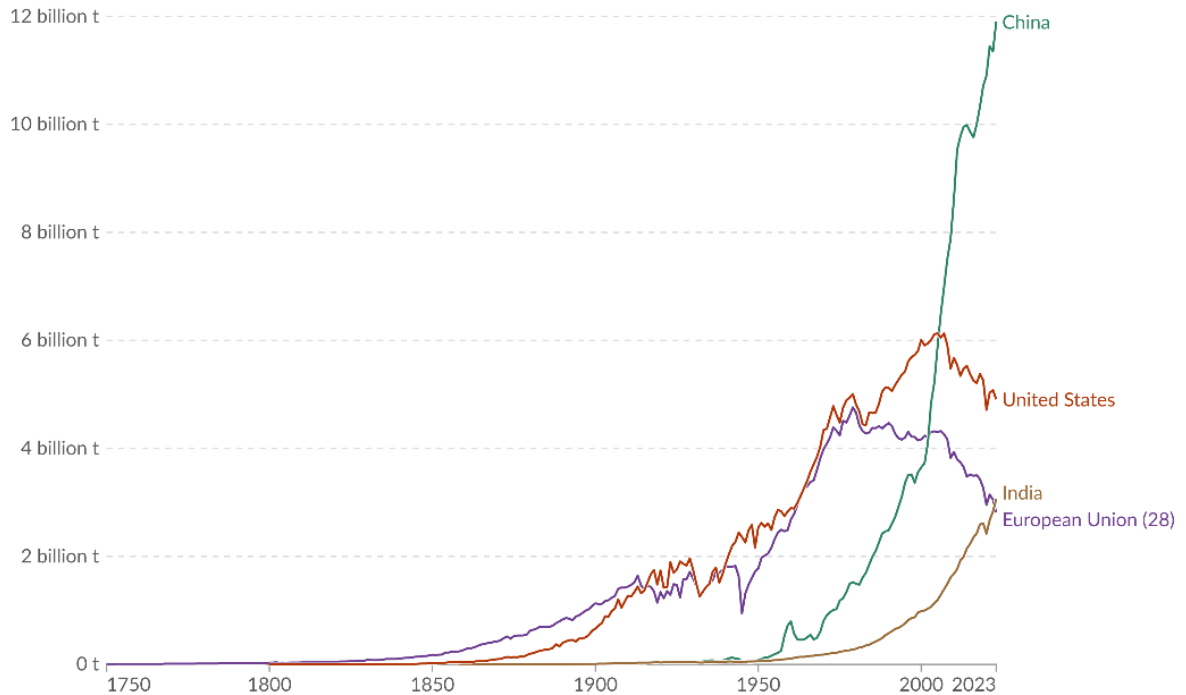
As Figuras 3 a 5 demonstram que a União Europeia e a China exercem papéis centrais e complementares na dinâmica das emissões globais de CO₂. A Europa é o segundo maior emissor cumulativo desde a Revolução Industrial. Já a China, que hoje lidera as emissões anuais, com mais de 11 bilhões de toneladas de CO₂, reflete o impacto de sua rápida industrialização e da dependência do carvão (OUR WORLD IN DATA, 2024).

Figura 3 - Emissões anuais de CO₂ por país e região

Annual CO₂ emissions

Carbon dioxide (CO₂) emissions from fossil fuels and industry¹. Land-use change is not included.

Our World
in Data



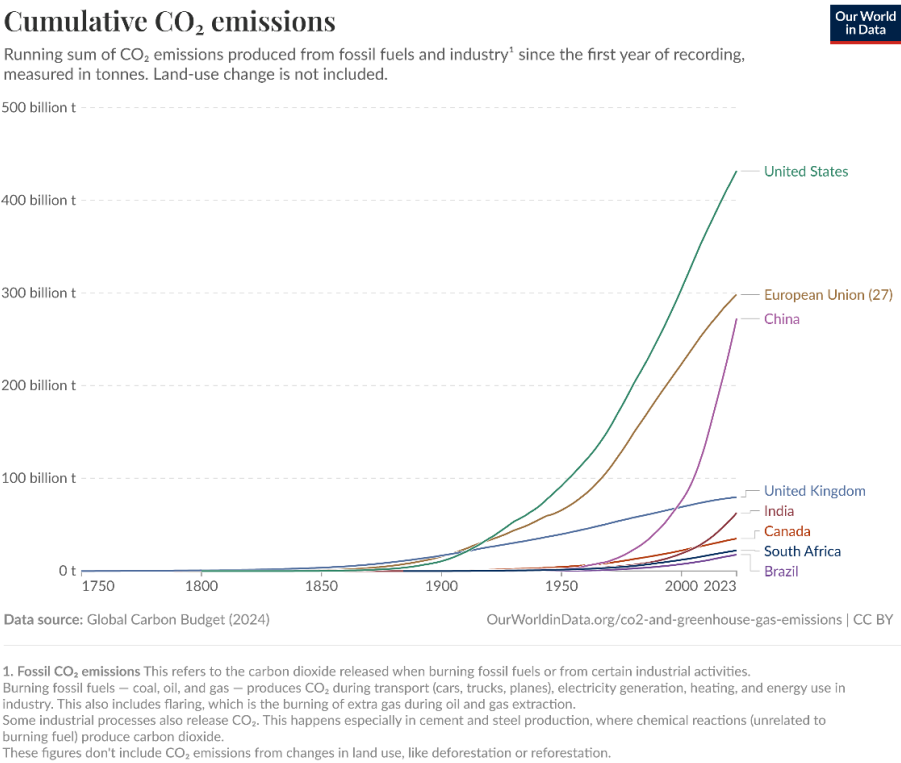
Data source: Global Carbon Budget (2024)

OurWorldinData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions | CC BY

1. Fossil CO₂ emissions This refers to the carbon dioxide released when burning fossil fuels or from certain industrial activities. Burning fossil fuels — coal, oil, and gas — produces CO₂ during transport (cars, trucks, planes), electricity generation, heating, and energy use in industry. This also includes flaring, which is the burning of extra gas during oil and gas extraction. Some industrial processes also release CO₂. This happens especially in cement and steel production, where chemical reactions (unrelated to burning fuel) produce carbon dioxide. These figures don't include CO₂ emissions from changes in land use, like deforestation or reforestation.

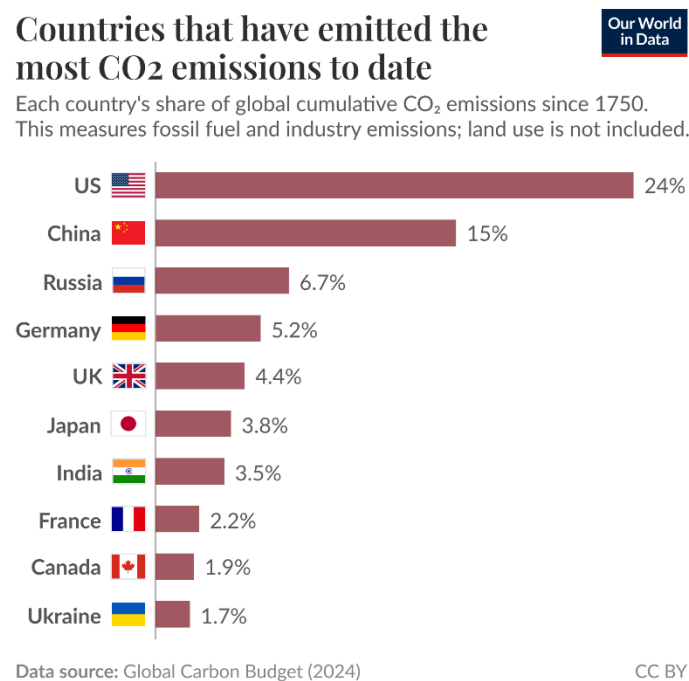
Fonte: Our World in Data; Global Carbon Budget (2024).

Figura 4 - Emissões cumulativas de CO₂ por país



Fonte: Our World in Data; Global Carbon Budget (2024).

Figura 5 - Principais emissores históricos de CO₂



Fonte: Our World in Data; Global Carbon Budget (2024).

Em razão dessa trajetória, as experiências europeia e chinesa tornaram-se referências centrais para a formulação de políticas de precificação de carbono em escala global.

2.2 Mercado de Carbono Europeu

2.2.1 Origens, estrutura e funcionamento

O Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia (EU ETS – European Union Emissions Trading System) constitui o principal instrumento da política climática europeia para a redução de gases de efeito estufa. Criado em 2005, o sistema foi motivado pela combinação entre a liderança da União Europeia na agenda climática e a busca por uma ferramenta economicamente eficiente para atingir suas metas (EUROPEAN COMMISSION, 2015).

Desde suas fases iniciais, o EU ETS incorporou mecanismos de alcance global, permitindo que as empresas utilizassem créditos oriundos de projetos reconhecidos pelo Protocolo de Kyoto, como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e a Implementação Conjunta (IC). Esses instrumentos estimularam investimentos em tecnologias limpas e o desenvolvimento de baixo carbono em países em desenvolvimento e economias em transição (EUROPEAN COMMISSION, 2015).

Com o amadurecimento do sistema, o uso de créditos internacionais foi gradualmente restringido e, a partir de 2021, descontinuado. Na Fase 4 (2021–2030), o EU ETS passou a admitir apenas reduções domésticas, priorizando a coerência com o Acordo de Paris e o fortalecimento de ações internas na União Europeia (EUROPEAN COMMISSION, 2025).

A base legal do sistema foi estabelecida pela Diretiva 2003/87/CE, aprovada pelo Parlamento e pelo Conselho Europeu. Desde então, o EU ETS consolidou-se como o maior mercado de carbono do mundo, servindo de modelo para diversos regimes nacionais e regionais (EUROPEAN COMMISSION, 2015).

O sistema opera segundo o princípio de cap and trade, que combina um limite máximo de emissões (*cap*) com a flexibilidade de comercialização de licenças (*trade*). O cap define o volume total de emissões permitido para as instalações industriais e operadores de aeronaves participantes, cobrindo atualmente cerca de 40% das

emissões totais da União Europeia. Esse percentual será ampliado com a inclusão do setor marítimo a partir de 2024. (EUROPEAN COMMISSION, 2025).

O limite de emissões é progressivamente reduzido. Durante a Fase 3 (2013–2020), aplicou-se um Fator de Redução Linear (FRL) de 1,74% ao ano. Na Fase 4 (2021–2030), esse fator foi elevado para 2,2%, e, após a revisão de 2023, passou para 4,3% ao ano entre 2024 e 2027 e 4,4% a partir de 2028, refletindo a meta de redução de 62% das emissões até 2030, em comparação a 2005, no âmbito do Pacto Ecológico Europeu e do pacote legislativo “Fit for 55” (EUROPEAN COMMISSION, 2025).

O trade confere flexibilidade ao sistema. Cada licença representa o direito de emitir uma tonelada de CO₂ (tCO₂e), sendo o número total determinado pelo cap. Parte das licenças é atribuída gratuitamente a setores expostos ao risco de fuga de carbono (*carbon leakage*), enquanto a maioria é leiloada, método padrão desde 2013, consolidando o princípio do poluidor-pagador (EUROPEAN COMMISSION, 2015).

Na indústria, as regras atuais vinculam a alocação gratuita ao desempenho climático das empresas. Setores de menor risco terão gratuidade reduzida para 30% até 2026 e eliminada até 2030, enquanto os de alto risco mantêm até 100% (EUROPEAN COMMISSION, 2025).

O setor da aviação, incluído desde 2013, passou por ajustes recentes: a reforma de 2023 determinou a eliminação total das alocações gratuitas até 2026, com a substituição por leilões integrais, promovendo maior alinhamento às metas de neutralidade climática e incentivando combustíveis sustentáveis (EUROPEAN COMMISSION, 2025).

O cumprimento das obrigações é garantido por sanções rigorosas: operadores que não entregam licenças suficientes estão sujeitos a multa de €100 por tonelada não coberta, além da compensação obrigatória no ciclo seguinte (EUROPEAN COMMISSION, 2023).

Essa dinâmica de oferta limitada e demanda constante confere valor às licenças, assegurando que as reduções ocorram onde os custos são menores e promovendo eficiência econômica e ambiental (EUROPEAN COMMISSION, 2015).

A conformidade é acompanhada por um ciclo anual, composto pelas etapas de monitoramento, relato, verificação e entrega de licenças (*surrender*). O sistema é suportado pelo Registro da União (Union Registry), que assegura rastreabilidade e precisão das informações (EUROPEAN COMMISSION, 2015; 2025).

2.1.2 Evolução e fases do EU ETS

O EU ETS evoluiu continuamente, aperfeiçoando seus instrumentos e expandindo sua abrangência. Cada fase incorporou lições das anteriores, aprimorando o equilíbrio entre eficácia ambiental e eficiência econômica (EUROPEAN COMMISSION, 2015).

A Fase I (2005–2007) serviu como projeto-piloto, testando a formação do preço do carbono e a estrutura de monitoramento, relato e verificação (MRV). O sistema abrangia apenas as emissões de CO₂ do setor elétrico e de indústrias intensivas em energia. (EUROPEAN COMMISSION, 2025).

Com base em estimativas nacionais, quase todas as licenças foram distribuídas gratuitamente por meio dos Planos Nacionais de Alocação (NAPs). A generosidade na distribuição gerou excesso de oferta e a consequente queda do preço do carbono a zero em 2007. Além disso, a impossibilidade de transferir licenças não utilizadas para a fase seguinte (*banking*) eliminou qualquer valor residual ao final do período. A penalidade por não conformidade era de €40 por tonelada, e a principal lição dessa fase foi a necessidade de limites mais restritivos e dados mais precisos (EUROPEAN COMMISSION, 2015).

A Fase II (2008–2012) coincidiu com o primeiro período de compromisso do Protocolo de Kyoto e introduziu melhorias substanciais. Com base em dados verificados da fase anterior, o teto total de emissões foi reduzido em 6,5% em relação a 2005. O sistema foi ampliado para incluir Islândia, Liechtenstein e Noruega, além das emissões de óxido nitroso (N₂O) em determinados Estados-Membros. (EUROPEAN COMMISSION, 2025).

Embora a alocação gratuita tenha sido reduzida para cerca de 90%, o período enfrentou acúmulo de licenças excedentes, resultado da crise econômica de 2008 e da entrada de 1,4 bilhão de créditos internacionais (MDL e IC). Na transição para a

fase seguinte, o uso desses créditos passou a ser restringido, tanto em quantidade quanto em tipo. (EUROPEAN COMMISSION, 2025).

A Fase III (2013–2020) promoveu uma reforma estrutural, substituindo os NAPs por um teto único de emissões para toda a União Europeia. O leilão tornou-se o método padrão de alocação, e as licenças gratuitas passaram a ser distribuídas com base em benchmarks de desempenho, favorecendo as instalações mais eficientes. Dez Estados-Membros puderam aplicar a derrogação do Artigo 10c, concedendo alocação gratuita temporária para modernização do setor elétrico. (EUROPEAN COMMISSION, 2025).

O escopo setorial foi ampliado, incluindo alumínio, produtos petroquímicos, amônia, ácidos nítrico, adípico e glioxílico, bem como atividades de captura, transporte e armazenamento geológico de CO₂. Foram também reservadas 300 milhões de licenças no programa NER300, destinadas a projetos de energias renováveis e tecnologias de captura e armazenamento de carbono (CCS) (EUROPEAN COMMISSION, 2015).

A Fase IV (2021–2030) elevou a ambição climática com o aumento do FRL e o reforço da Reserva de Estabilidade do Mercado (MSR), criada em 2018 e operacional desde 2019. A MSR passou a invalidar licenças excedentes de forma permanente, corrigindo o desequilíbrio histórico entre oferta e demanda e fortalecendo a estabilidade de preços (EUROPEAN COMMISSION, 2023).

O EU ETS, assim, consolidou-se como o principal mecanismo de precificação de carbono da União Europeia, combinando abrangência setorial crescente com ajustes estruturais contínuos, que asseguram a integridade e a eficácia de longo prazo do sistema. A Tabela 1 apresenta a cobertura setorial por fase desse mecanismo.

Tabela 1 - Cobertura setorial do EU ETS por fase

Fase	Período	Setores e gases abrangidos	Regra de alocação de licenças
Fase I	2005–2007	<ul style="list-style-type: none">• Geração de energia (≥20 MW)• Indústrias intensivas em energia: refinarias, siderurgia, cimento (clínquer), vidro, cal, cerâmica, celulose, papel e cartão	<ul style="list-style-type: none">• ~95–100% gratuita (via Planos Nacionais de Alocação – NAPs)• Licenças não “bancáveis” para a fase seguinte• Penalidade: €40/tCO₂
Fase II	2008–2012	<ul style="list-style-type: none">• Mesmos setores da Fase I• Inclusão de Islândia, Liechtenstein e Noruega	<ul style="list-style-type: none">• ~90% gratuita• Leilões iniciais em pequena escala

		<ul style="list-style-type: none"> • Adição de emissões de óxido nitroso (N₂O) na produção de ácido nítrico 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrada de créditos MDL e IC (Protocolo de Kyoto) • Penalidade: €100/tCO₂
Fase III	2013–2020	<ul style="list-style-type: none"> • Expansão setorial: alumínio, produtos petroquímicos, amônia e ácidos nítrico/adípico/glioxílico • Atividades de captura, transporte e armazenamento de CO₂ • Aviação intraeuropeia (desde 2012) 	<ul style="list-style-type: none"> • Leilão como regra geral (setor elétrico quase 100% via leilão) • Alocação gratuita harmonizada com base em benchmarks de desempenho • Derrogação do Artigo 10c: alocação gratuita temporária para modernização do setor energético • NER300: 300 milhões de licenças para projetos de energias renováveis e CCS
Fase IV	2021–2030	<ul style="list-style-type: none"> • Continuidade dos setores anteriores • Aviação (escopo ajustado; redução progressiva da gratuidade: –25% em 2024, –50% em 2025, eliminação em 2026) • Inclusão do setor marítimo (a partir de 2024) • Monitoramento obrigatório de incineradoras de resíduos • Previsão de ETS2 (transportes e edifícios, a partir de 2027) 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior participação dos leilões • Redução anual do teto (FRL): 2,2% → 4,3% (2024–2027) → 4,4% (a partir de 2028) • Licenças gratuitas condicionadas à descarbonização (setores de menor risco perdem gratuidade até 2030) • Reserva de Estabilidade do Mercado (MSR) reforçada e invalidação permanente de excedentes • CBAM (<i>Carbon Border Adjustment Mechanism</i>) inicia substituição da gratuidade para setores expostos

Fonte: Adaptado de European Commission (2015, 2023), EEA (2024), UNFCCC (2008).

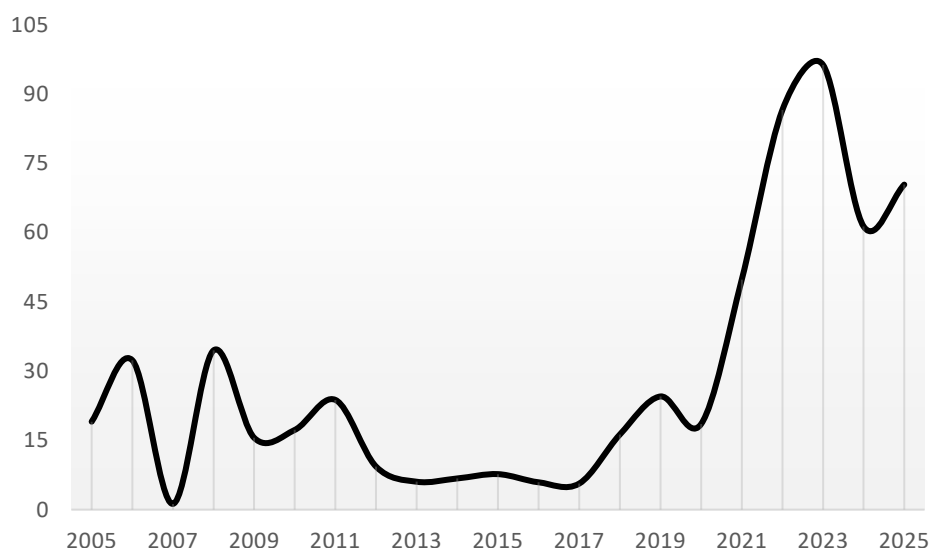
2.2.3 Mecanismos de estabilidade e desafios

Durante a operação do EU ETS, um dos principais desafios enfrentados foi a persistência de um elevado excedente de licenças de emissão no mercado. Esse desequilíbrio foi agravado por fatores externos e internos. A crise econômica global de 2008 provocou queda significativa na atividade industrial, reduzindo as emissões abaixo do esperado. Ao mesmo tempo, o sistema permitia a ampla utilização de créditos internacionais, o que ampliou a oferta de permissões válidas sem contrapartida em reduções domésticas efetivas (EUROPEAN COMMISSION, 2025).

Essa combinação resultou na acumulação de licenças não utilizadas, que permaneceu no sistema ao longo dos anos seguintes. Como consequência, os preços do carbono se mantiveram em níveis muito baixos, como mostra a Figura 6,

comprometendo o principal objetivo do sistema: incentivar economicamente a transição para tecnologias e práticas de baixa emissão. A baixa previsibilidade e a fraca sinalização de preços também dificultaram o planejamento de longo prazo por parte de setores regulados e investidores (EUROPEAN COMMISSION, 2025).

Figura 6 - Evolução do Preço do Carbono no EU ETS (US\$/tCO₂e)



Fonte: Adaptado de World Bank (2025)

A fim de enfrentar esse desequilíbrio estrutural, a União Europeia estabeleceu a MSR (EUROPEAN COMMISSION, 2025), formalmente decidida em 2015, e operacional desde 2019. A MSR foi concebida como um mecanismo de longo prazo para lidar com o excedente acumulado desde 2009, causado pela combinação da crise econômica de 2008 e pelo grande volume de créditos internacionais permitidos no sistema até 2020. Inicialmente, medidas temporárias como o “*backloading*” foram adotadas, com o adiamento do leilão de 900 milhões de licenças entre 2019 e 2020, posteriormente transferidas para a MSR. Contudo, foi a MSR que se consolidou como a solução estrutural para reequilibrar a oferta e a demanda de licenças e aumentar a resiliência do mercado europeu de carbono (EUROPEAN COMMISSION, 2025).

A MSR opera com base em regras automáticas e transparentes, ajustando anualmente a quantidade de licenças a serem leiloadas conforme o número total de licenças em circulação (TNAC). Quando o TNAC excede 833 milhões, a MSR retira 24% desse total dos leilões por um período de 12 meses. A partir de 2024, aplica-se mecanismo que calcula a retirada como a diferença entre o TNAC e 833 milhões,

mitigando variações abruptas na oferta. Por outro lado, quando o TNAC cai abaixo de 400 milhões, a MSR libera 100 milhões de licenças para leilão, ampliando a oferta (EUROPEAN COMMISSION, 2025).

Desde 2023, a MSR passou a invalidar permanentemente licenças acumuladas além de um limite definido. Em janeiro de 2023, cerca de 2,5 bilhões de licenças foram invalidadas, e em 2024, outras 381 milhões foram excluídas do sistema. Esse mecanismo de invalidação fortalece o caráter permanente da redução de excedente, impedindo que licenças antigas retornem ao mercado futuramente (EUROPEAN COMMISSION, 2025).

O impacto acumulado da MSR tem sido significativo. Em 2013, o excedente superava 2,1 bilhões de licenças. Após o *backloading*, o volume caiu para cerca de 1,78 bilhão em 2015. Desde sua entrada em vigor, a MSR tem retirado licenças todos os anos, e em 2023 o excedente caiu para 1,11 bilhão. Essa retirada sistemática reduziu a pressão de oferta sobre o mercado e contribuiu para o fortalecimento dos sinais de preço. Ao abordar diretamente o excesso de licenças, a MSR desempenha papel essencial na criação de ambiente mais favorável à descarbonização (EUROPEAN COMMISSION, 2025).

Além disso, o sistema foi redesenhado para incluir processos periódicos de revisão das metas de emissão. Esses ciclos regulares, realizados em intervalos definidos, permitem que as metas sejam ajustadas com base em novas evidências científicas, mudanças nas capacidades nacionais e evolução das circunstâncias econômicas. A intenção é assegurar que os compromissos permaneçam alinhados com os objetivos climáticos de longo prazo (EEA, 2024).

Para reforçar a integridade ambiental e a confiança no sistema, também foram propostas regras comuns para monitoramento, relato e verificação das emissões. A harmonização desses processos, aliada à avaliação técnica independente, possibilita maior transparência, facilita a comparação entre países e setores e melhora a responsabilização no cumprimento das metas (EEA, 2024).

As reformas indicam movimento em direção a uma arquitetura de governança mais dinâmica, capaz de responder a choques externos, como crises econômicas, e

de adaptar-se a mudanças estruturais na economia global. A experiência europeia demonstrou que a ausência de mecanismos corretivos pode comprometer seriamente a eficácia ambiental e econômica de mercados de carbono. Por isso, a incorporação de instrumentos como reservas de estabilidade e ciclos regulares de revisão passou a ser considerada parte essencial do desenho de sistemas mais robustos e eficientes (EEA, 2024).

2.2.4 Vazamento de carbono (carbon leakage) e CBAM

Outro desafio relevante enfrentado por sistemas de comércio de emissões é o risco de vazamento de carbono. Esse fenômeno ocorre quando empresas transferem sua produção para países com políticas climáticas menos rigorosas, a fim de evitar os custos associados à regulação ambiental. O resultado é que as emissões globais não são efetivamente reduzidas, apenas deslocadas geograficamente, o que compromete os objetivos ambientais do sistema e afeta a competitividade das indústrias domésticas (EUROPEAN COMMISSION, 2025).

No contexto da política climática europeia, a possibilidade de vazamento de carbono foi uma preocupação central, especialmente para setores industriais com alta intensidade de emissões e forte exposição ao comércio internacional. Para mitigar esse risco, o sistema europeu adotou medidas voltadas à manutenção da competitividade e à redução de distorções comerciais (EUROPEAN COMMISSION, 2025).

Entre as estratégias adotadas esteve a diferenciação no tratamento dos setores industriais considerados mais vulneráveis ao vazamento. O mecanismo consistia na alocação gratuita de licenças de emissão para essas atividades, com base em critérios técnicos e econômicos. Essa abordagem buscava equilibrar a integridade ambiental do sistema com a preservação da atividade econômica e do emprego, em especial em setores sujeitos à concorrência internacional (EUROPEAN COMMISSION, 2025).

Nos últimos anos, entretanto, a União Europeia iniciou transição para abordagem mais estruturada e permanente, com a criação do Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira (CBAM – Carbon Border Adjustment Mechanism). Essa nova ferramenta, prevista para entrar plenamente em vigor a partir de 2026, foi concebida

para garantir que as importações de bens intensivos em carbono estejam sujeitas a um custo equivalente ao aplicado à produção doméstica pela precificação via EU ETS. Ao fazê-lo, o CBAM busca preservar a “igualdade de condições” para a indústria europeia e evitar que produtos nacionais que internalizam o custo do carbono sejam substituídos por alternativas importadas mais poluentes e mais baratas (EUROPEAN COMMISSION, 2025).

Durante a fase de transição (2023–2025), os importadores dos bens abrangidos apenas devem reportar as emissões diretas e indiretas incorporadas nos produtos importados. A partir de 2026, os importadores terão que adquirir certificados CBAM em quantidade correspondente às emissões associadas aos bens, sendo o valor desses certificados baseado no preço médio das licenças do EU ETS. O mecanismo também prevê deduções caso o carbono já tenha sido precificado no país de origem, promovendo justiça comercial e incentivando a adoção de sistemas de precificação de carbono fora da UE (EUROPEAN COMMISSION, 2025).

O CBAM se aplica inicialmente a setores com maior intensidade de carbono e risco de vazamento, como cimento, ferro e aço, alumínio, fertilizantes, eletricidade e hidrogênio. Ao cobrir mais de 50% das emissões dos setores atualmente abrangidos pelo ETS, o mecanismo representa um avanço regulatório relevante e alinha a política comercial e climática da União Europeia (EUROPEAN COMMISSION, 2025).

Além disso, o combate ao vazamento de carbono também requer ampla participação internacional nos compromissos de mitigação. Quanto mais países adotam metas ambiciosas e vinculantes, menor é o risco de deslocalização das emissões. Por isso, uma das prioridades da proposta da União Europeia para o novo acordo climático global foi assegurar compromissos abrangentes, que envolvam todas as grandes economias, de forma proporcional às suas capacidades e responsabilidades, na leitura da Comissão (EUROPEAN COMMISSION, 2025).

Outra medida considerada fundamental é a cobertura setorial completa. A inclusão de setores como aviação, uso da terra e gases industriais no escopo das metas climáticas contribui para reduzir oportunidades de deslocamento de emissões. A regulamentação de atividades com forte potencial de emissão, mas tradicionalmente fora dos mecanismos de controle, amplia a abrangência do esforço global e diminui

as lacunas que poderiam ser exploradas para contornar as restrições ambientais (EUROPEAN COMMISSION, 2025).

2.2.5 Resultados da iniciativa europeia

O EU ETS cobre atualmente as emissões de GEE de instalações estacionárias nos setores de energia e de grandes instalações industriais, responsáveis por cerca de 37% do total das emissões da União Europeia em 2022. Desde 2012, o sistema também abrange as emissões de dióxido de carbono (CO₂) provenientes da aviação intraeuropeia. A partir de 2024, incluiu também o setor marítimo, e, a partir de 2027, será complementado por um novo sistema voltado a setores até então não cobertos diretamente, como transportes e edifícios (EEA, 2024).

A revisão da Diretiva ETS em 2023 reforçou a ambição climática ao apertar o limite de emissões, estabelecendo a meta de redução de 62% até 2030 em relação aos níveis de 2005. Essa meta é compatível com os compromissos mais amplos do Pacto Ecológico Europeu e do pacote legislativo "*Fit for 55*" (EEA, 2024).

Os resultados obtidos desde 2005 indicam que os setores sob o EU ETS vêm reduzindo suas emissões de maneira significativa. Em 2023, as emissões das instalações estacionárias estavam aproximadamente 48% abaixo dos níveis de 2005. Apenas entre 2022 e 2023, observou-se uma queda de quase 17% nas emissões dessas instalações (EEA, 2024).

O setor de fornecimento de energia, historicamente o maior emissor na UE, teve papel de destaque nessas reduções, com uma diminuição de 19% em suas emissões entre 2022 e 2023. A maior parte da queda nas emissões totais em 2023 é atribuída a esse setor, seguido pelas grandes indústrias. Isso reflete o efeito do preço do carbono, aliado à maior penetração de fontes renováveis e à redução do uso de combustíveis fósseis (EEA, 2024).

² O pacote legislativo *Fit for 55*, apresentado pela Comissão Europeia em 2021, integra o Pacto Ecológico Europeu e tem como objetivo reduzir as emissões líquidas de gases de efeito estufa da União Europeia em pelo menos 55% até 2030, em relação aos níveis de 1990. O conjunto de medidas incluem a revisão do Sistema de Comércio de Emissões (EU ETS), a criação do Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira (CBAM), o aumento das metas de energia renovável e a proibição da venda de veículos a combustão a partir de 2035.

A trajetória recente de reduções coloca a meta de 2030 dentro do possível, especialmente se as tendências forem mantidas ao longo da década. No entanto, projeções nacionais indicam que, sem esforços adicionais, os setores cobertos ainda estariam cerca de 10% acima da meta, sinalizando a necessidade de políticas complementares e reforço da ambição (EEA, 2024).

Para ampliar o alcance da precificação de carbono e promover reduções em setores onde os progressos têm sido mais lentos, a União Europeia aprovou a criação de um novo sistema de comércio de emissões, o ETS2, que entrará em vigor em 2027 (EEA, 2024).

Este sistema separado se aplicará às emissões de CO₂ provenientes da combustão de combustíveis em edifícios, transporte rodoviário e outros setores atualmente regulados pelo Regulamento de Partilha de Esforços (ESR). O ETS2 representa uma expansão estratégica da abordagem “cap-and-trade”, estendendo os sinais econômicos da política climática da UE a novas áreas da economia (EEA, 2024).

A criação do ETS2 responde a realidade observada nas últimas décadas: os setores cobertos pelo ESR, em especial o setor de transporte, vêm demonstrando avanços limitados na redução de emissões. O transporte, por exemplo, reduziu suas emissões em apenas 5% entre 2005 e 2022 e tornou-se, em 2023, a maior fonte de emissões da UE. O setor da construção teve avanços mais significativos, mas ainda abaixo do necessário para atingir as metas projetadas para 2030 (EEA, 2024).

Ao aplicar um teto progressivamente mais rígido às emissões desses setores e permitir a negociação de licenças, o ETS2 busca criar incentivos semelhantes aos já bem estabelecidos no EU ETS original. Combinado com a atualização dos Planos Nacionais de Energia e Clima (NECPs) pelos Estados-Membros, o ETS2 deverá contribuir decisivamente para fechar a lacuna entre as projeções atuais e os compromissos climáticos de 2030 (EEA, 2024).

O ETS2 integra o conjunto de políticas do pacote “Fit for 55”, que visa reduzir as emissões líquidas da UE em pelo menos 55% até 2030 em relação aos níveis de 1990. Ao ampliar o uso do mercado como instrumento regulatório, o novo sistema

promove uma transição mais abrangente e eficiente, estimulando inovações tecnológicas, eficiência energética e mudanças no padrão de consumo nos setores residenciais e de mobilidade (EEA, 2024).

2.2.6 Conclusões parciais sobre o mercado de carbono europeu

O Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia (EU ETS) consolidou-se como o principal instrumento da política climática. Desde sua criação em 2005, evoluiu de um projeto-piloto com falhas de alocação para um sistema maduro, pautado pela redução contínua do teto de emissões e pela ampliação setorial.

As reformas sucessivas, como a criação da Reserva de Estabilidade de Mercado (MSR), a introdução do Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira (CBAM) e a transição para o ETS2, demonstram um aperfeiçoamento constante da governança e da eficácia ambiental do sistema. A MSR corrigiu o excesso histórico de licenças, estabilizando os preços e fortalecendo o sinal econômico para descarbonização. Já o CBAM reforça a competitividade da indústria europeia e amplia o alcance global da precificação de carbono.

Os resultados são expressivos: entre 2005 e 2023, as emissões das instalações cobertas caíram cerca de 48%, com destaque para o setor energético. A meta de redução de 62% até 2030, alinhada ao pacote “Fit for 55”, mostra-se exequível, embora dependa da consolidação de políticas complementares e do desempenho do ETS2 em setores mais difíceis de descarbonizar.

Em síntese, o EU ETS evidencia a capacidade europeia de combinar instrumentos de mercado com metas ambientais ambiciosas, servindo de referência internacional para a construção de sistemas de precificação de carbono eficientes, transparentes e adaptáveis.

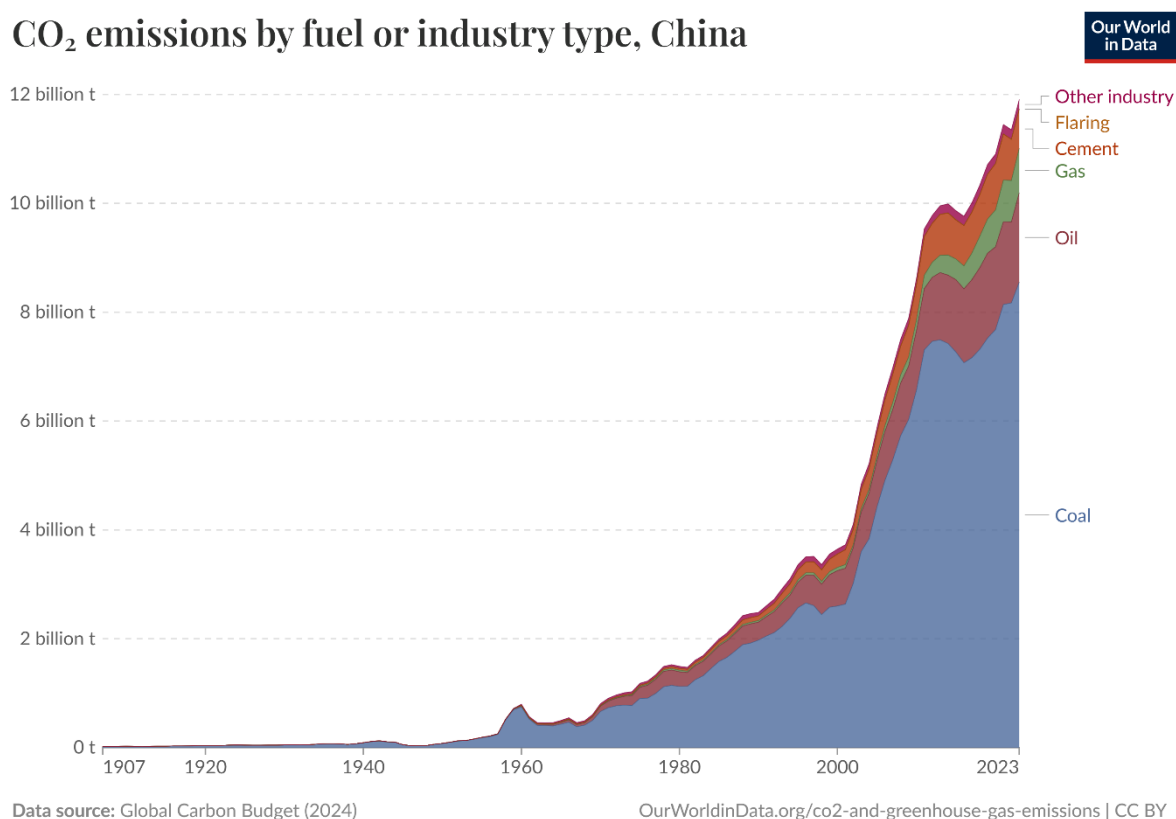
2.3 Mercado de Carbono Chinês

2.3.1 Contexto, metas climáticas e racional para o ETS

A criação do Sistema Nacional de Comércio de Emissões (ETS) na China decorreu da necessidade de implementar um instrumento central para alcançar as suas metas climáticas, que consistem em atingir o pico das emissões de CO₂ antes

de 2030 e alcançar a neutralidade de carbono até 2060. Como maior país em desenvolvimento e também principal emissor de gases de efeito estufa, a China enfrenta desafios complexos e sem precedentes no enfrentamento das mudanças climáticas globais. O seu rápido crescimento econômico tem provocado aumento contínuo das emissões, o que reforça a urgência da adoção de mecanismos mais eficazes (ZHANG; YU; KARPLUS, 2025). A Figura 7 apresenta a evolução das emissões de dióxido de carbono (CO₂) na China por tipo de combustível ou setor industrial, evidenciando a predominância do carvão como principal fonte emissora ao longo das últimas décadas.

Figura 7 - Emissões de CO₂ por tipo de combustível ou setor de atividade



Fonte: Our World in Data; Global Carbon Budget (2024).

Nesse sentido, o mercado nacional de carbono foi concebido como um instrumento baseado em mecanismos de mercado, capaz de mobilizar incentivos econômicos para a redução das emissões, promovendo custo social mais baixo. Entre os compromissos climáticos atualizados em 2021, o governo chinês estabeleceu a meta de atingir o pico de carbono antes de 2030, alcançar a neutralidade até 2060 e reduzir a intensidade das emissões em mais de 65% em relação aos níveis de 2005.

O ETS foi, portanto, identificado como elemento estratégico para viabilizar tais compromissos (ZHANG; YU; KARPLUS, 2025).

Embora medidas administrativas tradicionais, como a Lei de Conservação de Energia de 1997, a Lei de Energias Renováveis de 2005 e o programa “Top-10.000 Empresas Consumidoras de Energia”, tenham contribuído para reduzir a intensidade de CO₂, revelaram-se insuficientes diante dos novos e mais ambiciosos objetivos climáticos. Essas iniciativas esbarraram em dificuldades como a excessiva dependência da regulamentação, a implementação desigual, o aumento dos custos administrativos e os encargos fiscais (ZHANG; YU; KARPLUS, 2025).

Após um amplo debate, o governo optou pela adoção do mercado de carbono em vez do imposto sobre o carbono. A escolha foi fundamentada em aspectos como maior previsibilidade nas reduções de emissões, custos administrativos mais baixos, maior aceitação política e a possibilidade de alinhamento com práticas internacionais e domésticas já consolidadas (ZHANG; YU; KARPLUS, 2025).

O sistema nacional não surgiu de forma isolada, mas foi construído a partir das experiências de mercados regionais. Em novembro de 2011, sete províncias e cidades, Pequim, Tianjin, Xangai, Chongqing, Hubei, Guangdong e Shenzhen, foram selecionadas como áreas piloto do ETS, cujos sistemas entraram em operação entre 2013 e 2014. Esses projetos regionais desempenharam papel fundamental na mitigação das emissões em suas jurisdições, estabelecendo regras claras e mecanismos regulatórios consistentes (ZHANG; YU; KARPLUS, 2025).

Os modelos adotados nos pilotos regionais variaram em aspectos como setores abrangidos, limites de emissões, critérios de alocação de licenças, uso de compensações, diversidade de produtos e perfil dos participantes. Essa diversidade permitiu acumular experiências valiosas para o desenho do mercado nacional. Além disso, o desenvolvimento do ETS chinês também incorporou práticas internacionais, consolidando uma base sólida para sua implementação (ZHANG; YU; KARPLUS, 2025).

Uma mudança significativa ocorreu em 2018, quando a responsabilidade pela política climática e pela gestão do ETS foi transferida da Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma (NDRC) para o Ministério da Ecologia e Meio Ambiente (MEE). Essa alteração buscou integrar de forma mais ampla o desenvolvimento do mercado de carbono às estratégias de proteção ambiental e ecológica do país (ZHANG; YU; KARPLUS, 2025).

Assim, a trajetória que vai dos sistemas piloto regionais até a criação do ETS nacional evidencia um processo de inovação institucional na política climática chinesa, caracterizando a transição de instrumentos de comando e controle para mecanismos de mercado. Enquanto os programas regionais funcionaram como laboratórios de experimentação, o sistema nacional consolida e expande as lições aprendidas, assumindo o papel de ferramenta central para enfrentar os desafios climáticos da China por meio de incentivos econômicos (ZHANG; YU; KARPLUS, 2025).

2.3.2 Surgimento e desenvolvimento

O sistema nacional de mercado de carbono da China foi implementado de forma gradual e planejada, consolidando-se como o maior mercado de carbono do mundo em termos de emissões reguladas e tendo como foco estratégico inicial o setor de energia (ZHANG; YU; KARPLUS, 2025).

O compromisso político de escalar a experiência para o âmbito nacional foi formalizado em 2015, quando o presidente Xi Jinping anunciou, em declaração conjunta com os Estados Unidos, a introdução de um mercado de carbono nacional. Após anos de preparação institucional e de criação de mecanismos de apoio, o mercado nacional de carbono iniciou suas negociações oficialmente em 16 de julho de 2021, com a sede de negociação localizada em Hubei e os sistemas de registro e liquidação estabelecidos em Xangai (ZHANG; YU; KARPLUS, 2025).

O foco inicial no setor de energia foi definido por razões estratégicas. Esse setor responde por quase metade das emissões diretas relacionadas à energia, concentrando grande responsabilidade na trajetória de descarbonização do país. Além disso, os caminhos de redução já estavam relativamente consolidados, principalmente por meio de ganhos de eficiência e da transição na matriz de geração elétrica. A supervisão também se mostrou mais viável, uma vez que as emissões provêm majoritariamente de cerca de 2.200 entidades. Outro fator determinante foi a simplicidade das atividades produtivas envolvidas, como geração de eletricidade e calor que permitem metodologias mais práticas de contabilização e medição das emissões (ZHANG; YU; KARPLUS, 2025).

A consolidação desse desenho institucional foi acompanhada pelo desenvolvimento de governança robusta, marcada por uma estrutura centralizada, mas que combina responsabilidades em diferentes níveis. No plano central, o

Ministério da Ecologia e Meio Ambiente (MEE) atua como autoridade competente do ETS, coordenando outros ministérios na supervisão do mercado e emitindo os principais documentos regulatórios, como as *Medidas para a Administração do Comércio de Emissões de Carbono (Experimental)*, planos de alocação e diretrizes técnicas. O MEE também é responsável pela regulamentação do registro, da negociação e da liquidação das licenças (LIU; CHEN; ZHANG, 2025).

No âmbito do MRV, publica diretrizes específicas para os setores abrangidos, assegurando padrões consistentes de contabilização, reporte e verificação. No campo do cumprimento (*compliance*), possui autoridade para aplicar sanções às entidades que descumprem suas obrigações, incluindo multas e penalidades em casos de entrega insuficiente de licenças (LIU; CHEN; ZHANG, 2025).

Em nível provincial, os departamentos de ecologia e meio ambiente assumem funções de coleta, checagem e fiscalização local. Compete a eles organizar a verificação dos relatórios anuais de emissões apresentados pelas entidades sob sua jurisdição, frequentemente recorrendo à contratação de verificadores terceirizados, cujo custo é assumido pelo governo para preservar a independência do processo. Também são responsáveis pelo cálculo e pela alocação de licenças às entidades, em um processo *bottom-up*, considerando benchmarks e dados de produção real (LIU; CHEN; ZHANG, 2025).

Além disso, exercem supervisão sobre a qualidade da verificação, aplicam penalidades em caso de violações e integram o sistema de revisão conjunta de três níveis (nacional, provincial e municipal), destinado a reforçar a gestão da qualidade dos dados (LIU; CHEN; ZHANG, 2025).

A infraestrutura operacional do ETS é sustentada por três plataformas principais. O Registro Nacional de Emissões de Carbono, administrado pela *China Carbon Emissions Registration and Clearing Co. Ltd.* com apoio do governo provincial de Hubei, é responsável pelo registro e pela distribuição de licenças, pela liquidação física e financeira das transações e pelo gerenciamento da entrega de licenças para fins de conformidade (LIU; CHEN; ZHANG, 2025).

A negociação, por sua vez, é organizada pela *Shanghai Environment and Energy Exchange* (SEEE), que atua como a bolsa oficial do ETS nacional, com apoio do governo municipal de Xangai. Paralelamente, o Centro de Informações do MEE opera a Plataforma de Gestão do Mercado Nacional, responsável pela gestão de

dados de emissão, pela supervisão de qualidade e pelo gerenciamento das atividades de verificação (LIU; CHEN; ZHANG, 2025).

Um marco relevante para a governança ocorreu em 2018, quando a responsabilidade pela política climática e pelo desenvolvimento do ETS foi transferida da Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma (NDRC) para o recém-criado MEE. Essa mudança foi significativa por duas razões principais: em primeiro lugar, promoveu maior integração entre as políticas de mitigação climática e as de prevenção da poluição ambiental, alinhando esforços de proteção ecológica em um mesmo órgão; em segundo, fortaleceu a capacidade de *enforcement*, pois o MEE passou a integrar o desenvolvimento do mercado de carbono às suas ações de proteção ambiental, aprimorando o arcabouço legal, a gestão de dados e a infraestrutura do sistema (LIU; CHEN; ZHANG, 2025).

2.3.3 Mecanismos e funcionamento

O Sistema de Comércio de Emissões da China (ETS) distingue-se de outros modelos internacionais por adotar um limite de emissões flexível (*rate-based*), vinculado diretamente aos níveis reais de produção dos setores abrangidos, em vez de um limite fixo e absoluto que se reduz gradualmente ao longo do tempo (ZHANG; YU; KARPLUS, 2025).

No que diz respeito à definição do limite, este não é estabelecido como um valor pré-determinado, mas resulta da soma das licenças de emissão distribuídas pelo MEE às entidades reguladas. A quantidade de licenças atribuída a cada empresa é calculada a partir de dois parâmetros centrais: os níveis reais de produção durante o ciclo de conformidade e o benchmark setorial de emissões de CO₂ por unidade de produção, definido pelo MEE. Assim, a alocação de licenças pode ser expressa pela fórmula $A = B \times Q$, em que “A” corresponde à quantidade de licenças, “B” representa o benchmark de emissões e “Q” a produção efetiva no período (ZHANG; YU; KARPLUS, 2025).

Essa abordagem proporciona flexibilidade, permitindo que o limite agregado seja ajustado em função de variações nos níveis de produção. Esse desenho contrasta com sistemas de teto fixo, nos quais o limite total é reduzido progressivamente, independentemente do desempenho produtivo. A opção chinesa pelo padrão de desempenho negociável (TPS) fundamenta-se em três fatores

principais. Primeiro, o crescimento econômico contínuo do país e a incerteza em relação ao momento exato do pico de emissões tornam inviável definir um teto absoluto e rígido, como ocorre em economias de crescimento mais estável. Em segundo lugar, o TPS apresenta maior apelo político, empresarial e social, já que acomoda as incertezas da produção e garante alinhamento mais dinâmico entre as metas climáticas e o desenvolvimento econômico. Por fim, esse modelo adequa-se de maneira mais coerente às metas de curto prazo da China, centradas na redução da intensidade das emissões em vez da definição de limites absolutos (ZHANG; YU; KARPLUS, 2025).

No que se refere ao componente de comércio, o ETS funciona como um padrão de desempenho negociável multisetorial, operando de forma análoga a um “imposto ou subsídio” aplicado de acordo com a intensidade de emissões das empresas. O sistema cria incentivos para que as entidades melhorem sua eficiência de carbono, isto é, reduzam as emissões por unidade de produção (ZHANG; YU; KARPLUS, 2025).

As empresas cuja intensidade de emissões de CO₂ ultrapassa o benchmark setorial ficam em déficit de licenças e, portanto, precisam adquirir permissões adicionais no mercado para cumprir suas obrigações, em um mecanismo que se assemelha ao imposto sobre o carbono. Em contrapartida, as empresas que apresentam desempenho mais eficiente do que a referência, acumulam excedentes de licenças, podendo vendê-las e gerar receita adicional, o que funciona como um subsídio indireto à produção eficiente (ZHANG; YU; KARPLUS, 2025).

Esse equilíbrio de custos e receitas pode ser expresso pela fórmula $C = (b - B) \times Q \times P$, em que “b” representa a intensidade real de emissões por unidade de produção, “B” o benchmark setorial (a serem mais bem discutidos no próximo item), “Q” a produção efetiva e “P” o preço de mercado da licença. Quando C assume valor positivo, a empresa necessita comprar licenças; quando negativo, pode vendê-las. Dessa forma, o sistema combina flexibilidade regulatória, incentivos econômicos e alinhamento com as metas climáticas nacionais (ZHANG; YU; KARPLUS, 2025).

Com a entrada em vigor do ETS chinês, a cobertura global de emissões reguladas por instrumentos de precificação de carbono praticamente duplicou. Até então, existiam 37 impostos sobre o carbono e 36 mercados de emissões em operação no mundo, abrangendo aproximadamente 23% das emissões globais de gases de efeito estufa. (ZHANG; YU; KARPLUS, 2025)

2.3.4 Benchmarks

No ETS da China, os benchmarks representam elemento central para o funcionamento do modelo de “limite e comércio” adaptado ao TPS. Eles constituem valores de referência que estabelecem os limites de emissões para as entidades abrangidas, funcionando como base para a alocação de licenças e para a lógica de incentivos do sistema (ZHANG; YU; KARPLUS, 2025).

O processo de definição dos benchmarks está alinhado com as metas nacionais de eficiência energética e de transição para uma economia de baixo carbono. Para garantir viabilidade e equidade, esses valores são determinados a partir das intensidades de emissões mais avançadas em cada setor ou subsetor, levando em consideração as condições de desenvolvimento regional. O princípio norteador é “incentivar fábricas limpas e eliminar os poluentes”. Além disso, a escolha dos benchmarks influencia diretamente o limite agregado de emissões do sistema, combinando abordagens *bottom-up*, ao considerar o desempenho de setores e empresas e, *top-down*, ao alinhar-se às metas climáticas nacionais (ZHANG; YU; KARPLUS, 2025).

Na fase inicial, restrita ao setor elétrico, foram estabelecidas quatro categorias de benchmarks: usinas convencionais a carvão abaixo de 300 megawatts (MW), usinas convencionais a carvão acima de 300 MW, carvão não convencional e gás natural. A expectativa é que, no futuro, o número de categorias seja reduzido, de modo a simplificar a estrutura e aumentar a eficiência do sistema (ZHANG; YU; KARPLUS, 2025).

Quanto às perspectivas futuras, espera-se que, a curto prazo, os benchmarks sejam regularmente revisados para incorporar avanços tecnológicos e o progresso da transição energética. Na Tabela 2 são apresentados os valores de referência atualmente aplicáveis ao setor elétrico, que servem como base para as futuras revisões e aprimoramentos do ETS chinês. A médio prazo, conforme a China se aproxime do pico de emissões, a tendência será reduzir progressivamente os valores de referência, de forma a reforçar o controle da intensidade de carbono e alinhar o sistema à meta de neutralidade de longo prazo (ZHANG; YU; KARPLUS, 2025).

Tabela 2 - Benchmarks do ETS Chinês para o setor elétrico

Tipo de usina termoeletrica	Capacidade instalada	Benchmark (intensidade de emissões)	Unidade equivalente
Usinas convencionais a carvão (subcríticas)	< 300 MW	0,979 tCO₂/MWh	979 gCO ₂ /kWh
Usinas convencionais a carvão (supercríticas e ultra supercríticas) *	≥ 300 MW	0,877 tCO₂/MWh	877 gCO ₂ /kWh
Usinas a gás natural	—	0,392 tCO₂/MWh	392 gCO ₂ /kWh

Fonte: Fonte: Adaptado de International Energy Agency (2023).

* As tecnologias supercríticas e ultra supercrítica referem-se a usinas termelétricas a carvão com maior eficiência térmica, que operam sob temperaturas e pressões mais elevadas, resultando em menor intensidade de emissões por unidade gerada.

2.3.5 Cobertura setorial

Desde o seu lançamento em 2021, o ETS da China apresentou uma cobertura setorial inicialmente restrita, mas que tem passado por processo gradual de expansão. No primeiro momento, a regulação concentrou-se no setor de energia, responsável por parcela significativa das emissões nacionais de dióxido de carbono (INTERNATIONAL CARBON ACTION PARTNERSHIP, 2024)

A partir de 2024, iniciou-se a etapa de ampliação da cobertura, com a incorporação de setores industriais de alta intensidade de carbono. Em março de 2025, foi divulgado um plano de trabalho que estabeleceu a inclusão dos setores de aço, cimento e alumínio, a ser implementada em duas fases. A primeira fase, prevista para o período entre 2024 e 2026, tem como foco a familiarização das empresas desses segmentos com o funcionamento do ETS nacional e o aprimoramento da qualidade dos dados de emissões. A segunda fase prevê a integração efetiva de aproximadamente 1.500 novas empresas ao sistema, o que deverá resultar em acréscimo de cerca de 3 bilhões de toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂e) à cobertura total do mercado chinês (INTERNATIONAL CARBON ACTION PARTNERSHIP, 2024).

Atualmente, o ETS chinês regula mais de 3.500 empresas, abrangendo os setores de energia, aço, cimento e alumínio. Com essa configuração, estima-se que

o sistema cubra aproximadamente 8 bilhões de toneladas de CO₂, correspondendo a mais de 60% das emissões nacionais (INTERNATIONAL CARBON ACTION PARTNERSHIP, 2024).

Além das áreas já incorporadas, há expectativa de que a cobertura seja gradualmente ampliada para outros setores de relevância climática e econômica, como petroquímicos, químicos, vidro plano, cobre, papel e aviação. Cabe destacar que as entidades pertencentes a esses segmentos já cumprem, desde 2015, obrigações relacionadas ao sistema de MRV, o que deverá facilitar sua futura inclusão formal no ETS (INTERNATIONAL CARBON ACTION PARTNERSHIP, 2024).

2.3.6 MRV - Monitoramento, relato e verificação

O MRV constitui pilar central do ETS da China, sendo responsável por assegurar a credibilidade do mercado por meio da qualidade e da confiabilidade dos dados de emissões. Seu papel é essencial, pois a robustez do MRV determina a integridade do sistema como um todo, garante a correta alocação de licenças, assegura o cumprimento equitativo das obrigações de conformidade e sustenta a confiança de participantes e formuladores de políticas, consolidando o ETS como instrumento de mitigação climática (LIU; CHEN; ZHANG, 2025).

Um sistema de MRV robusto é indispensável por múltiplas razões. Dados precisos e verificáveis não apenas sustentam a credibilidade do mercado e fortalecem a confiança dos agentes regulados, mas também oferecem subsídios valiosos para a formulação de políticas públicas, especialmente no desenho de benchmarks e limites de emissões. Além disso, a verificação independente por terceiros garante que todas as entidades cumpram suas obrigações de maneira equitativa, reduzindo riscos de fraude ou manipulação (LIU; CHEN; ZHANG, 2025).

No que diz respeito às abordagens de medição, o ETS chinês utiliza dois métodos principais. O primeiro, mais comum, é o baseado em cálculo, no qual as emissões de GEE são estimadas pela multiplicação de dados de atividade por fatores de emissão ou pelo balanço de massa de carbono nos processos produtivos. O segundo, de caráter mais direto, recorre a Sistemas de Monitoramento Contínuo de Emissões (CEMS), que permitem medir em tempo real as emissões das instalações (LIU; CHEN; ZHANG, 2025).

Apesar de sua importância, o sistema MRV enfrentou desafios nos primeiros ciclos de implementação. A diversidade regional e setorial dificultou a padronização das diretrizes, e tanto gestores empresariais quanto verificadores possuíam pouca experiência, comprometendo a precisão dos dados, sobretudo em setores industriais além da energia. No primeiro ciclo de conformidade (2019–2020), por exemplo, diversas empresas passaram a medir fatores específicos, como poder calorífico e teor de carbono do carvão, em substituição a valores padrão, reduzindo artificialmente os níveis reportados e aumentando a quantidade de licenças alocadas. As penalidades vigentes até então também se mostraram insuficientes para inibir irregularidades, diminuindo o efeito dissuasório (LIU; CHEN; ZHANG, 2025).

Para enfrentar essas limitações, o MEE promoveu uma série de aprimoramentos. As diretrizes de MRV passaram a ter maior detalhamento e foco em dados no nível de instalação e de processos. Desde 2022, as entidades reguladas são obrigadas a apresentar relatórios mensais acompanhados de documentação de suporte, submetidos a revisões em três níveis - nacional, provincial e municipal. Ferramentas de verificação cruzada também foram introduzidas para comparar dados internos e externos em tempo real e identificar inconsistências (LIU; CHEN; ZHANG, 2025).

Nos setores ainda não abrangidos pelo ETS, como petroquímicos, químicos, vidro plano, cobre, papel e aviação civil, mas cujas emissões ultrapassam 26.000 tCO₂e anuais, o MRV também é exigido. Nesses casos, as empresas devem elaborar planos de monitoramento, apresentar relatórios anuais até março e submeter-se à verificação independente organizada pelos governos provinciais, que arcam com os custos do processo (LIU; CHEN; ZHANG, 2025).

O arcabouço legal foi significativamente reforçado com a publicação do Regulamento Provisório para a Gestão do Comércio de Emissões de Carbono, em vigor desde 1º de maio de 2024. As sanções foram substancialmente ampliadas: para empresas-chave, variam de CNY 500.000 (~USD 70.407) até dez vezes o lucro ilegal; para instituições técnicas de verificação, vão de CNY 20.000 (~USD 2.816) até dez vezes o rendimento obtido, podendo incluir responsabilização direta de indivíduos e proibição de atuação futura (LIU; CHEN; ZHANG, 2025).

Paralelamente, programas de capacitação foram fortalecidos com treinamentos presenciais, cursos online, campanhas de supervisão e a criação de um banco de dados nacional de especialistas, disponível para consultas em tempo real. Essas

iniciativas ampliaram as competências de empresas, órgãos governamentais e agências verificadoras, resultando em avanços significativos: em 2023, o número de não conformidades caiu 35,7% em comparação com 2022, e a taxa de sucesso das retificações na primeira tentativa alcançou 92% (LIU; CHEN; ZHANG, 2025).

Complementando essa estrutura, o Centro de Informações do MEE criou e opera uma plataforma nacional de gestão do mercado de carbono. Essa plataforma integra todas as etapas do processo de MRV - da submissão de relatórios pelas entidades ao envio das verificações por auditores independentes - e inclui funcionalidades de verificação cruzada e sistemas de alerta precoce, reforçando a qualidade e a transparência das informações (LIU; CHEN; ZHANG, 2025).

2.3.7 Comércio e mecanismos de flexibilidade

As licenças de carbono chinesas, conhecidas como *China Carbon Emission Allowances* (CEAs), são negociadas de forma centralizada e unificada na Bolsa de Energia e Meio Ambiente de Xangai (SEEE), plataforma oficial designada para esse fim. Todo o processo é regulamentado por normas que estabelecem os direitos e responsabilidades dos participantes (LIU; CHEN; ZHANG, 2025).

Atualmente, apenas as entidades emissoras abrangidas pelo ETS podem abrir contas e negociar CEAs. Investidores institucionais ou individuais ainda não têm acesso ao sistema, embora regulamentos recentes do Conselho de Estado indiquem a possibilidade de abertura futura. As CEAs são negociadas exclusivamente como produtos à vista (*spot*), categorizados por ano de emissão (*vintage*), sendo vedada a criação de produtos derivativos neste estágio inicial. Além disso, todo o comércio deve ocorrer por meio da plataforma oficial, não sendo permitido o uso de operações de balcão (*over-the-counter* – OTC) (LIU; CHEN; ZHANG, 2025).

As transações podem ocorrer por três métodos principais. A negociação listada (*listed trading*) permite que as empresas registrem ofertas de compra ou venda, efetivando transações abaixo de 100.000 toneladas de CO₂e, com limite de variação de preço de $\pm 10\%$ em relação ao fechamento do dia anterior. A negociação em bloco (*block trading*), por sua vez, autoriza que comprador e vendedor acordem diretamente preço e quantidade dentro do sistema, desde que o volume mínimo seja de 100.000 toneladas de CO₂e; nesse caso, a variação de preço permitida é de $\pm 30\%$. Este método tornou-se predominante, respondendo por mais de 80% do volume de

negociações em 2024. Por fim, existe o leilão unidirecional (*one-way bidding*), em que uma empresa apresenta proposta de compra ou venda à bolsa, que organiza um processo de lances competitivos entre potenciais contrapartes, também com volume mínimo de 100.000 toneladas de CO₂e (LIU; CHEN; ZHANG, 2025).

Além do comércio em si, o ETS incorpora mecanismos de flexibilidade que visam aliviar a carga regulatória sobre as empresas e reduzir os custos de conformidade. O próprio funcionamento do mercado já incentiva soluções de baixo custo, ao permitir que empresas mais eficientes vendam excedentes de licenças e que empresas com maiores custos de abatimento adquiram permissões adicionais. Especificamente para o setor energético, existem limites de déficit de licenças. Nas usinas a carvão, o déficit não pode ultrapassar 20% das emissões verificadas; caso as licenças gratuitas representem menos de 80% das emissões totais, a alocação é ajustada automaticamente para esse patamar. Para usinas a gás, quando a alocação inicial resulta em déficit, esta é recalibrada para igualar as emissões verificadas, isentando-as da necessidade de adquirir licenças adicionais (LIU; CHEN; ZHANG, 2025).

Outro mecanismo relevante é o *banking*, que autoriza as empresas a acumular licenças excedentes para ciclos futuros. Inicialmente não havia restrições, mas a partir do terceiro ciclo de conformidade foram impostas limitações, de modo a incentivar a negociação ativa e ampliar a liquidez do mercado. Já o *borrowing*, isto é, o uso antecipado de licenças de alocações futuras, foi permitido apenas de forma excepcional durante a pandemia de COVID-19, no segundo ciclo de conformidade (2021–2022), mas não foi mantido posteriormente (LIU; CHEN; ZHANG, 2025).

No que se refere às compensações, o ETS chinês permite, desde sua fase inicial, o uso de créditos de carbono voluntários para cumprimento parcial das obrigações. As entidades reguladas podem utilizar até 5% de Reduções de Emissões Certificadas da China (*China Certified Emission Reductions – CCERs*) para compensar suas emissões. Esses créditos devem ser provenientes de projetos localizados fora dos setores já cobertos pelo ETS, como reflorestamento, energias renováveis (eólica offshore, solar térmica) e aproveitamento de metano. O programa CCER, lançado em 2012 e suspenso em 2017, foi oficialmente relançado em janeiro de 2024, com novas metodologias e regras. As CCERs emitidas antes de março de 2017 puderam ser usadas para fins de conformidade até o final de 2024 (LIU; CHEN; ZHANG, 2025).

2.3.8 Evolução do preço e impactos

A evolução do preço do carbono no ETS chinês evidencia trajetória de crescimento consistente, refletindo tanto a maturação do mercado quanto a expectativa de maior rigor regulatório nos próximos anos (LIU; CHEN; ZHANG, 2025)

No primeiro ciclo de conformidade (2019–2020), o preço das CEAs permaneceu relativamente estável, variando entre 40 e 60 yuans por tonelada (U\$ 6 a U\$ 8). Já no segundo ciclo (2021–2022), observou-se tendência de alta, com valores oscilando entre 50 e 82 yuans por tonelada (U\$7 a U\$11). Em dezembro de 2024, o preço de fechamento composto alcançou 97,49 yuans por tonelada (U\$ 14), superando as expectativas iniciais. Vale destacar que uma pesquisa de 2022 previa que o preço chegaria a 87 yuans por tonelada apenas em 2025, meta atingida já em abril de 2024. Diante do progressivo aperto nos benchmarks de alocação e da ampliação da cobertura setorial, as projeções de mercado indicam que o valor das CEAs pode atingir cerca de 300 yuans (U\$ 42) por tonelada até 2030. Para conter volatilidades excessivas, foram estabelecidos limites diários de variação: $\pm 10\%$ para negociações listadas e $\pm 30\%$ para negociações em bloco, sempre em relação ao preço de fechamento anterior (LIU; CHEN; ZHANG, 2025).

O sinal de preço emitido pelo ETS tem produzido impactos relevantes sobre o comportamento corporativo. Em primeiro lugar, gera incentivos econômicos para a redução de emissões, estimulando as empresas a diminuir a dependência de combustíveis fósseis e a adotar soluções de mitigação de baixo custo. Em 2023, por exemplo, a intensidade de emissões do setor termelétrico apresentou redução de 2,38% em comparação com 2018. Além disso, o mercado tem fomentado investimentos em tecnologias verdes: cerca de 45% das entidades reguladas declararam planejar direcionar suas receitas provenientes do ETS para iniciativas de conservação de energia e redução de emissões. Outro efeito notável é o fortalecimento da gestão de carbono: mais de 80% das empresas cobertas passaram a designar responsáveis específicos para essa área, e aproximadamente 15% criaram equipes com mais de dez profissionais dedicados ao tema (LIU; CHEN; ZHANG, 2025).

Apesar de avanços, o sinal de preço ainda é considerado moderado em comparação a outros sistemas, como o europeu (*EU ETS*). Isso se deve, em parte,

ao desenho do mercado chinês, que adota abordagem baseada na intensidade de emissões em vez de um teto absoluto. Esse modelo foi escolhido para não restringir a produção em uma economia em desenvolvimento e ainda fortemente regulada no setor energético. Somado a isso, a alocação de 100% das licenças de forma gratuita contribui para manter os preços em patamares mais baixos (LIU; CHEN; ZHANG, 2025).

Contudo, há clara sinalização de que a ambição do sistema aumentará nos próximos anos. O governo chinês já anunciou a intenção de introduzir gradualmente a alocação paga, por meio de leilões, embora sem um cronograma definido. Também está prevista a redução progressiva dos benchmarks de alocação gratuita, o que deverá elevar a demanda por licenças e pressionar os preços para cima. Entre 2026 e 2030, espera-se a adoção de um sistema híbrido, combinando intensidade e limites absolutos, com a transição completa para um teto de emissões pós-2030. Essa mudança será determinante para alinhar o ETS às metas de longo prazo de neutralidade de carbono da China (LIU; CHEN; ZHANG, 2025).

2.3.9 Conclusões parciais sobre o mercado de carbono chinês

O Sistema Nacional de Comércio de Emissões da China (ETS) representa um marco na política climática do país, consolidando-se como o maior mercado de carbono do mundo em volume de emissões reguladas. Sua criação reflete a transição da China de instrumentos administrativos de comando e controle para mecanismos baseados em mercado, capazes de conciliar crescimento econômico e mitigação climática.

Desde sua fase piloto em 2013 até a implementação nacional em 2021, o ETS chinês evoluiu gradualmente, acumulando experiências institucionais e técnicas. O modelo adotado, baseado em intensidade de emissões (*rate-based*), confere flexibilidade ao sistema, adaptando-se às características de uma economia ainda em expansão. Essa abordagem permitiu reduzir custos de conformidade e garantir aceitação política, embora limite a previsibilidade de reduções absolutas.

A governança centralizada, sob o Ministério da Ecologia e Meio Ambiente (MEE), assegura padronização e fiscalização, enquanto o sistema de MRV fortalece a integridade dos dados e a credibilidade do mercado. As reformas recentes, como o

novo regulamento de 2024 e o relançamento do programa CCER, ampliaram a transparência, as penalidades e a participação em mecanismos de compensação.

Os resultados iniciais demonstram progresso. O ETS chinês cobre cerca de 60% das emissões nacionais e já promoveu ganhos de eficiência no setor elétrico, redução da intensidade de carbono e estímulo a investimentos verdes. O preço das licenças (CEAs) tem se valorizado de forma consistente, sinalizando maior rigor regulatório e confiança do mercado.

Contudo, desafios permanecem: a predominância da alocação gratuita, a ausência de um teto absoluto e a participação restrita de agentes limitam a liquidez e o impacto ambiental pleno do sistema. As próximas etapas, introdução de leilões, expansão setorial e possível transição para limites absolutos pós-2030, serão decisivas para alinhar o ETS às metas nacionais de neutralidade de carbono até 2060.

Em síntese, o mercado de carbono chinês demonstra um modelo de precificação de carbono adaptado à realidade de uma economia emergente: flexível, experimental e em rápida evolução, que alia pragmatismo regulatório e ambição climática em escala global.

2.4 Histórico Brasileiro

2.4.1 Debates sobre precificação de carbono no país

As discussões acerca da precificação de carbono no Brasil, ainda que influenciadas pelos debates globais iniciados no âmbito do Protocolo de Kyoto, consolidaram-se em 2009 com a promulgação da Lei nº 12.187, responsável pela instituição da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC). Essa legislação representou um marco jurídico relevante, ao estabelecer as bases para a criação de um mercado regulado de carbono, o denominado Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE). Ao mesmo tempo, configurou-se como ponto de partida para uma trajetória de mais de uma década de debates legislativos e setoriais que culminariam, posteriormente, na efetiva implementação de um sistema de comércio de emissões (VIEIRA et al., 2025).

A PNMC reconhecia os créditos de carbono como valores mobiliários, possibilitando, em tese, sua negociação em bolsas de valores e oferecendo

sustentação jurídica ao mercado voluntário. Entretanto, a regulamentação do MBRE prevista na lei não foi implementada de forma imediata, o que fez com que o país permanecesse, durante anos, restrito ao mercado voluntário classificado como “tímido” quando comparado a experiências internacionais mais robustas (VIEIRA et al., 2025).

Em 2015, novo impulso legislativo ocorreu com a apresentação do Projeto de Lei (PL) nº 2.148/2015. Inicialmente, a proposta tinha como objetivo conceder reduções tributárias a produtos vinculados à economia de baixo carbono. Contudo, alterações subsequentes ampliaram seu escopo, incluindo a proposta de criação do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE). Essa modificação refletiu a evolução do debate parlamentar em direção a um sistema de precificação de carbono mais estruturado e abrangente (VIEIRA et al., 2025).

No âmbito setorial, o avanço mais significativo ocorreu em 2017, com a instituição da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), estabelecida pela Lei nº 13.576/2017. O programa buscava contribuir para a descarbonização da matriz de transportes, introduzindo os Créditos de Descarbonização (CBIOS) como ativos ambientais passíveis de negociação no mercado financeiro. Embora parte da literatura aponte que o RenovaBio (Política Nacional de Biocombustíveis) não configure um mercado regulado clássico, a iniciativa foi reconhecida como pioneira e organizada, constituindo uma experiência relevante no setor de biocombustíveis brasileiro (VIEIRA et al., 2025).

Apesar desses avanços, em 2018 o país ainda se encontrava em fase de estudos sobre a viabilidade de um sistema nacional de comércio de emissões mais abrangente. À época, já se destacava o entendimento de que a criação de um mercado de carbono regulado poderia viabilizar economicamente ações de restauração florestal. Paralelamente, reforçava-se a percepção de que a segurança jurídica era um elemento essencial para atrair investimentos e desbloquear o potencial brasileiro em soluções baseadas na natureza (VIEIRA et al., 2025).

O tema voltou ao centro das discussões em 2022, com a apresentação do PL nº 412, que buscava regulamentar expressamente o MBRE previsto desde a PNMC. Esse projeto, ao lado do PL nº 2.148/2015, passou a constituir o eixo central das negociações no Congresso Nacional em torno do futuro do mercado de carbono. Um ponto particularmente controverso nas deliberações foi a inclusão do setor agropecuário no sistema regulado. Após intensa articulação política com a Frente

Parlamentar da Agropecuária, optou-se por excluir o setor do escopo inicial, decisão que, embora tenha possibilitado a aprovação da lei, suscitou debates sobre possível fragilização do sistema e sobre a responsabilidade desse setor no cumprimento das metas de mitigação nacionais (VIEIRA et al., 2025).

Em 2023, os dois projetos legislativos avançaram de forma significativa: o PL nº 412/2022 obteve aprovação no Senado, enquanto o PL nº 2.148/2015 avançou na Câmara dos Deputados. A unificação de ambas as propostas resultou, em dezembro de 2024, na promulgação da Lei nº 15.042, que instituiu formalmente o SBCE (VIEIRA et al., 2025).

A nova legislação estabeleceu um mercado regulado baseado no modelo cap-and-trade. Nesse arranjo, como todos modelos dessa configuração, empresas que ultrapassarem determinado limite de emissões (cap) devem compensar o excedente mediante a compra de créditos de carbono ou de outras licenças (trade). A criação do SBCE passou a ser considerada um marco decisivo para alinhar o Brasil às metas estabelecidas pelo Acordo de Paris, reforçar a governança ambiental e oferecer a segurança jurídica necessária para atrair investimentos. A trajetória, iniciada em 2009 com a PNMC e concluída em 2024 com a sanção da lei do SBCE, revela, contudo, a lentidão do processo legislativo brasileiro, que levou mais de uma década para regulamentar um dos instrumentos de política climática mais relevantes da atualidade (VIEIRA et al., 2025).

2.4.2 Tentativas anteriores e experiências relacionadas

Antes da instituição formal do SBCE em 2024, o Brasil acumulou experiências significativas em mecanismos de precificação de carbono por meio de iniciativas voluntárias, programas setoriais e sua inserção em arranjos internacionais, especialmente no âmbito do MDL. Embora fragmentadas, essas iniciativas foram essenciais para o amadurecimento técnico e político do debate nacional, revelando tanto o potencial brasileiro quanto os desafios para a criação de um mercado regulado abrangente (VIEIRA et al., 2025) (SILVEIRA; OLIVEIRA, 2021).

A trajetória do país no mercado de carbono iniciou-se de maneira mais estruturada com o Protocolo de Kyoto, que instituiu o MDL como um dos instrumentos de flexibilização para o cumprimento das metas de redução de emissões por países desenvolvidos. O Brasil destacou-se nesse cenário ao ser o primeiro país a aprovar

um projeto sob o mecanismo, consolidando-se como um ator relevante. Pesquisas demonstram que os projetos de MDL representaram cerca de 40% das iniciativas analisadas, contemplando áreas como aterros sanitários, substituição de combustíveis fósseis e redução de emissões de N₂O. Contudo, a experiência revelou obstáculos importantes, tais como altos custos de transação, dificuldades de mensuração e falhas de informação, que comprometeram o desempenho de muitos projetos. Além disso, a incerteza quanto à receita obtida e a ausência de padrões claros para contabilização dos benefícios financeiros reduziram o interesse de gestores, que passaram a privilegiar iniciativas com viabilidade independente da receita de carbono. A comercialização de créditos no MDL, assim, mostrou-se menos competitiva em termos econômicos quando comparada ao mercado voluntário (VIEIRA et al., 2025) (SILVEIRA; OLIVEIRA, 2021).

Em paralelo, desenvolveu-se no país o mercado voluntário, caracterizado por maior flexibilidade em relação às regras do Protocolo de Kyoto. Voltado a empresas, indivíduos e organizações que buscavam compensar suas emissões de maneira espontânea, esse mercado ganhou espaço por abarcar uma diversidade de atores e exigir a demonstração de benefícios sociais e ambientais (SILVEIRA; OLIVEIRA, 2021). No Brasil, ainda que considerado tímido em comparação às experiências internacionais, o mercado voluntário concentrou-se principalmente em projetos florestais localizados na Amazônia Legal, ressaltando a importância das soluções baseadas na natureza. A sustentação jurídica dessas iniciativas foi fornecida pela PNMC, de 2009, que reconheceu os créditos de carbono como valores mobiliários, legitimando sua negociação no mercado financeiro (VIEIRA et al., 2025).

2.4.3 Protagonismo do setor florestal

O protagonismo do setor florestal nas discussões sobre carbono decorre de sua capacidade estratégica de sequestro e armazenamento de CO₂. Inicialmente, o foco esteve em projetos de reflorestamento, evoluindo posteriormente para mecanismos como a Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal (REDD+). A maior parte dos créditos negociados no mercado voluntário brasileiro tem origem nesse setor, associado a benefícios de conservação, restauração e manejo sustentável. Apesar disso, persistiram desafios relacionados à mensuração e ao monitoramento dos estoques de carbono, à garantia da

permanência dos plantios e à precificação do sequestro em contextos de ausência de mercados consolidados. Estudo realizado em 2018 já apontava que a criação de um mercado nacional de carbono seria decisiva para viabilizar economicamente projetos de restauração ecológica, inclusive em iniciativas governamentais, reforçando a relevância da segurança jurídica e da regulação para atrair investimentos e potencializar o setor florestal (VIEIRA et al., 2025) (SILVEIRA; OLIVEIRA, 2021).

No plano das iniciativas setoriais e governamentais, destaca-se a criação do RenovaBio em 2017, que inaugurou um mercado organizado para o setor, com metas de descarbonização e a emissão de CBIOs, negociados como ativos financeiros. Ainda que não seja considerado por alguns especialistas como um mercado regulado de carbono em sentido estrito, o RenovaBio consolidou-se como uma experiência pioneira no país, evidenciando a viabilidade de modelos de precificação em escala setorial. Outro exemplo foi o projeto *Partnership for Market Readiness* (PMR Brasil), conduzido em parceria com o Banco Mundial e concluído em 2020, cujo propósito era preparar o país para a adoção de instrumentos de precificação de carbono. Em 2021, o governo brasileiro manifestou interesse em integrar a fase subsequente do programa, o *Partnership for Market Implementation* (PMI), confirmando a continuidade dos esforços de estruturação de um mercado nacional (VIEIRA et al., 2025).

2.5 O Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE)

2.5.1 Principais objetivos

A Lei nº 15.042, de 11 de dezembro de 2024, constitui um marco para a política climática brasileira ao estabelecer as bases do mercado regulado de carbono no país (VIEIRA et al., 2025). Sua promulgação responde à necessidade de regulamentar um mercado que, até então, enfrentava obstáculos decorrentes da ausência de normatização e da carência de segurança jurídica para a atração de investimentos (SILVEIRA; OLIVEIRA, 2021; VIEIRA et al., 2025). Seus objetivos centrais incluem a instituição do SBCE, concebido como ambiente regulado para limitar as emissões e viabilizar a negociação de ativos representativos de emissão, redução ou remoção de GEE (BRASIL, 2024), bem como o cumprimento da PNMC e dos compromissos internacionais assumidos pelo Brasil, notadamente o Acordo de Paris, por meio da

definição de compromissos ambientais e da disciplina financeira aplicável à negociação de ativos (BRASIL, 2024; VIEIRA et al., 2025).

Conforme já destacado, a lei estrutura o mercado regulado brasileiro no modelo cap-and-trade., e ao mesmo tempo, orienta-se por metas de redução justa e custo-efetiva, buscando promover o desenvolvimento sustentável e a equidade climática, além de fomentar a inovação e a transição para uma economia de baixo carbono, incentivando a adoção de tecnologias limpas e práticas mais sustentáveis, com vistas a fortalecer a competitividade da economia brasileira (BRASIL, 2024; VIEIRA et al., 2025).

Outro objetivo é atrair investimentos e gerar oportunidades econômicas a partir da transformação das emissões em ativos financeiros negociáveis (VIEIRA et al., 2025). Cria-se, assim, um mercado estruturado para que empresas, produtores rurais e comunidades gerem e comercializem créditos de carbono oriundos de projetos de redução ou remoção de emissões, como reflorestamento, recuperação de áreas degradadas, uso de energias renováveis e práticas agrícolas sustentáveis. Para sustentar esse arranjo, a lei busca conferir segurança jurídica ao funcionamento do mercado de carbono, fator essencial para atrair participantes e capital (VIEIRA et al., 2025), orientando o SBCE por princípios de transparência, previsibilidade e segurança jurídica. Em complemento, estabelece uma estrutura robusta de MRV a fim de assegurar a integridade ambiental, a rastreabilidade dos ativos e a prevenção da dupla contagem de créditos (BRASIL, 2024).

No plano internacional, a Lei nº 15.042, que institui o SBCE, alinha-se diretamente ao Acordo de Paris de 2015, funcionando como instrumento doméstico de implementação dos compromissos assumidos pelo Brasil. Quanto ao cumprimento das Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs), o Acordo de Paris estipula que cada país apresente e mantenha esforços ambiciosos (ONU, 2015), e a lei brasileira explicita essa finalidade. O parágrafo único do Art. 3º estabelece que o SBCE tem por finalidade “dar cumprimento à PNMC e aos compromissos assumidos sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima”, abarcando, portanto, o Acordo de Paris (BRASIL, 2024). Nessa direção, o Brasil assumiu metas de reduzir suas emissões em 48% até 2025 e 53% até 2030, em relação aos níveis de 2005 (VIEIRA et al., 2025), e a implementação do SBCE alia-se com tais metas ao

fortalecer a governança ambiental e consolidar a imagem do país como referência em sustentabilidade.

A lei também contempla a Transferência Internacional de Resultados de Mitigação (ITMOs), nos termos do Artigo 6.2 (ONU, 2015), ao definir tais instrumentos e condicionar sua transferência à autorização formal do governo brasileiro, garantindo coerência com os compromissos nacionais e prevenindo a dupla contagem.

No tocante à transparência e à prestação de contas, a lei reflete o Artigo 13 do Acordo de Paris, que institui um “quadro ampliado de transparência para a ação e apoio” (ONU, 2015). Para tanto, determina um sistema de MRV confiável, consistente e transparente, impondo aos operadores regulados a apresentação de planos de monitoramento e de relatos anuais de emissões (BRASIL, 2024), o que fornece dados para o acompanhamento do progresso rumo à NDC brasileira e para o reporte internacional. Complementarmente, cria o Registro Central do SBCE para assegurar a contabilidade precisa e a rastreabilidade de todos os ativos, incluindo Cotas Brasileiras de Emissões (CBEs) e Certificados de Redução ou Remoção Verificada de Emissões (CRVEs), bem como o gerenciamento de informações sobre emissões, transações e cancelamentos (BRASIL, 2024), elemento indispensável à integridade e transparência do sistema.

A lei também incorpora a ação climática no contexto do desenvolvimento sustentável, em consonância com o Acordo de Paris, cujo objetivo é fortalecer a resposta global “no contexto do desenvolvimento sustentável e os esforços para erradicar a pobreza” (ONU, 2015). De modo análogo, um de seus princípios é a “redução de emissões e remoção de GEE nacionais de forma justa e custo-efetiva, com vistas a promover o desenvolvimento sustentável e a equidade climática” (BRASIL, 2024). Nessa configuração, ao precificar o carbono, a lei estimula empresas a adotarem tecnologias limpas e práticas sustentáveis, favorecendo a inovação e a transição para uma economia de baixo carbono, atraindo investimentos e gerando novas oportunidades de renda que posicionam o Brasil estrategicamente na economia de baixo carbono (VIEIRA et al., 2025). Em síntese, a Lei nº 15.042 não apenas supre a demanda por segurança jurídica no mercado de carbono brasileiro (SILVEIRA; OLIVEIRA, 2021), mas também institui a arquitetura legal e institucional necessária

para que o país cumpra, de forma estruturada e transparente, seus compromissos internacionais.

No que se refere aos incentivos à inovação, a legislação opera tanto de forma indireta, ao criar um ambiente concorrencial que premia eficiência e descarbonização, quanto de maneira direta, por meio de fomento financeiro. O mecanismo de precificação do carbono, baseado no cap-and-trade atribui custo às emissões de GEE e estimula ganhos de eficiência: empresas reguladas que emitem acima de 25.000 tCO₂e por ano devem compensar suas emissões (BRASIL, 2024; VIEIRA et al., 2025). Para evitar os dispêndios com a aquisição de Cotas Brasileiras de Emissões (CBEs) ou de CRVEs, são incentivadas a inovar, adaptar processos e produtos e adotar tecnologias mais limpas e eficientes, transformando a redução de emissões em vantagem competitiva, estratégica e financeira (BRASIL, 2024; VIEIRA et al., 2025).

Além disso, a lei prevê fomento direto à inovação e às tecnologias de baixo carbono ao destinar recursos do próprio SBCE. O Art. 28 determina que, no mínimo, 75% das receitas provenientes de leilões de CBEs e multas sejam alocadas ao Fundo Nacional sobre Mudança do Clima. Esses recursos devem priorizar o financiamento da descarbonização dos setores regulados, com foco no fomento à inovação tecnológica para o desenvolvimento de tecnologias de baixo carbono, na concessão de subvenções para investimentos em novas tecnologias de descarbonização, no estabelecimento de parcerias estratégicas voltadas à superação de desafios tecnológicos e no desenvolvimento de alternativas para a remoção de GEE, configurando um ciclo virtuoso em que o mercado de carbono sustenta a própria transição tecnológica (BRASIL, 2024).

A legislação, ao criar o mercado de CRVEs, incentiva também o desenvolvimento de projetos e de novas metodologias em setores não diretamente regulados, como o florestal e o de energias renováveis (VIEIRA et al., 2025). Nesse âmbito, permite a geração de créditos a partir de recuperação de vegetação nativa, restauração ecológica, reflorestamento e incremento de carbono em solos agrícolas (BRASIL, 2024), induzindo pesquisa e aperfeiçoamento metodológico para a contabilidade de carbono e para o manejo florestal e agrícola sustentável, em resposta a incertezas e riscos históricos (SILVEIRA; OLIVEIRA, 2021). Ademais, contempla

explicitamente “tecnologias de captura direta e armazenamento de GEE” como forma de remoção, abrindo espaço para inovações de fronteira.

Por fim, a criação de um mercado regulado com segurança jurídica posiciona o Brasil para atrair investimentos internacionais direcionados à economia de baixo carbono. Em convergência com iniciativas como a Taxonomia Sustentável Brasileira, potencializa-se o acesso a financiamento verde para empresas que adotem tecnologias de baixo carbono e melhores práticas setoriais (VIEIRA et al., 2025). Considerando que a ausência de normatização figurava entre os principais entraves ao desenvolvimento do mercado (SILVEIRA; OLIVEIRA, 2021), o novo marco legal oferece um ambiente estável para investimentos de longo prazo em projetos inovadores e intensivos em tecnologia (VIEIRA et al., 2025). Desse modo, a Lei nº 15.042 não apenas impõe um custo às emissões, mas reinveste os recursos gerados para financiar a transição tecnológica, fomentando um ecossistema de inovação voltado à descarbonização da economia brasileira.

2.5.2 Órgão gestor do SBCE

O órgão gestor constitui uma das três instâncias que compõem a governança do SBCE e representa a peça central para a operacionalização técnica, regulatória e fiscalizatória do sistema (BRASIL, 2024; MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2024). A Lei nº 15.042/2024 confere ao órgão gestor natureza normativa, executiva, sancionatória e recursal, tornando-o responsável por traduzir as diretrizes políticas do Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM) em instrumentos regulatórios e operacionais de alta complexidade (BRASIL, 2024).

Na arquitetura de governança do SBCE, o órgão gestor atua sob a coordenação de duas instâncias complementares. A primeira é o CIM, órgão deliberativo superior composto por 23 ministros de Estado, responsável por aprovar o Plano Nacional de Alocação (PNA) e definir as diretrizes estratégicas do sistema (BRASIL, 2024; CVM, 2025). A segunda é o Comitê Técnico Consultivo Permanente, órgão de caráter consultivo com participação de representantes de governos, setor privado, academia e sociedade civil, incumbido de apresentar subsídios e recomendações técnicas ao órgão gestor. Essa estrutura tripartite busca equilibrar legitimidade política,

competência técnica e participação social, mas requer regras claras de interação para evitar sobreposições e atrasos decisórios.

De acordo com as recomendações da *International Emissions Trading Association* (IETA, 2025), o órgão gestor deve possuir autonomia técnica, funcional e financeira, de modo a garantir previsibilidade regulatória e resiliência institucional frente a ciclos políticos. Essa independência operacional é essencial para assegurar a credibilidade de longo prazo do SBCE e atrair investimentos consistentes em descarbonização, uma vez que a volatilidade institucional é um dos principais fatores de risco para a precificação do carbono em países emergentes. As principais áreas temáticas e responsabilidades específicas do órgão gestor do SBCE estão sintetizadas na Tabela 2.

Tabela 3 - Responsabilidades do órgão gestor do SBCE

Área Temática	Responsabilidades Específicas
Desenho e Regulamentação do Mercado	Regular o mercado de ativos do SBCE e a implementação de seus instrumentos; Elaborar e submeter ao CIM a proposta de PNA; Implementar o PNA em cada período de compromisso; Definir as atividades, as instalações, as fontes e os gases a serem regulados no âmbito do SBCE em cada período de compromisso;
Alocação e Negociação de Ativos	Realizar os leilões e gerir a plataforma de leilões de CBEs; Definir os requisitos e os parâmetros para a outorga onerosa de CBEs associadas aos limites estabelecidos no PNA; Definir e implementar os mecanismos de estabilização de preços de CBEs;
MRV e Conformidade	Definir as metodologias de MRV e regular a apresentação de informações sobre emissões; Receber e avaliar os relatos de emissões e remoções de GEE, bem como os planos de monitoramento; Receber os relatos e realizar a conciliação periódica de obrigações; Estabelecer os patamares anuais de emissão de GEE acima dos quais os operadores se sujeitam à obrigação de submeter planos de monitoramento e conciliação de obrigações;
Credenciamento de CRVEs	Estabelecer os requisitos e procedimentos para credenciamento e descredenciamento de metodologias de geração de CRVEs; Credenciar e descredenciar metodologias de geração de CRVEs;

Gestão de Infraestrutura e TI	Manter a plataforma digital do Registro Central do SBCE, com vistas a consolidar informações sobre emissões e garantir a contabilidade precisa dos ativos (CBEs e CRVEs); Disciplinar a interoperabilidade dos registros do escriturador de valores mobiliários com o Registro Central do SBCE;
Enforcement e Recursos	Apurar infrações e aplicar sanções decorrentes do descumprimento das regras do SBCE, garantindo o direito à ampla defesa e ao contraditório; Julgar os recursos apresentados contra suas decisões, com possibilidade de recurso à autoridade superior do órgão gestor;
Relações Internacionais	Estabelecer regras e gerir eventuais processos para interligação do SBCE com sistemas de comércio de emissões de outros países ou organismos internacionais; Propor medidas para a defesa da competitividade dos setores regulados em face da competição externa, incluindo mecanismo de ajuste de carbono nas fronteiras;

Fonte: Elaboração própria, com base em BRASIL (2024); MINISTÉRIO DA FAZENDA (2024); CVM (2025); IETA (2025).

As competências do órgão gestor abrangem todas as funções estruturantes do mercado de carbono. Entre suas atribuições estão o desenho do sistema, a elaboração de normas complementares, a gestão do Registro Central do SBCE, a fiscalização do cumprimento das obrigações de monitoramento e compensação de emissões, o credenciamento de verificadores independentes, a operacionalização de leilões e a imposição de sanções administrativas em caso de não conformidade (BRASIL, 2024; CVM, 2025). Trata-se, portanto, de uma instância executora com poder regulatório e sancionador, responsável pela integridade ambiental e pela estabilidade do sistema de precificação de carbono.

A atuação do órgão gestor é gradual e acompanha as cinco fases de implementação do SBCE, conforme o Roteiro de Implementação elaborado pelo Ministério da Fazenda (2024, p. 4). Na Fase I, dedicada à regulamentação, sua prioridade é estruturar os arranjos de governança e definir os setores e limiares de inclusão no sistema. Na Fase II, voltada à operacionalização do relato, o órgão gestor deve desenvolver a infraestrutura tecnológica necessária, com destaque para o módulo de MRV de emissões do Registro Central, e credenciar verificadores independentes. Durante a Fase III, marcada pelo início da obrigatoriedade de relato,

o órgão é responsável por implementar o sistema MRV, elaborar o primeiro PNA e estabelecer as regras de alocação gratuita de cotas e de participação no mercado. Já nas Fases IV e V, correspondentes à operação plena do sistema, suas funções se expandem para a gestão dos leilões de CBEs, a coordenação do mercado secundário e a execução dos mecanismos de estabilização de preços (MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2024).

O órgão gestor é o núcleo técnico e administrativo do SBCE. É ele quem garante a coerência entre as metas climáticas nacionais e o funcionamento cotidiano do mercado, atuando como tradutor das diretrizes políticas do CIM em instrumentos regulatórios operacionais e economicamente eficientes. A solidez institucional e a autonomia técnica dessa instância serão determinantes para a credibilidade, a previsibilidade e o sucesso do sistema brasileiro de comércio de emissões, consolidando-o como mecanismo de precificação de carbono de alta integridade ambiental e relevância econômica (CVM, 2025; IETA, 2025).

2.5.3 Comitê interministerial sobre mudança do clima - CIM

O CIM ocupa a posição de instância superior e deliberativa na estrutura de governança do SBCE, sendo responsável por definir a direção estratégica e assegurar a coerência do sistema com a PNMC e com os compromissos internacionais assumidos pelo Brasil (BRASIL, 2024; CVM, 2025). A centralidade do CIM no desenho institucional do SBCE decorre de sua função política de alto nível, que busca garantir que a precificação de carbono no país se mantenha alinhada com as metas de mitigação estabelecidas no Acordo de Paris e com a trajetória de descarbonização da economia brasileira.

O CIM é formalmente reconhecido como órgão deliberativo superior do SBCE, com composição interministerial e natureza transversal, refletindo a amplitude e a complexidade da agenda climática nacional (BRASIL, 2024). O colegiado é composto por 23 ministros de Estado (CVM, 2025), o que assegura a integração das políticas setoriais de meio ambiente, energia, indústria, agricultura, planejamento e finanças sob uma mesma orientação estratégica. Essa característica institucional confere ao Comitê um papel de coordenação interministerial que transcende a gestão do

mercado de carbono, abrangendo a articulação entre políticas de mitigação e desenvolvimento econômico sustentável.

O Decreto Presidencial nº 11.550/2023, que disciplina o funcionamento do CIM, consolidou sua estrutura e atribuições no contexto da PNMC, criada pela Lei nº 12.187/2009. A Lei nº 15.042/2024 incorporou o Comitê à governança do SBCE, fortalecendo seu papel como instância de deliberação e supervisão estratégica sobre o mercado de carbono (VIEIRA et al., 2025). Essa integração representa um avanço institucional, pois centraliza a definição das políticas climáticas e evita a fragmentação de competências que poderia comprometer a coerência regulatória e a previsibilidade do sistema. As principais responsabilidades e atribuições legais do CIM estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Responsabilidades do Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima

Responsabilidade	Detalhamento Legal
Definição Estratégica	Estabelecer as diretrizes gerais do SBCE;
Plano Nacional de Alocação (PNA)	Aprovar o PNA (, o documento que define o limite máximo de emissões (<i>cap</i>), a quantidade de CBEs a ser alocada e os mecanismos de estabilização de preços para cada período de compromisso;
Gestão Financeira	Aprovar o plano anual de aplicação dos recursos oriundos da arrecadação do SBCE, que serão destinados, em grande parte (mínimo de 75%), ao Fundo Nacional sobre Mudança do Clima para financiar investimentos em descarbonização, inovação e capacitação;
Transferências Internacionais	Estabelecer as condições para autorização de Transferência Internacional de Resultados de Mitigação (ITMOs), observando o regime multilateral sobre mudanças do clima e os compromissos internacionais assumidos pelo Brasil;
Apoio Técnico	Instituir grupos técnicos para fornecer subsídios e recomendações para o aprimoramento do SBCE. O GTT SBCE/CIM, que desenvolveu o Roteiro de Implementação, é um exemplo desses grupos.

Fonte: Elaboração própria, com base em BRASIL (2024); CVM (2025); VIEIRA et al. (2025).

As responsabilidades do CIM concentram-se na formulação de diretrizes políticas e na aprovação dos instrumentos centrais que determinam o funcionamento e o nível de ambição do mercado (BRASIL, 2024, art. 7º). Entre suas principais atribuições estão a aprovação do PNA, a definição dos critérios gerais de alocação de licenças de emissão, a orientação das fases de implementação do SBCE e a

coordenação das políticas de mitigação em âmbito nacional. Dessa forma, o Comitê atua como o vértice da governança climática, fixando as bases para as decisões técnicas que serão operacionalizadas pelo órgão gestor do sistema.

No relacionamento institucional com os demais atores do SBCE, o CIM exerce papel hierárquico e coordenador. Em relação ao órgão gestor - instância técnica e executora responsável pela elaboração do PNA e pela regulação operacional do mercado - o CIM exerce autoridade superior, aprovando o plano e estabelecendo as diretrizes que orientam a regulamentação e implementação do sistema (BRASIL, 2024; CVM, 2025). Essa relação garante que as decisões técnicas estejam subordinadas aos objetivos climáticos e macroeconômicos definidos pelo governo federal, preservando a coerência entre a política de precificação e os compromissos nacionais de redução de emissões.

O CIM também interage diretamente com o Comitê Técnico Consultivo Permanente, instância de caráter consultivo responsável por fornecer subsídios técnicos e recomendações para o aprimoramento do sistema. O regulamento do SBCE deverá disciplinar a forma de consulta e integração entre o Comitê Técnico e o CIM, especialmente nos processos de formulação e revisão do PNA e do plano anual de aplicação de recursos (BRASIL, 2024). Essa dinâmica busca equilibrar a legitimidade política das decisões com o rigor técnico necessário para a credibilidade e a integridade do mercado.

Além disso, embora o CIM não atue diretamente na regulação do mercado financeiro, sua responsabilidade por assegurar a coerência do SBCE com os compromissos internacionais de mitigação tem efeito direto sobre a confiança e o funcionamento do mercado supervisionado pela Comissão de Valores Mobiliários (CVM). A CVM é responsável pela fiscalização das negociações de Cotas Brasileiras de Emissão (CBEs) e CRVEs enquanto valores mobiliários, garantindo transparência e integridade nas operações (CVM, 2025). No entanto, o grau de ambição climática definido pelo CIM influencia a credibilidade e o valor econômico desses ativos, afetando diretamente a formação de preços e o comportamento dos investidores (IETA, 2025).

Assim, o CIM é o eixo político e estratégico da governança do SBCE. Ao centralizar a tomada de decisão em nível ministerial, ele assegura a integração das políticas climáticas com as prioridades de desenvolvimento econômico e social do país. Sua capacidade de estabelecer diretrizes claras, aprovar instrumentos fundamentais e coordenar a ação entre os diversos órgãos é determinante para o sucesso do SBCE como ferramenta de mitigação de emissões e de fortalecimento da credibilidade internacional do Brasil na agenda climática global.

2.5.4 Comitê técnico consultivo permanente - CTCP

O CTCP constitui o terceiro órgão da estrutura de governança do SBCE, desempenhando o papel de instância de suporte técnico e de articulação com os diferentes *stakeholders* envolvidos. De caráter essencialmente consultivo, sua função central é contribuir para o aprimoramento contínuo do SBCE por meio da incorporação de conhecimento especializado e da consideração das realidades setoriais que permeiam a descarbonização da economia (BRASIL, 2024; CVM, 2025; IETA, 2025).

De acordo com a Lei nº 15.042/2024, a principal responsabilidade do CTCP é apresentar subsídios e recomendações para o desenvolvimento e a melhoria do sistema (BRASIL, 2024). Essas atribuições abrangem a formulação de pareceres sobre temas críticos de desenho e operação do mercado de carbono, garantindo que o processo regulatório seja tecnicamente fundamentado e sensível às especificidades setoriais. A IETA (2025) enfatiza que a participação ativa do setor privado no âmbito desse Comitê é essencial para assegurar que as normas e práticas adotadas estejam em sintonia com as condições reais de implementação das medidas de descarbonização, fortalecendo a efetividade e a legitimidade do sistema. As principais responsabilidades e atribuições legais do CTCP estão apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Responsabilidades do Comitê Técnico Consultivo Permanente

Responsabilidade	Detalhamento Legal
Metodologias de CRVE	Apresentar subsídios e recomendações sobre critérios para credenciamento e descredenciamento de metodologias para geração dos CRVEs;
Elaboração do PNA	Fornecer subsídios e recomendações sobre os critérios a serem observados para a elaboração da proposta do PNA;

Plano de Aplicação de Recursos	Oferecer subsídios técnicos para o plano anual de aplicação dos recursos oriundos da arrecadação do SBCE (por exemplo, receitas dos leilões), que deve ser aprovado pelo CIM;
Outros Temas	Avaliar e emitir recomendações sobre outros temas que lhe sejam submetidos pelo órgão gestor ou pelo CIM.

Fonte: Elaboração própria, com base em BRASIL (2024); CVM (2025); IETA (2025)

A composição do Comitê foi concebida de forma a assegurar uma representatividade ampla e equilibrada dos principais atores do mercado. Assim, o colegiado é integrado por representantes dos governos estaduais e do Distrito Federal, de entidades setoriais representativas dos operadores regulados, da academia - com especialistas de notório saber - e da sociedade civil, por meio de organizações reconhecidas pelo conhecimento técnico na área. Ademais, o Comitê conta com uma instância interna específica denominada Câmara de Assuntos Regulatórios, composta exclusivamente por entidades representativas dos setores regulados. Essa estrutura reforça a função do Comitê como um canal institucionalizado de diálogo técnico, promovendo a transparência e a coerência entre as normas propostas e as realidades industriais e econômicas nacionais (BRASIL, 2024).

No que diz respeito ao relacionamento com outros atores da governança do SBCE, o CTCP mantém interlocução direta tanto com o CIM quanto, de maneira mais intensa, com o Órgão Gestor do sistema. A relação com o Órgão Gestor é particularmente relevante, visto que este constitui a instância executora e regulatória do SBCE (CVM, 2025; BRASIL, 2024).

A legislação determina a obrigatoriedade de oitivas formais à Câmara de Assuntos Regulatórios antes da edição de normas relacionadas às competências mais sensíveis do Órgão Gestor. Essas consultas prévias abrangem decisões de alta relevância, como a definição das atividades, fontes e gases a serem regulados; o estabelecimento de patamares de emissão que determinem a obrigatoriedade de planos de monitoramento e conciliação periódica; a definição de requisitos e procedimentos de MRV; a elaboração da proposta do PNA; a implementação de mecanismos de estabilização de preços das CBEs; o credenciamento e descredenciamento de metodologias de geração de CRVEs; e as regras para interligação do SBCE com sistemas internacionais. A previsão dessas oitivas

obrigatórias reflete a intenção legislativa de reduzir o risco de ruído regulatório e de assegurar que as decisões estratégicas do Órgão Gestor sejam informadas pela experiência prática dos setores regulados (IETA, 2025).

Quanto à relação com o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima, o CIM exerce a função deliberativa superior, responsável pela aprovação do PNA e do plano de aplicação de recursos (BRASIL, 2024). O Comitê Técnico Consultivo contribui indiretamente para essas deliberações ao fornecer subsídios técnicos sobre os critérios de elaboração desses documentos e sobre a destinação dos recursos, conforme previsto em lei. A legislação também determina que o regulamento estabelecerá a sistemática de consulta entre o CIM e o CTCP, reforçando o papel deste último como canal de integração técnica entre a formulação política e a execução regulatória do SBCE.

O CTCP representa o elo de cooperação entre o Estado, o setor produtivo, a comunidade científica e a sociedade civil dentro da governança do SBCE. Sua função consultiva, ancorada em mecanismos formais de participação e diálogo técnico, confere legitimidade e qualidade técnica às decisões do sistema, fortalecendo sua capacidade de alcançar tanto a integridade ambiental quanto a eficácia econômica do mercado brasileiro de carbono.

2.5.5 Plano nacional de alocação - PNA

O PNA é o principal instrumento estratégico e técnico do SBCE, vez que estabelece as bases operacionais e quantitativas que regem o funcionamento do mercado regulado em cada período de compromisso (BRASIL, 2024). Sua elaboração é de responsabilidade do órgão gestor do SBCE, ao passo que sua aprovação compete ao CIM. De acordo com a Lei nº 15.042/2024, a implementação do PNA ocorrerá na Fase IV do SBCE e sua vigência deverá iniciar-se com antecedência mínima de doze meses após a sua promulgação, assegurando previsibilidade e estabilidade regulatória (BRASIL, 2024; MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2024). Os principais elementos e dispositivos legais que compõem o PNA estão sintetizados na Tabela 6.

Tabela 6 - Principais dispositivos operacionais do Plano Nacional de Alocação

Ponto Principal	Detalhamento Legal
Limite Máximo de Emissões (<i>Cap</i>)	Define o limite quantitativo, expresso em tCO ₂ e, aplicável ao SBCE como um todo. Este limite contribui para o cumprimento dos objetivos de redução definidos na PNMC;
Quantidade de CBEs	Define a quantidade total de CBEs a ser alocada entre os operadores regulados;
Mecanismos de Estabilização	Estabelece a gestão e a operacionalização dos mecanismos de estabilização de preços dos ativos, visando garantir o incentivo econômico contínuo à redução de emissões ou à remoção de GEE;
Uso de CRVEs	Define o percentual máximo admitido de CRVEs que os operadores podem utilizar para realizar a conciliação periódica de obrigações;
Outras Transações	Define os critérios para transações de remoções líquidas de emissões de GEE;
Dispositivos Relevantes	Inclui outros dispositivos relevantes para a implementação do SBCE, conforme diretrizes do CIM e ato específico do órgão gestor;

Fonte: Elaboração própria, com base em BRASIL (2024); MINISTÉRIO DA FAZENDA (2024); VIEIRA et al. (2025).

O conteúdo do PNA é extenso e abrange dispositivos essenciais para a operacionalização do sistema. Em primeiro lugar, o plano deve definir o limite máximo de emissões (*cap*), expresso em tCO₂e, que representa o volume total permitido de emissões dentro do SBCE e orienta o cumprimento das metas estabelecidas pela PNMC. Além disso, o documento deve estipular a quantidade total de CBEs a ser alocada entre os operadores regulados, bem como os mecanismos de estabilização de preços, que visam garantir a previsibilidade do mercado e a manutenção do incentivo econômico à mitigação das emissões. O PNA também deve fixar o percentual máximo de CRVEs que poderão ser utilizados para o cumprimento das obrigações periódicas de conciliação, além de definir critérios para as transações de remoções líquidas de gases de efeito estufa e incluir outros dispositivos relevantes conforme as diretrizes do CIM e os atos complementares do órgão gestor (BRASIL, 2024).

Para assegurar a previsibilidade e a segurança jurídica - aspectos cruciais à confiança dos agentes de mercado, o PNA deve obedecer a critérios rigorosos de planejamento, refletindo as lições aprendidas com a experiência de outros sistemas, como o EU ETS, cuja fase inicial foi marcada por incertezas e volatilidade (VERBRUGGEN; LAES; WOERDMAN, 2019). Assim, o plano deve projetar a

trajetória dos limites de emissões para, pelo menos, dois períodos subsequentes ao vigente, oferecendo uma perspectiva de longo prazo aos operadores (BRASIL, 2024). Também é obrigatória sua aprovação com antecedência mínima de doze meses antes do início do período de compromisso, bem como a adoção de uma abordagem gradual entre os ciclos sucessivos, a fim de preservar a estabilidade regulatória. Outros princípios norteadores incluem a proporcionalidade - que exige a correspondência entre o volume de emissões reguladas e o total nacional, a consideração de novos entrantes e a incorporação de mecanismos de proteção contra riscos de reversão e vazamento de emissões, evitando que reduções em uma área resultem em aumentos em outra (BRASIL, 2024).

Quanto à alocação de CBEs, o PNA deve estabelecer critérios técnicos e econômicos para a distribuição gratuita e onerosa (por meio de leilões). A distribuição onerosa deve observar um limite máximo e ocorrer de forma gradual, conforme o cronograma de implementação do sistema (BRASIL, 2024). Já as alocações gratuitas devem basear-se em parâmetros objetivos, como o desenvolvimento tecnológico, os custos marginais de abatimento e as reduções históricas de emissões e ganhos de eficiência. O plano pode ainda, de forma facultativa, considerar a relação entre emissões e produção, contemplando as variações decorrentes do crescimento produtivo ou da expansão da capacidade instalada (BRASIL, 2024).

A elaboração e a aprovação do PNA envolvem a interação coordenada entre os três órgãos de governança do SBCE. O CIM é responsável por aprovar o documento e estabelecer as diretrizes gerais do sistema. O órgão gestor, por sua vez, elabora e submete a proposta ao CIM e posteriormente conduz sua execução. Já o CTCP atua como instância de suporte técnico, oferecendo subsídios e recomendações sobre os critérios que orientam a elaboração do plano, sendo obrigatória a oitiva da Câmara de Assuntos Regulatórios nesse processo (BRASIL, 2024).

O PNA é o eixo central da operacionalização do SBCE. Ele traduz os objetivos climáticos do país em parâmetros quantitativos e regulatórios, definindo o grau de escassez do ativo e, conseqüentemente, o sinal de preço que impulsiona a descarbonização da economia. Dessa forma, o PNA não apenas estabelece as condições de funcionamento do mercado, mas também consolida o elo entre a

ambição climática nacional e a eficiência econômica do sistema de precificação de carbono (VIEIRA et al., 2025).

2.5.6 Setores inicialmente obrigados

A Lei nº 15.042/2024 não estabelece uma lista inicial de setores obrigados a integrar o SBCE. Em vez disso, adota abordagem baseada em limiares de emissão, aplicável a qualquer operador, pessoa física ou jurídica, responsável por instalações ou fontes que ultrapassem determinados patamares anuais de emissões (BRASIL, 2024; VIEIRA et al., 2025). A definição exata dos setores e atividades a serem regulados será detalhada na fase de regulamentação do sistema, conforme previsto no Roteiro de Implementação elaborado pelo Ministério da Fazenda (MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2024).

A legislação estabelece dois níveis de obrigatoriedade, definidos de forma quantitativa a partir do volume anual de emissões de GEE. Operadores que emitirem acima de 10.000 tCO₂e por ano deverão submeter um plano de monitoramento e apresentar relatório anual de emissões e remoções (BRASIL, 2024; VIEIRA et al., 2025). Já os operadores que ultrapassarem 25.000 tCO₂e anuais estarão sujeitos não apenas a essas obrigações, mas também ao dever de conciliação periódica, o que implica a entrega de ativos do SBCE - CBEs ou CRVEs - em quantidade equivalente às suas emissões líquidas ao final de cada período (BRASIL, 2024; VIEIRA et al., 2025). A lei prevê, ainda, a possibilidade de que esses patamares sejam ajustados futuramente por ato do órgão gestor (BRASIL, 2024).

Um aspecto relevante do sistema é a exclusão explícita do setor agropecuário primário. A lei determina que a produção primária agropecuária não constitui atividade regulada e, portanto, não se submete às obrigações do SBCE (BRASIL, 2024; VIEIRA et al., 2025). Tal exclusão resultou de acordo político firmado com a Frente Parlamentar da Agropecuária durante a tramitação legislativa (VIEIRA et al., 2025). A justificativa técnica foi a ausência de metodologias consolidadas para mensuração das emissões setoriais em larga escala, o que dificultaria a definição de limites aplicáveis. Importa salientar, contudo, que a exclusão se restringe à produção primária, não abrangendo a agroindústria, a qual, caso suas emissões superem os limiares previstos, deverá cumprir integralmente as regras do SBCE (VIEIRA et al., 2025).

A definição final do escopo de cobertura do SBCE constitui uma das etapas mais relevantes da regulamentação. O Roteiro de Implementação estabelece que a Fase I do processo, com duração estimada entre 12 e 24 meses, será dedicada à realização de análises destinadas a fundamentar a definição de setores, atividades e respectivos limites de inclusão (MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2024). A área temática denominada “Desenho, Escopo e Ambição” é a responsável por assegurar clareza quanto ao alcance do sistema, especificando “quais setores e atividades serão cobertos”. Embora a lei não elenque diretamente os setores a serem abrangidos, é esperado que atividades de elevada intensidade emissora, como as relacionadas aos setores de energia, transporte e indústrias, figurem entre as primeiras a serem incluídas, dada sua relevância no inventário nacional de emissões (VIEIRA et al., 2025).

2.5.7 Definição de limites e alocação de cotas

O SBCE instituirá um teto de emissões para os setores regulados da economia, elemento central do modelo cap-and-trade adotado pelo Brasil (BRASIL, 2024; VIEIRA et al., 2025). O estabelecimento desse teto não ocorrerá por meio de um ato único, mas seguirá um processo contínuo, técnico e participativo, formalizado no PNA (BRASIL, 2024). Nesse arranjo, o PNA figura como instrumento nuclear: de um lado, define o limite quantitativo total de emissões de GEE, em tCO₂e, aplicável ao conjunto dos operadores regulados; de outro, determina a quantidade de CBEs a ser distribuída, gratuitamente ou por leilões, no período de compromisso (BRASIL, 2024). Assim, a internalização da externalidade das emissões é operacionalizada por um mecanismo que induz inovação e adaptação tecnológica (VIEIRA et al., 2025).

A governança do teto é atribuição exclusiva da União, assegurando um mercado nacional unificado e vedando regulações paralelas por estados ou municípios sobre as mesmas fontes. O processo decisório articula, em sequência, múltiplas instâncias: o órgão gestor elabora a proposta técnica do PNA; antes de finalizá-la, realiza reuniões formais à Câmara de Assuntos Regulatórios, composta por representantes dos setores regulados, e recebe subsídios do CTCP; em seguida, submete a proposta à consulta pública obrigatório; por fim, encaminha a versão final ao CIM, a quem compete a aprovação do PNA (BRASIL, 2024).

Para orientar a definição do limite, a lei estabelece critérios que visam eficácia, previsibilidade e alinhamento aos objetivos climáticos: o teto deve observar a proporcionalidade entre as emissões dos operadores regulados e as emissões totais do país, vinculando-se diretamente à NDC brasileira (VIEIRA et al., 2025); deve ser aprovado com antecedência mínima de 12 meses e progredir de modo gradual entre períodos consecutivos de compromisso, fornecendo segurança jurídica; e deve considerar elementos técnico-setoriais, como desenvolvimento tecnológico, custos marginais de abatimento e ganhos históricos de eficiência, sendo recomendável o uso de dados setoriais robustos e melhores práticas internacionais. Entre as decisões regulatórias pendentes, figura a definição do nível de aplicação do teto - por instalação, planta industrial ou grupo econômico, escolha com implicações relevantes para a complexidade administrativa e a eficiência de custos (IETA, 2025).

O cronograma de implementação condiciona a fixação do primeiro teto à conclusão de etapas preparatórias. Nas Fases I e II, o governo regulamenta a lei, instala os órgãos de governança, define o escopo de cobertura e implanta o sistema de MRV para gerar dados confiáveis (MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2024). Na Fase III, elabora-se o primeiro PNA, que conterà o teto inaugural; na Fase IV, o primeiro PNA entra em vigor, com duração mínima de doze meses (BRASIL, 2024). Desse modo, o teto do SBCE será definido federalmente por meio do PNA, de forma técnica, participativa e gradual, constituindo marco essencial para a plena operacionalização do mercado e para a superação da histórica falta de normatização e insegurança jurídica.

Quanto à alocação de permissões, a Lei nº 15.042/2024 adota modelo híbrido e gradual, combinando distribuição gratuita e alocação onerosa via leilões, com critérios técnicos que se aproximam de sistemas baseados em benchmarks de desempenho (BRASIL, 2024; IETA, 2025). O PNA definirá a quantidade de CBEs por período de compromisso. Inicialmente, parcela das cotas será distribuída gratuitamente - prática típica em fases inaugurais de mercados de carbono para mitigar impactos e resguardar competitividade (VIEIRA et al., 2025), ao passo que outra parcela será alocada por leilões ou instrumentos administrativos definidos em regulamento, estabelecendo preço explícito para o carbono e gerando receitas vinculadas à descarbonização e à inovação.

A transição do gratuito para o oneroso acompanhará as fases do SBCE: com o início de vigência do primeiro PNA, prevê-se distribuição não onerosa (Fase IV), enquanto os primeiros leilões são programados para a implementação plena (Fase V) (MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2024). Os critérios para alocação gratuita, embora não rotulados expressamente como “*benchmarks*”, incluem desenvolvimento tecnológico setorial, custos marginais de abatimento e reduções/remissões de GEE com ganhos históricos de eficiência, podendo ainda considerar relações entre emissões e produção e variações por aumento de produção (BRASIL, 2024). Essa combinação permite a construção de métricas de desempenho (tCO₂e por unidade de produto) que premiam empresas mais eficientes e incentivam a inovação nas menos eficientes, em consonância com recomendações da IETA sobre uso de dados de produção, *benchmarks* setoriais e avaliação de risco de vazamento de carbono, a exemplo da Califórnia, além do emprego de bases de dados robustas como o Protocolo GHG Brasil (IETA, 2025). Entre os desafios regulatórios, destacam-se a prevenção de alocação excessiva — problema observado no ETS europeu após 2008, a definição do nível de aplicação do teto e a participação ativa das empresas na calibragem das regras de alocação gratuita, prevista para a Fase III (SILVEIRA; OLIVEIRA, 2021; MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2024; IETA, 2025).

A periodicidade de revisão das metas de emissão está diretamente vinculada aos “períodos de compromisso” definidos pelo PNA. A lei não fixa duração específica desses períodos, mas institui um mecanismo cíclico e previsível de revisão (BRASIL, 2024). O PNA estabelece o limite máximo de emissões e a quantidade de CBEs para cada ciclo, com implementação por períodos sequenciais e abordagem gradual entre ciclos consecutivos, o que eleva progressivamente a ambição e fornece previsibilidade aos agentes. Embora a duração exata demande definição regulatória, o Roteiro sinaliza que o primeiro período de conformidade deverá ser delimitado em fases anteriores (MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2024), ao passo que a IETA recomenda explicitar períodos de conformidade e prever revisões periódicas das metodologias de alocação (IETA, 2025).

Cada PNA deve apresentar visão de longo prazo ao estimar a trajetória de limites para os dois períodos subsequentes, oferecendo aos setores regulados um horizonte prospectivo para planejamento e investimento em descarbonização. Em

síntese, a revisão das metas ocorrerá ciclicamente a cada período de compromisso, com projeções obrigatórias para dois ciclos à frente, garantindo previsibilidade e alinhamento com os objetivos climáticos de longo prazo do país (BRASIL, 2024; MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2024).

2.5.8 Monitoramento, reporte e verificação (MRV)

A Lei nº 15.042/2024 institui um sistema formal e padronizado de MRV das emissões de GEE, um dos pilares do SBCE. O objetivo é superar desafios históricos de incerteza na contabilização, ausência de normatizações e problemas de mensuração que caracterizavam o mercado de carbono no país antes de sua regulamentação (BRASIL, 2024; SILVEIRA; OLIVEIRA, 2021). Os procedimentos de medição e reporte passam a seguir um encadeamento de etapas com responsabilidades definidas tanto para os operadores regulados quanto para o poder público.

O processo de MRV, de natureza cíclica, estrutura-se em três momentos. Primeiro, cada operador deve submeter um Plano de Monitoramento ao órgão gestor para análise e aprovação, documento que funciona como manual operacional da sistemática de mensuração, relato e verificação e cujo conteúdo seguirá regras, modelos e prazos estabelecidos em regulação. Em seguida, com base no plano aprovado, o operador apresenta anualmente o relato de emissões e remoções, seguindo modelos, prazos e procedimentos uniformizados para assegurar consistência e comparabilidade. Por fim, o relato anual é submetido à verificação por terceira parte independente, realizada por organismo de inspeção acreditado, etapa crucial para garantir dados reais, confiáveis e verificáveis, condição necessária para conferir credibilidade ao mercado perante investidores e sociedade (BRASIL, 2024; SILVEIRA; OLIVEIRA, 2021). A Figura 8 ilustra o ciclo de MRV do SBCE, composto pelas etapas de mensuração, relato e verificação, que se sucedem de forma contínua e estruturam a base do sistema de conformidade.

Figura 8 - Ciclo de funcionamento do sistema de MRV do SBCE



Fonte: elaboração própria, com base em BRASIL (2024); MINISTÉRIO DA FAZENDA (2024).

Após a validação, as informações são inseridas no Registro Central do SBCE, assegurando rastreabilidade e transparência (BRASIL, 2024). A implementação é gradual: na Fase I, o governo regulamenta o MRV; na Fase II, operacionaliza instrumentos de relato, desenvolve a infraestrutura de TI (módulo MRV do Registro Central) e credencia verificadores; e, na Fase III, inicia-se a obrigação de submissão dos planos e dos primeiros relatos (BRASIL, 2024; MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2024). Persistem, entretanto, desafios práticos: muitas empresas ainda não têm obrigações legais prévias de reporte e carecem de estruturas internas, o que pode gerar demanda por consultorias e ferramentas digitais e retardar a adoção em certos setores (IETA, 2025). Dessa forma, o MRV no SBCE será padronizado, obrigatório para grandes emissores, sujeito à verificação independente e implantado gradualmente, formando um base confiável e transparente para o funcionamento eficaz do mercado de carbono (BRASIL, 2024; MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2024).

No âmbito específico da verificação independente, a Lei nº 15.042/2024 ergue um pilar destinado a assegurar a credibilidade e a integridade do SBCE, respondendo diretamente a passivos históricos de incerteza na contabilização, lacunas normativas e dificuldades de mensuração que alimentavam a desconfiança de investidores e produtores (SILVEIRA; OLIVEIRA, 2021). A verificação por terceira parte imparcial é requisito legal para os principais processos do sistema (BRASIL, 2024; SILVEIRA;

OLIVEIRA, 2021): o parágrafo único do art. 32 determina que o relato anual de emissões e remoções de GEE dos operadores acima de 10.000 tCO₂e/ano seja submetido a avaliação de conformidade, conduzida por “organismo de inspeção acreditado”, conforme critérios a serem definidos pelo órgão gestor (BRASIL, 2024). Validado o relato, os dados ingressam no Registro Central, cumprindo a exigência de que os projetos e o mercado forneçam “reduções de emissões reais, confiáveis e verificáveis”, condição para atrair investimentos e consolidar a confiança pública (SILVEIRA; OLIVEIRA, 2021, p. 21).

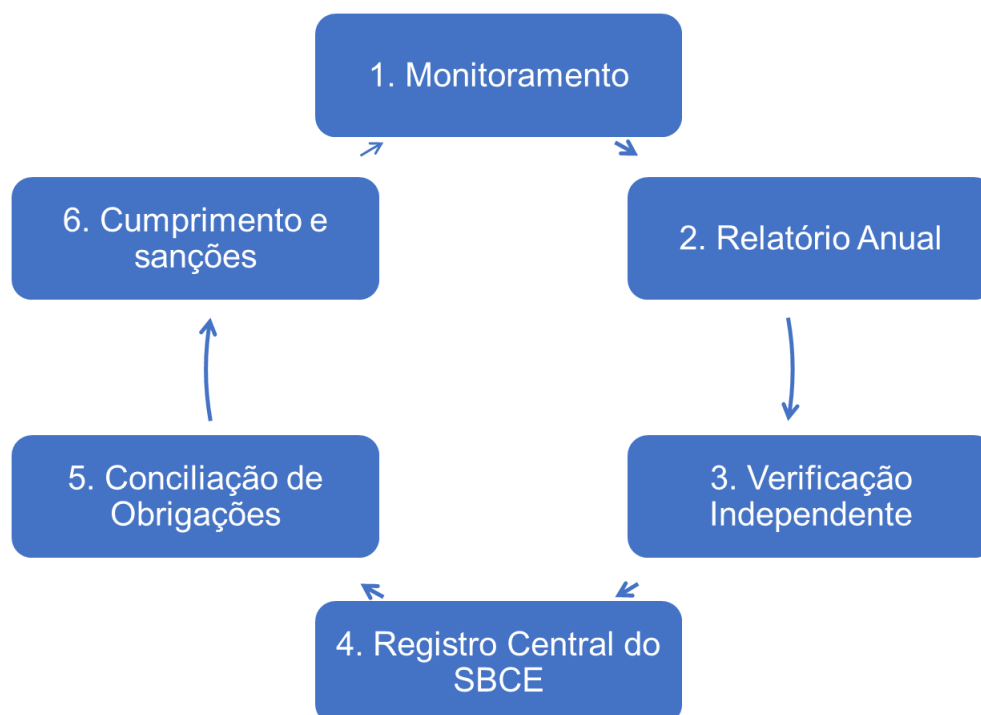
Em alinhamento internacional, recomenda-se ancorar a integridade do sistema em padrões reconhecidos - como CORSIA e o Mecanismo de Crédito do Artigo 6.4 do Acordo de Paris - para reforçar a intercambialidade dos ativos e a atração de investimentos (IETA, 2025). Esse princípio de verificação também se aplica à conversão de créditos do mercado voluntário: para que sejam utilizados no SBCE como CRVEs, os créditos precisam ter sido “verificados por entidade independente” segundo metodologias credenciadas (BRASIL, 2024), padronizando práticas historicamente heterogêneas de MRV.

Quanto aos mecanismos de cumprimento e sanções, a lei institui um arcabouço formal e detalhado que robustece a segurança jurídica e a efetividade do SBCE, superando a lógica predominantemente voluntária do passado (BRASIL, 2024; SILVEIRA; OLIVEIRA, 2021). O eixo de cumprimento assenta-se na conciliação periódica de obrigações, aplicável aos operadores acima de 25.000 tCO₂/ano, e envolve, sequencialmente: a submissão do Plano de Monitoramento; o relato anual de emissões verificado por organismo independente; e a conciliação periódica, pela qual o operador, ao final de cada período de compromisso (ou periodicidade inferior definida), deve dispor e cancelar CBEs ou CRVEs equivalentes às emissões líquidas incorridas (BRASIL, 2024). A implementação acompanha as fases do Roteiro, cuja área de “Conformidade e *enforcement*” explicita obrigações e procedimentos sancionatórios (MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2024). O regime sancionatório, por sua vez, é abrangente e proporcional: o art. 37 prevê advertência, multa, publicação de extrato da decisão em casos de reincidência grave e sanções restritivas de direitos - como suspensão/cancelamento de registros, perda de incentivos fiscais, restrições a financiamentos oficiais e proibição de contratar com a administração pública por até

três anos (BRASIL, 2024). A multa, sanção financeira central, para pessoas jurídicas não pode ser inferior ao custo das obrigações descumpridas nem exceder 3% do faturamento bruto do ano anterior, podendo alcançar 4% em caso de reincidência; para pessoas físicas e outras entidades, varia de R\$ 50 mil a R\$ 20 milhões (BRASIL, 2024, art. 37; VIEIRA et al., 2025). A apuração ocorre por processo administrativo sancionador, com auto de infração, garantia da ampla defesa e do contraditório (prazo de 30 dias), duplo grau recursal e aplicação orientada por critérios de gravidade, antecedentes, reincidência, boa-fé, cooperação e proporcionalidade (BRASIL, 2024). A literatura especializada recomenda que a regulamentação detalhe com clareza as circunstâncias de aplicação de cada penalidade e incorpore melhores práticas internacionais, como no EU ETS, para assegurar proporcionalidade, transparência e segurança jurídica aos operadores (IETA, 2025). Em conjunto, os mecanismos de cumprimento e o regime sancionatório conferem densidade institucional ao SBCE, reforçando a credibilidade do mercado de carbono brasileiro (BRASIL, 2024; IETA, 2025).

A Figura 9 ilustra o processo de conformidade do SBCE, evidenciando o caráter cíclico de mensuração, relato, verificação e cumprimento das obrigações.

Figura 9 - Ciclo de conformidade no SBCE



Fonte: elaboração própria, com base em BRASIL (2024); MINISTÉRIO DA FAZENDA (2024); SILVEIRA; OLIVEIRA (2021); VIEIRA et al. (2025).

2.5.9 Mecanismo de negociação

O mecanismo de negociação de créditos de carbono no Brasil foi formalmente instituído pela Lei nº 15.042/2024. Embora a lei já defina a estrutura fundamental do sistema, trata-se ainda de um mercado em fase de regulamentação e implementação, cujo pleno funcionamento será alcançado gradualmente, ao longo de um processo dividido em etapas e previsto para se consolidar apenas nos próximos anos (CVM, 2025; SILVEIRA; OLIVEIRA, 2021; MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2024).

A natureza jurídica dos ativos é aspecto central dessa estrutura: a Lei nº 15.042/2024 classifica as CBEs e os CRVEs como valores mobiliários quando negociados no mercado financeiro e de capitais (BRASIL, 2024). Essa definição insere os créditos de carbono no ambiente regulado pela CVM, a quem caberá estabelecer normas específicas, fiscalizar as transações, garantir transparência e integridade, zelar pela adequada formação de preços e proteger os investidores de manipulações e fraudes (CVM, 2025). Além do mercado organizado, a lei também admite a negociação privada, em operações de balcão, semelhantes às que já ocorrem no mercado voluntário (BRASIL, 2024; VIEIRA et al., 2025).

A aquisição e a negociação dos ativos poderão ocorrer tanto no mercado primário quanto no secundário. No primeiro caso, as CBEs serão obtidas diretamente do governo, por meio de alocação gratuita ou compra em leilões conduzidos pelo órgão gestor do SBCE (BRASIL, 2024). No mercado secundário, CBEs e CRVEs poderão ser comprados e vendidos livremente entre participantes, em plataformas sob supervisão da CVM, sendo essa etapa prevista para a Fase IV do cronograma de implementação (MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2024). Para garantir a segurança das transações, a legislação autoriza que os ativos sejam escriturados por instituições financeiras autorizadas e mantidos sob custódia em depositários centrais, em linha com a prática de outros instrumentos financeiros, como ações (BRASIL, 2024).

O processo de liquidação, por sua vez, será gerido pelo Registro Central do SBCE, plataforma digital criada para assegurar contabilidade precisa e rastreabilidade integral dos ativos desde a emissão até o cancelamento. Esse mecanismo é essencial para preservar a integridade ambiental e evitar a dupla contagem (IETA, 2025; BRASIL, 2024). A liquidação poderá ocorrer em duas modalidades distintas. Na

liquidação obrigatória, os agentes regulados deverão comprovar, ao final de cada período de compromisso, que detêm ativos suficientes (CBEs e CRVEs) para cobrir suas emissões, realizando a conciliação periódica de obrigações, com o consequente cancelamento dos ativos no registro. Já na liquidação voluntária, empresas ou indivíduos poderão cancelar ativos adquiridos para compensação própria, como parte de estratégias de neutralidade de carbono, retirando-os definitivamente de circulação (BRASIL, 2024).

Por meio desse mecanismo, o Brasil estrutura um mercado de carbono robusto e sofisticado, com forte integração ao sistema financeiro e alinhamento às práticas internacionais. A negociação em bolsa de valores, sob supervisão da CVM, somada ao Registro Central e à rastreabilidade dos ativos, confere ao SBCE os elementos de liquidez, transparência e segurança jurídica considerados essenciais para atrair investimentos e impulsionar a transição para uma economia de baixo carbono (CVM, 2025; IETA, 2025).

2.5.10 Fases de implementação do SBCE

A implementação SBCE foi concebida em cinco fases estratégicas, de modo a assegurar um processo gradual, sistemático e transparente. Essa estruturação busca viabilizar a construção de um mercado de carbono robusto e de alta integridade, capaz de superar os desafios históricos de falta de normatização e de insegurança regulatória no país. Embora a lei já esteja em vigor, o sistema ainda não se encontra plenamente operacional, e sua implementação completa deverá se estender por vários anos, sendo que o êxito das etapas posteriores depende da adequada e tempestiva execução das fases iniciais (BRASIL, 2024; CVM, 2025; MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2024). As cinco fases de implementação do SBCE estão sintetizadas na Tabela 7.

Tabela 7 - Fases de implementação do SBCE

Fase	Duração	Objetivo Principal
Fase I: Regulamentação	12 a 24 meses	Bases normativas e de governança
Fase II: Operacionalização dos Relatos	12 meses	Preparar infraestrutura e agentes para relato

Fase III: Submissão de Planos e Relatos	24 meses	Início do monitoramento compulsório (sem compensação)
Fase IV: Vigência do 1º PNA	Definida no PNA	Início do mercado de carbono
Fase V: Implementação Plena	Após 1º PNA	Operação completa do SBCE

Fonte: Elaboração própria, com base em BRASIL (2024); CVM (2025); MINISTÉRIO DA FAZENDA (2024).

A primeira fase, de regulamentação, possui duração de 12 meses, prorrogáveis por igual período, e tem como objetivo principal o estabelecimento das bases normativas e de governança do SBCE. Entre as atividades previstas estão a criação do órgão gestor e a definição de seus arranjos institucionais, a realização de análises técnicas para delimitar o escopo e os setores a serem regulados, o desenvolvimento do regulamento específico de MRV e a elaboração de um plano de engajamento das partes interessadas, com destaque para o comitê técnico consultivo (MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2024).

Na segunda fase, denominada operacionalização dos instrumentos de relato, com duração de 12 meses, o foco recai sobre a preparação da infraestrutura e a capacitação dos agentes regulados. As ações incluem a finalização da identificação das entidades abrangidas pelo sistema de MRV, o desenvolvimento da infraestrutura tecnológica - notadamente o módulo MRV do Registro Central, o credenciamento de verificadores independentes e a realização de treinamentos específicos (MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2024).

A terceira fase corresponde à implementação da obrigação de submissão de planos de monitoramento e relatos de emissões, com duração de 24 meses. Essa etapa inaugura a obrigatoriedade do monitoramento e do relato anual das emissões e remoções de GEE pelos operadores regulados, embora ainda não implique a obrigação de compensação. Nela, serão implementadas as bases do sistema MRV, elaborado o primeiro PNA, que definirá o limite máximo de emissões (cap) do primeiro período de compromisso, e estabelecidas as regras para a alocação gratuita das CBEs (BRASIL, 2024; MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2024).

A quarta fase inicia-se com a promulgação do primeiro PNA, cuja duração será definida em etapas anteriores. Nesse momento, tem início a vigência efetiva do mercado de carbono brasileiro, marcado pela distribuição não onerosa das CBEs e pela realização dos primeiros ciclos de conformidade, nos quais os agentes regulados deverão comprovar a conciliação de suas obrigações. Essa fase também prevê a operacionalização do mercado secundário de ativos do SBCE e a elaboração do segundo PNA, acompanhada de um monitoramento contínuo do sistema (BRASIL, 2024; MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2024).

Por fim, a quinta fase, correspondente à implementação plena do SBCE, começa ao término da vigência do primeiro PNA. Nela, todos os instrumentos do sistema passam a operar de forma completa, incluindo a realização do primeiro leilão de CBEs, que inaugura a alocação onerosa de ativos e consolida o sistema em sua totalidade (BRASIL, 2024; MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2024). A correspondência entre os principais instrumentos do SBCE e as fases de implementação está apresentada na Tabela 8.

Tabela 8 - Principais fases e instrumentos do SBCE

Instrumentos	Fase I	Fase II	Fase III	Fase IV	Fase V
Órgão Gestor / Governança	Criação do órgão gestor e comitê consultivo	Estruturação institucional	Órgão gestor recebe relatórios	Coordenação do órgão gestor	Governança consolidada
Sistema MRV	Regulamento do sistema de MRV	Módulo MRV no Registro Central; credenciamento de verificadores	Implementação efetiva do sistema MRV	Monitoramento contínuo	MRV totalmente operacional
PNA	—	—	1º PNA elaborado (define cap)	Execução do 1º PNA; elaboração do 2º PNA	Novos PNAs sucessivos

CBEs	–	–	Definição da alocação gratuita	Distribuição gratuita de CBEs	Leilões de CBEs (alocação onerosa)
Mercado Secundário	–	–	–	Início do mercado secundário	Expansão e consolidação

Fonte: Elaboração própria, com base em BRASIL (2024); MINISTÉRIO DA FAZENDA (2024); VIEIRA et al. (2025).

A aprovação da Lei nº 15.042/2024 representou um marco jurídico relevante, mas a efetiva operacionalização do SBCE permanece dependente de um processo regulamentar extenso e faseado. A transição entre as cinco etapas reflete não apenas a complexidade do desenho institucional, mas também a necessidade de assegurar previsibilidade, participação social e aderência às melhores práticas internacionais de mercados de carbono (VIEIRA et al., 2025).

2.5.11 Conclusões parciais sobre o mercado de carbono brasileiro

A criação do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE), instituído pela Lei nº 15.042/2024, representa a consolidação de um processo legislativo de mais de uma década e o marco da precificação de carbono no país. O sistema posiciona o Brasil entre as principais economias que adotam instrumentos de mercado para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa, alinhando-se aos compromissos assumidos no Acordo de Paris e fortalecendo a governança climática nacional.

A trajetória brasileira revela avanços graduais, desde as experiências pioneiras no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e do mercado voluntário até a criação de políticas setoriais como o RenovaBio. Esses antecedentes contribuíram para a maturidade técnica e institucional necessária à construção de um mercado regulado de alta integridade ambiental. O novo marco legal supera a histórica ausência de normatização e cria as bases para um sistema transparente, previsível e integrado ao mercado financeiro.

O SBCE adota o modelo cap-and-trade, com ênfase na redução justa e custo-efetiva das emissões. Sua governança composta pelo Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM), o Órgão Gestor e o Comitê Técnico Consultivo Permanente (CTCP) assegura equilíbrio entre legitimidade política, rigor técnico e participação social. O Plano Nacional de Alocação (PNA) emerge como instrumento estratégico central, definindo o teto de emissões, a quantidade de cotas (CBEs) e as regras de alocação gratuita e onerosa, fundamentais para a previsibilidade do mercado.

O sistema de Monitoramento, Relato e Verificação (MRV), padronizado e independente, confere credibilidade ao mercado e responde a desafios históricos de mensuração e transparência. A criação do Registro Central do SBCE, com rastreabilidade digital dos ativos, reforça a segurança jurídica e previne a dupla contagem. A integração com a Comissão de Valores Mobiliários (CVM) garante supervisão financeira e transparência nas negociações, consolidando o SBCE como instrumento econômico de confiança para investidores e empresas.

Ainda assim, o Brasil enfrenta desafios estruturais: a implementação gradual das cinco fases do sistema exige coordenação institucional, capacitação técnica e regulamentação detalhada para evitar sobreposição de competências e atrasos. A exclusão inicial do setor agropecuário, limita a abrangência do sistema e adia parte do potencial de mitigação nacional.

Em perspectiva, o SBCE tem potencial para se tornar um dos mecanismos de precificação de carbono mais abrangentes do mundo, graças à diversidade da matriz energética, ao papel do setor florestal e à forte base de ativos naturais. Sua consolidação permitirá ao Brasil combinar ambição climática, inovação tecnológica e competitividade econômica, projetando o país como líder global na economia de baixo carbono.

3 PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DO MERCADO BRASILEIRO

3.1 Princípios de desenho

O objetivo deste item é o a partir das lições aprendidas com os mercados europeu e chinês, conceber uma proposta de aplicação no Brasil.

3.1.1 Cap & trade vs. padrões de desempenho (rate-based)

A escolha do modelo de teto de emissões constitui uma das decisões mais estruturantes para o êxito de um ETS. No caso brasileiro, há fortes razões para que o país adote uma abordagem alinhada à europeia, com um teto absoluto e decrescente, complementado por um mecanismo de estabilidade de mercado, em vez do modelo de padrão de desempenho (TPS) baseado em intensidade, como o inicialmente adotado pela China. A opção por um teto absoluto assegura maior certeza ambiental, alinhamento com os compromissos climáticos internacionais e previsibilidade para investimentos de longo prazo, elementos centrais para a descarbonização eficaz e custo-efetiva da economia nacional.

O principal benefício de um sistema *cap-and-trade* com teto absoluto, como o EU ETS, é a garantia de certeza sobre o resultado ambiental. Ao impor um limite máximo e progressivamente decrescente para o volume total de emissões, o sistema garante que, independentemente de oscilações econômicas, a meta quantitativa será cumprida (EUROPEAN COMMISSION, 2015). Tal previsibilidade é essencial para o alcance da NDC do Brasil, que estabelece metas de redução absoluta de emissões: 48% até 2025 e 53% até 2030, em comparação com 2005 (CVM, 2025; VIEIRA et al., 2025). Esse modelo está em consonância com o Artigo 4 do Acordo de Paris, que incentiva a adoção de metas absolutas para toda a economia (ONU, 2015).

Em contraste, o modelo de intensidade, adotado pela China em virtude de sua condição de economia em rápido crescimento e de sua NDC baseada em metas de intensidade, apresenta limitações relevantes: não garante reduções absolutas se a expansão da produção superar os ganhos de eficiência (ZHANG et al., 2025). Não por acaso, a própria China prevê uma transição futura para um teto absoluto, reconhecendo-o como mais adequado para a fase de efetiva descarbonização (LIU et

al., 2025). Assim, não seria prudente que o Brasil adotasse como permanente um modelo que seu principal proponente já considera transitório.

Além disso, o perfil de emissões brasileiro difere substancialmente do chinês, o que reforça a inadequação de um modelo baseado em intensidade. No Brasil, as maiores fontes de emissões são as Mudanças de Uso da Terra e Florestas (MUT) e a agropecuária, que, em conjunto, responderam por 74% das emissões brutas em 2023 (SEEG, 2024). No caso do desmatamento, responsável por 46% das emissões totais no mesmo ano, seria complexo e ineficaz atrelar as emissões a uma unidade de produção, como previsto nos sistemas de intensidade. A definição de um limite absoluto para tais emissões mostra-se mais simples e coerente, sobretudo diante da meta de desmatamento zero.

Na agropecuária, que registrou crescimento de 2,2% nas emissões em 2023 em razão da expansão do rebanho bovino (SEEG, 2024), um teto de intensidade poderia igualmente falhar, já que as emissões totais tenderiam a aumentar se o rebanho continuasse em expansão, ainda que com maior eficiência por unidade produzida. O teto absoluto, embora politicamente mais desafiador, enviaria sinal econômico de incentivo à intensificação sustentável e à dissociação entre crescimento produtivo e aumento das emissões.

Outro aspecto crucial é a previsibilidade necessária para atrair investimentos. A experiência do EU ETS após a crise de 2008, quando o excesso de licenças provocou a queda abrupta do preço do carbono e abalou a confiança dos investidores, oferece uma lição importante (VERBRUGGEN; LAES; WOERDMAN, 2019; EUROPEAN COMMISSION, 2015). A União Europeia respondeu instituindo a Reserva de Estabilidade de Mercado (MSR), mecanismo automático de ajuste da oferta de licenças, que retira permissões do mercado em caso de excesso e as reinjeta em situações de escassez.

Para o Brasil, a implementação de um mecanismo de estabilidade robusto e transparente desde o início é essencial. A Lei nº 15.042/2024 já prevê um “mecanismo de estabilização de preços” (BRASIL, 2024), cuja regulamentação deve inspirar-se no modelo europeu, estabelecendo regras claras e automáticas para evitar intervenções discricionárias. Em uma economia emergente como a brasileira, sujeita à volatilidade

macroeconômica, tal mecanismo é vital para garantir preços de carbono estáveis e previsíveis, condição indispensável para mobilizar os investimentos de longo prazo em tecnologias de baixo carbono e em inovação (VERBRUGGEN; LAES; WOERDMAN, 2019).

Dessa maneira, a adoção de um teto absoluto, associado ao mecanismo de estabilidade de mercado, é a única estratégia capaz de assegurar o cumprimento das metas climáticas absolutas assumidas pelo Brasil, ao mesmo tempo em que se ajusta às características de seu perfil de emissões. Ao aprender com as lições da Europa — tanto com os acertos quanto com as correções necessárias — e ao reconhecer as limitações do modelo chinês, o Brasil tem a oportunidade de construir desde o início um mercado de carbono ambientalmente íntegro, economicamente eficiente e alinhado às melhores práticas globais. Essa escolha estratégica se tornaria não apenas um imperativo técnico, mas também uma afirmação de liderança internacional, especialmente em um contexto em que o país sediará a COP30, consolidando sua posição como protagonista da agenda climática global (IETA, 2025).

3.1.2 Governança e coordenação

A experiência internacional demonstra que a governança de um sistema de comércio de emissões deve ser consolidada, previsível e tecnicamente fundamentada para garantir sua eficácia ambiental e sua credibilidade junto aos investidores. Nesse sentido, a trajetória do EU ETS oferece lições valiosas para o desenho do SBCE.

Nas duas primeiras fases do EU ETS (2005-2012), a governança descentralizada, baseada em Planos Nacionais de Alocação (NAPs) elaborados por cada Estado-Membro, revelou desvantagens significativas. O processo era demorado e pouco transparente, dificultando o entendimento por parte dos agentes de mercado (EUROPEAN COMMISSION, 2015). Além disso, a ausência de metodologias harmonizadas gerou distorções competitivas entre setores de diferentes países, ao mesmo tempo em que a sobre alocação de permissões, somada à crise econômica de 2008, resultou no colapso do preço do carbono e minou a confiança dos investidores (VERBRUGGEN; LAES; WOERDMAN, 2019). A correção desse modelo ocorreu a partir da Fase III (2013-2020), quando a União Europeia centralizou a governança, estabeleceu um teto único de emissões e adotou regras comuns de

alocação (EUROPEAN COMMISSION, 2015). Essa transição demonstra que a centralização decisória, apoiada em fundamentos técnicos e transparência regulatória, é condição indispensável para a eficácia e a estabilidade de um mercado de carbono.

A Lei nº 15.042/2024 estabelece uma governança tripartite para o SBCE, composta pelo CIM, pelo órgão gestor e pelo CTCP (BRASIL, 2024). Essa estrutura, embora apresente uma divisão clara de funções, contém riscos de ruído regulatório se não houver clareza sobre a sequência das decisões e a hierarquia de competências. O papel político do CIM e a função técnica do órgão gestor podem, se não bem delimitados, redundar em sobreposição de atribuições, ciclos de negociação prolongados e incerteza regulatória — cenário que compromete a previsibilidade necessária para investimentos de longo prazo (IETA, 2025).

Para mitigar tais riscos, recomenda-se consolidar a sequência decisória por meio de regras operacionais públicas e transparentes. O órgão gestor deve assumir um mandato técnico robusto, independente de mudanças políticas, com competência para elaborar o PNA com base em evidências e benchmarks setoriais. O CIM, por sua vez, deve limitar-se a validar a conformidade da proposta com as metas climáticas nacionais, evitando a redefinição de parâmetros técnicos. Esse arranjo é consistente com a recomendação de privilegiar a ambição climática (“A-goal”) em vez da priorização excessiva da competitividade econômica (“ π -goal”), que historicamente limitou a eficácia do EU ETS (VERBRUGGEN; LAES; WOERDMAN, 2019).

O PNA é o principal instrumento do SBCE, pois define o limite máximo de emissões, a alocação das cotas e os mecanismos de estabilização de preços. A lei já estabelece que sua aprovação deve ocorrer com pelo menos 12 meses de antecedência em relação ao período de vigência (BRASIL, 2024). Contudo, a experiência internacional demonstra que apenas essa cláusula não elimina a incerteza. Um calendário fixo e detalhado para todo o ciclo de elaboração do PNA — desde a realização de estudos técnicos até a consulta pública e a aprovação final pelo CIM — aumentaria a previsibilidade regulatória e facilitaria o planejamento estratégico das empresas reguladas (MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2024).

O Brasil tem a oportunidade de evitar os erros iniciais do EU ETS e construir um modelo de governança que combine competência técnica, centralização decisória e transparência. A consolidação do papel do órgão gestor como instância técnica, a delimitação clara da função política do CIM e a instituição de um calendário fixo para o ciclo do PNA são medidas fundamentais para reduzir o ruído regulatório e aumentar a segurança jurídica. Ao adotar essas diretrizes, o SBCE poderá oferecer previsibilidade e credibilidade, atraindo investimentos e reforçando a posição do Brasil como protagonista da agenda climática global, especialmente no contexto da COP30 (IETA, 2025).

3.2 Quem participa (cobertura e obrigatoriedade)

3.2.1 Limiar de inclusão de setores

Com base nas experiências internacionais da União Europeia (UE) e da China, bem como nas diretrizes estabelecidas para o SBCE, é possível argumentar que o Brasil acerta ao adotar a implementação setorial escalonada e focada nos maiores emissores de GEE. Essa estratégia pragmática, em lugar de uma implementação ampla e simultânea, aumenta as chances de sucesso do mercado, ao permitir o gerenciamento da complexidade, a garantia da integridade dos dados e a construção gradual da capacidade institucional e de mercado.

A trajetória de implementação de mercados de carbono no mundo comprova a eficácia desse modelo. O EU ETS, primeiro e maior mercado multilateral de carbono, não abrangeu todos os setores de uma só vez. Em sua primeira fase (2005-2007), atuou como um período piloto para testar a infraestrutura de reporte, monitoramento e formação de preços. Naquele momento, foram incluídos apenas setores de alta intensidade energética, como geração de energia, refinarias de petróleo, siderurgia e fábricas de cimento, vidro e cerâmica. A expansão setorial ocorreu em fases posteriores, incluindo, por exemplo, a aviação em 2012 e setores como petroquímicos e alumínio em 2013 (EUROPEAN COMMISSION, 2015). Essa expansão progressiva permitiu ao sistema amadurecer e ajustar suas regras com base na experiência prática.

A China seguiu estratégia ainda mais restrita. Seu mercado nacional de carbono foi lançado com foco exclusivo no setor de geração de energia, que, além de ser o maior emissor, apresentava dados de maior qualidade, produtos homogêneos e empresas estatais já familiarizadas com mecanismos de mercado, como o MDL (LIU et al., 2025; ZHANG et al., 2025). Apenas em 2025 o país iniciou a expansão para siderurgia, cimento e alumínio. Ao replicar essa lógica de priorizar os grandes emissores em etapas, o Brasil aplica o princípio do “aprender fazendo”, minimizando riscos e construindo seu mercado sobre bases sólidas (MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2024).

Outro argumento favorável ao modelo escalonado é a gestão da complexidade regulatória. Implementar um mercado que abranja toda a economia desde o início implicaria custos regulatórios elevados tanto para o Estado quanto para as empresas, muitas das quais ainda não possuem capacidade instalada para mensurar e relatar suas emissões com rigor (VIEIRA et al., 2025; IETA, 2025). A China reconheceu esse risco ao selecionar setores com “baixos custos de administração” para iniciar seu ETS (LIU et al., 2025). O Brasil, ao prever cinco fases de implementação — da regulamentação até a plena operação do mercado — (BRASIL, 2024; CVM, 2025), garante que sua capacidade regulatória e institucional se desenvolva de forma progressiva e consistente.

A integridade dos dados de emissões é outro fator central para a credibilidade de um sistema de comércio de emissões. Tanto a União Europeia quanto a China demonstraram que a robustez do sistema de Monitoramento, Relato e Verificação (MRV) é a espinha dorsal do mercado (EUROPEAN COMMISSION, 2015). A China optou pelo setor de energia em razão da maior confiabilidade dos dados já disponíveis, enquanto outros setores industriais apresentavam lacunas significativas (LIU et al., 2025; ZHANG et al., 2025).

No caso brasileiro, a Lei nº 15.042/2024 e o Roteiro de Implementação elaborado pelo Ministério da Fazenda destacam a construção de um sistema MRV robusto como prioridade. A legislação prevê, inclusive, que a regulação só se aplicará a atividades com metodologias de MRV consolidadas (BRASIL, 2024). Assim, o foco inicial em grandes emissores da indústria e da energia - setores com maior maturidade em sistemas de controle e monitoramento - reforça a credibilidade do SBCE desde

sua criação, evitando os riscos de baixa qualidade de dados que poderiam comprometer a confiança do mercado (SILVEIRA; OLIVEIRA, 2021).

O desenho escalonado também maximiza o impacto ambiental inicial do sistema. Os setores de Energia (18%) e Processos Industriais (4%) representaram, em conjunto, 22% das emissões brutas em 2023, totalizando 511 milhões de toneladas de CO₂e (SEEG, 2024). Esses setores concentram suas emissões em um número relativamente pequeno de grandes instalações, o que favorece a regulação com custos administrativos otimizados.

A lei do SBCE estabelece, nesse sentido, critérios proporcionais de obrigatoriedade: operadores com emissões superiores a 10.000 tCO₂e/ano devem apresentar relatórios anuais, enquanto aqueles acima de 25.000 tCO₂e/ano devem cumprir a conciliação periódica de obrigações (BRASIL, 2024; CVM, 2025). Essa lógica, semelhante à adotada pelos ETS regionais chineses, garante que o sistema capture a maior parte das emissões com eficiência administrativa (LIU et al., 2025). Além disso, ao direcionar o sinal de preço para os maiores emissores, o SBCE cria incentivos à mitigação precisamente onde ela é mais necessária e onde existem tecnologias mais maduras para reduzir emissões (VERBRUGGEN; LAES; WOERDMAN, 2019).

A opção brasileira por uma implementação setorial escalonada do SBCE, iniciando pelos maiores emissores, revela-se uma estratégia técnica e politicamente acertada. Essa escolha reflete o aprendizado das experiências europeia e chinesa, ao mesmo tempo em que considera o perfil específico de emissões do país e a necessidade de construir gradualmente capacidade institucional e de mercado. Ao privilegiar setores com maior volume de emissões e base de dados mais confiável, o Brasil assegura impacto ambiental significativo desde o início, reduz a complexidade regulatória, otimiza custos de transação e estabelece as condições para um mercado de carbono robusto, transparente e de alta integridade. Essa abordagem pragmática reforça as chances de o SBCE se consolidar como um instrumento central para o cumprimento das metas climáticas nacionais, alinhando o país às melhores práticas globais e projetando sua liderança na agenda climática internacional (VIEIRA et al., 2025).

3.2.2 A exclusão da agropecuária primária do SBCE

Ainda que a decisão de iniciar o SBCE concentrando-se nos setores de energia e processos industriais seja pragmática e esteja alinhada às experiências internacionais (EUROPEAN COMMISSION, 2015; LIU et al., 2025; ZHANG et al., 2025), a exclusão do principal vetor de emissões do país constitui a maior vulnerabilidade do sistema no longo prazo e compromete sua capacidade de se afirmar como instrumento central da política climática brasileira.

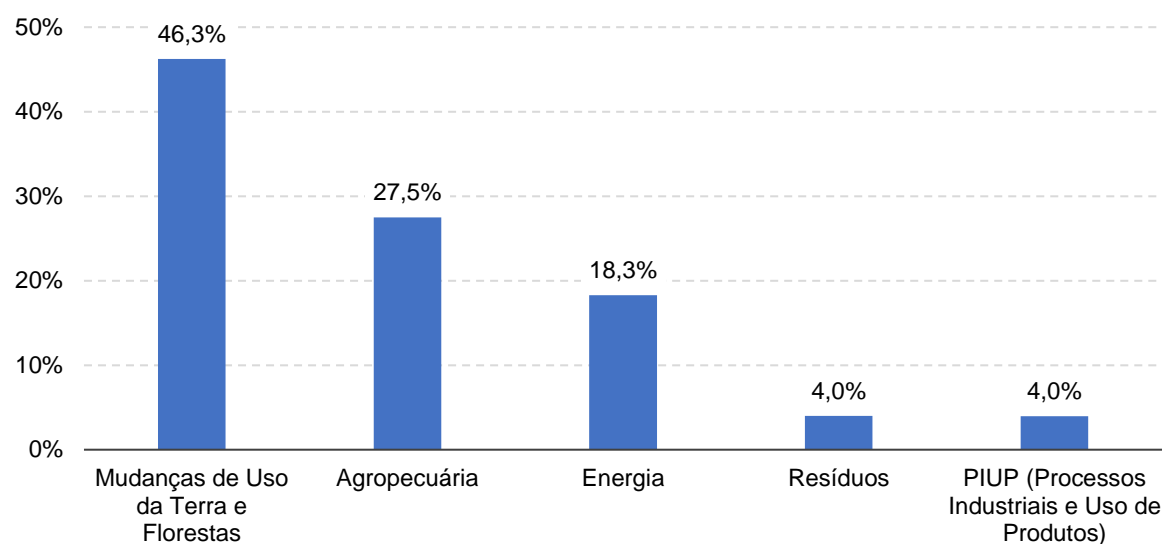
A exclusão da produção primária agropecuária do escopo do SBCE (BRASIL, 2024) resultou de um acordo político necessário à aprovação da lei, evidenciando a influência da Frente Parlamentar da Agropecuária (VIEIRA et al., 2025). As justificativas técnicas apresentadas apontam desafios concretos, tais como incertezas metodológicas para estimar emissões difusas, dificuldades de implementar um sistema de MRV em milhões de propriedades rurais e preocupações com a segurança alimentar (VIEIRA et al., 2025; SILVEIRA; OLIVEIRA, 2021). Todavia, sob perspectiva crítica, essa escolha produz uma dissonância entre o instrumento e o problema que se pretende enfrentar no contexto brasileiro.

O primeiro ponto de tensão diz respeito à incompatibilidade com o perfil de emissões nacional. A magnitude das emissões da agropecuária justifica sua inclusão para que um ETS alcance o A-goal (objetivo de proteção da atmosfera) de forma efetiva (VERBRUGGEN; LAES; WOERDMAN, 2019). Em 2023, a agropecuária respondeu por 28% das emissões brutas de GEE no Brasil, somando 631 MtCO₂e. A Figura 4 ilustra a participação setorial nas emissões brutas de GEE no Brasil, destacando a predominância das mudanças de uso da terra e da agropecuária no total nacional.

Somadas às emissões por MUT - 46% do total e majoritariamente associadas à expansão agropecuária, essas atividades perfazem, direta e indiretamente, 74% da poluição climática nacional (SEEG, 2024). Diferentemente da UE e da China, onde a regulação dos setores de energia e indústria coincide com as principais fontes de emissões (EUROPEAN COMMISSION, 2015; LIU et al., 2025), no Brasil os setores inicialmente regulados (Energia e Processos Industriais) perfazem apenas 22% das

emissões (SEEG, 2024). Manter fora do instrumento de precificação o setor que concentra o grosso das emissões configura, assim, uma contradição estrutural.

Figura 10 - Participação setorial nas emissões brutas de GEE



Fonte: SEEG (2023)

Em segundo lugar, emerge a questão da viabilidade de cumprimento das metas do Acordo de Paris. O tratado conclama as Partes a comunicarem “esforços ambiciosos” e a adotarem metas de redução absoluta para toda a economia (ONU, 2015). A NDC do Brasil fixa metas absolutas para 2025 e 2030 (CVM, 2025; VIEIRA et al., 2025). Nessa perspectiva, é matematicamente improvável alcançar tais objetivos, e os compromissos subsequentes para 2035, se a atuação contundente recair apenas sobre um quinto das fontes emissoras. O Balanço Global (GST) aprovado na COP28 reforça a orientação para NDCs abrangentes - em toda a economia e com todos os gases (SEEG, 2024). A exclusão persistente da agropecuária colide com essa diretriz e arrisca a credibilidade do compromisso brasileiro. Além disso, mesmo reconhecendo o potencial de descarbonização nos setores já regulados, concentrar a redução de centenas de milhões de toneladas de GEE apenas neles tende a elevar desproporcionalmente o custo marginal de abatimento enquanto oportunidades de mitigação de grande escala e menor custo na agropecuária permanecem subaproveitadas (VIEIRA et al., 2025; VERBRUGGEN; LAES; WOERDMAN, 2019).

Em terceiro lugar, a exclusão implica perda de oportunidades econômicas e de inovação. Um mercado de carbono bem desenhado não é apenas coercitivo; ele também induz tecnologia, eficiência e novas fontes de receita para agentes mais produtivos (VERBRUGGEN; LAES; WOERDMAN, 2019). O Brasil detém amplo potencial de geração de créditos a partir de soluções baseadas na natureza - manejo sustentável de solos, recuperação de pastagens, integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) - com destaque para as remoções líquidas estimadas em 191,1 MtCO₂ via solos agrícolas em 2023 (SEEG, 2024; VIEIRA et al., 2025). A inclusão do setor no SBCE poderia prover o sinal de preço necessário para escalar tais práticas, convertendo passivos ambientais em ativos financeiros para produtores (SILVEIRA; OLIVEIRA, 2021). A ausência de precificação também enfraquece o incentivo à adoção de tecnologias e práticas de baixa emissão, como as do Plano ABC+. Evidências indicam, por exemplo, que os preços do mercado voluntário não bastam para induzir mudanças alimentares no gado leiteiro voltadas à redução de metano (SILVEIRA; OLIVEIRA, 2021), ao passo que a demanda do mercado regulado poderia sustentar preços mais robustos e efetivos.

Diante desse quadro, delineia-se caminho de melhoria que preserve a viabilidade política e técnica: a inclusão futura do setor agropecuário por meio de uma trajetória escalonada. Em uma fase preparatória, a exigência poderia restringir-se ao MRV obrigatório para grandes atores — notadamente grandes produtores e agroindústrias com maior capacidade de gestão e dados, reproduzindo o passo inicial observado em UE e China e permitindo a superação das incertezas metodológicas (LIU et al., 2025; EUROPEAN COMMISSION, 2015). Na sequência, a integração via geração de offsets (CRVEs) no âmbito do SBCE (BRASIL, 2024) permitiria remunerar práticas comprovadas de redução e remoção — como recuperação de pastagens e ILPF, mediante metodologias credenciadas, e criar desde logo um fluxo de receitas para o campo.

Em fase madura, após a consolidação do MRV e o desenvolvimento de *benchmarks*, um esquema *cap-and-trade* setorial poderia ser aplicado aos maiores emissores; para acomodar o crescimento da produção, iniciar-se-ia por um padrão de intensidade (tCO₂e por tonelada de carne ou litro de leite), à semelhança do arranjo chinês inicial (ZHANG et al., 2025), com transição planejada para um teto absoluto.

A decisão de excluir a agropecuária do escopo inicial do SBCE, com todos seus argumentos políticos, revela-se insustentável do ponto de vista da integridade climática e da eficiência econômica de longo prazo. O Brasil não conseguirá cumprir as metas do Acordo de Paris se seu principal instrumento de precificação ignorar sua principal fonte de emissões. Torna-se, portanto, imperativo que a regulamentação do SBCE e as revisões futuras prevejam uma trajetória clara e gradual de inclusão do setor: iniciar pelo MRV obrigatório para grandes agentes, avançar para a integração como gerador de CRVEs e, adiante, aplicar *um cap-and-trade* aos maiores emissores. Tal sequenciamento converteria um risco para a credibilidade da política climática em oportunidade estratégica para liderar a transição rumo a uma agropecuária de baixo carbono.

3.3 Certificação e MRV

3.3.1 MRV padronizado e verificação independente

Com base na experiência do EU ETS e outras práticas internacionais, torna-se crucial argumentar que o Brasil deve adotar um sistema de MRV de altíssima integridade desde o início da implementação SBCE. A ausência de dados robustos foi a falha estrutural das fases iniciais do EU ETS, resultando em alocação excessiva de licenças, colapso do preço do carbono e enfraquecimento do incentivo à descarbonização, um erro que o Brasil não pode repetir (VERBRUGGEN; LAES; WOERDMAN, 2019; EUROPEAN COMMISSION, 2015). Nesse sentido, a adoção de planos de monitoramento detalhados, a verificação por organismos acreditados, a criação de uma infraestrutura de tecnologia da informação integrada ao Registro Central e um processo de implementação em fases, com capacitação e auditorias rigorosas, constituem elementos indispensáveis para assegurar a credibilidade e a eficácia ambiental do SBCE.

A experiência europeia evidencia de forma clara que dados frágeis resultam em mercados frágeis. A integridade de um mercado de carbono depende fundamentalmente da qualidade e confiabilidade das informações de emissões, sendo um sistema de MRV robusto a espinha dorsal que garante que “uma tonelada seja, de fato, uma tonelada”. Nas Fases I (2005-2007) e II (2008-2012) do EU ETS, a alocação gratuita de licenças baseou-se em NAPs descentralizados, elaborados pelos Estados-

Membros. Como não havia dados confiáveis e verificados, os tetos de emissões foram definidos, em grande parte, a partir de estimativas (EUROPEAN COMMISSION, 2015). Esse problema, somado à crise econômica de 2008, levou à alocação excessiva de licenças e à formação de um grande superávit no mercado (SILVEIRA; OLIVEIRA, 2021). O excesso de oferta, por sua vez, provocou o colapso do preço do carbono, que permaneceu em níveis muito baixos por anos. Tal situação minou a função essencial do ETS, ou seja, criar um incentivo econômico para investimentos em tecnologias de baixo carbono e inovação. Na prática, a prioridade recaiu sobre a proteção dos lucros industriais (π -goal) em detrimento da ambição climática (A-goal) (VERBRUGGEN; LAES; WOERDMAN, 2019). Apenas a partir da Fase III (2013-2020) a União Europeia corrigiu essa falha, adotando um sistema de MRV harmonizado e centralizado, com regras comuns e rigorosas (EUROPEAN COMMISSION, 2015).

Diante dessas lições, o Brasil tem a oportunidade de construir um MRV de classe mundial desde o início do SBCE. A Lei nº 15.042/2024 já estabelece fundamentos legais para tanto, mas a efetividade do sistema dependerá da regulamentação. O primeiro elemento necessário é a exigência de planos de monitoramento detalhados e padronizados. A legislação brasileira já obriga os operadores a submeterem planos de monitoramento para aprovação do órgão gestor (BRASIL, 2024). No entanto, a regulamentação deve assegurar que esses planos sigam metodologias consolidadas, como as do IPCC, em consonância com o Acordo de Paris (ONU, 2015). O documento precisa descrever de forma transparente todas as fontes de emissão, fluxos de materiais, equipamentos de medição, controles de qualidade e responsabilidades internas, nos moldes do *Monitoring and Reporting Regulation* (MRR) europeu (EUROPEAN COMMISSION, 2015). A China também seguiu caminho semelhante, exigindo planos de controle de qualidade de dados pelas entidades reguladas (LIU; CHEN; ZHANG, 2025).

O segundo componente essencial é a verificação por organismos independentes e acreditados. A lei brasileira já prevê que os relatos sejam submetidos a uma avaliação de conformidade conduzida por organismo de inspeção acreditado (BRASIL, 2024). Para garantir a integridade, o processo de acreditação deve ser rigoroso e centralizado, com regras uniformes em nível nacional, inspirando-se no *Accreditation and Verification Regulation* (AVR) da União Europeia (EUROPEAN

COMMISSION, 2015). A experiência chinesa reforça a importância de fortalecer a supervisão sobre os verificadores, após enfrentar dificuldades com a qualidade dos dados (LIU; CHEN; ZHANG, 2025). Nesse sentido, o Brasil poderia considerar a adoção de modelos nos quais o governo contrata e remunera os verificadores, eliminando o conflito de interesse de uma relação direta entre empresas e auditores, como já ocorreu em pilotos chineses.

O terceiro pilar é a integração tecnológica. O Registro Central do SBCE deve ser concebido não apenas como um repositório de ativos, mas como uma plataforma sofisticada de supervisão ativa. O módulo de MRV, previsto para a Fase II da implementação (MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2024), deve permitir a submissão online e padronizada dos relatos mensais e anuais. Inspirado no modelo chinês, deve incorporar ferramentas de auditoria cruzada e sistemas de alerta precoce, comparando as informações declaradas com bases governamentais, como o Balanço Energético Nacional e dados industriais do IBGE, a fim de detectar inconsistências em tempo real (LIU; CHEN; ZHANG, 2025; ZHANG et al., 2025). Essa infraestrutura de TI é indispensável para assegurar a rastreabilidade dos dados e evitar dupla contagem, princípio central do Acordo de Paris e da lei do SBCE (ONU, 2015; BRASIL, 2024).

A implementação do MRV deve ser faseada, acompanhada de capacitação e supervisão contínua. O Brasil possui fragilidades históricas quanto à precisão dos dados, especialmente no setor florestal (SILVEIRA; OLIVEIRA, 2021). O roteiro de implementação do SBCE acerta ao prever fases específicas para a operacionalização do relato (Fase II) e para a obrigação de relatar antes da obrigação de compensar (Fase III) (MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2024; BRASIL, 2024). Para garantir a efetividade, a Fase II deve incluir um programa massivo de capacitação, voltado não apenas para empresas, mas também para verificadores e gestores públicos, à semelhança do que foi realizado na China (LIU; CHEN; ZHANG, 2025).

A experiência internacional é inequívoca: a credibilidade de um mercado de carbono depende da solidez de seus dados. O fracasso europeu em estabelecer um MRV robusto desde o início resultou em um mercado disfuncional por quase uma década. O Brasil, ao desenhar o SBCE, tem a oportunidade de evitar esse erro. A construção de um sistema de MRV que una planos de monitoramento detalhados,

verificação independente, infraestrutura tecnológica integrada e um processo faseado com capacitação e supervisão contínua não é apenas uma recomendação técnica, mas uma condição indispensável para assegurar a integridade ambiental e o sucesso econômico do mercado brasileiro de carbono. Dessa forma, o país garantirá a confiança dos investidores, a efetividade do sistema para a descarbonização e o cumprimento de suas obrigações no âmbito do Acordo de Paris (ONU, 2015, art. 13).

3.3.2 Certificação de ativos (CBEs/CRVEs)

A integração de créditos de compensação (offsets) em sistemas de comércio de emissões é dimensão crítica do desenho de mercados de carbono, por afetar diretamente a integridade ambiental e a formação de preços. À luz da experiência chinesa — que suspendeu e reformulou o programa CCER para elevar o controle de qualidade e evitar excesso de oferta, sustenta-se que o Brasil deve adotar, no âmbito do SBCE, arranjo rigoroso para a certificação e a fungibilidade dos CRVEs. Propõe-se, para tanto, uma arquitetura apoiada em três pilares: (i) credenciamento criterioso de metodologias; (ii) limites percentuais estritos ao uso de CRVEs para conformidade; e (iii) salvaguardas robustas contra dupla contagem.

Em primeiro lugar, a qualidade e a credibilidade de um crédito decorrem da metodologia que lhe dá origem. Metodologias frágeis ou mal fiscalizadas tendem a gerar créditos não adicionais, não mensuráveis ou não permanentes, corroendo a efetividade do sistema (IETA, 2025; SILVEIRA; OLIVEIRA, 2021). A China ilustra esse risco: em 2017, suspendeu a aprovação de novos offsets (CCER) por problemas de conformidade e baixo dinamismo; ao relançar o programa, em 2024, restringiu o escopo a metodologias aprovadas em áreas estratégicas (reflorestamento, solar térmica, eólica offshore) e impôs critérios de autenticidade, adicionalidade, unicidade e conservadorismo (LIU; CHEN; ZHANG, 2025). No Brasil, a Lei nº 15.042/2024 já estabelece base normativa para o credenciamento de metodologias e para a exigência de integridade e prevenção de dupla contagem (arts. 25 e 44), devendo a regulamentação detalhar critérios alinhados ao Art. 6.4 do Acordo de Paris e às salvaguardas do ICVCM (ONU, 2015; IETA, 2025), com atenção específica aos desafios do mercado voluntário florestal nacional.

Em segundo lugar, a fungibilidade entre offsets (CRVEs) e permissões (CBEs) deve ser quantitativamente limitada. Sem um teto, a oferta de offsets — tipicamente mais baratos — pode deprimir o preço do carbono e reduzir o incentivo à descarbonização interna, deslocando o sistema do objetivo atmosférico (A-goal) para a mera minimização de custos privados (π -goal) (VERBRUGGEN; LAES; WOERDMAN, 2019). A China adotou regra clara: até 5% das emissões verificadas podem ser abatidas com CCERs (LIU; CHEN; ZHANG, 2025). No SBCE, a lei prevê que o PNA defina o limite máximo de uso de CRVEs para a conciliação de obrigações (art. 12, I). Recomenda-se, portanto, que o primeiro PNA fixe teto estrito e previsível — por exemplo, entre 5% e 10%, em linha com práticas internacionais — de modo a preservar o sinal de preço das CBEs, simultaneamente fomentando projetos de alta qualidade em setores não cobertos (IETA, 2025; VIEIRA et al., 2025).

Em terceiro lugar, a integridade contábil exige salvaguardas robustas contra dupla contagem, isto é, a proibição de que a mesma redução seja reivindicada por mais de uma entidade ou finalidade (ONU, 2015; BRASIL, 2024). O redesenho do CCER incorporou o princípio da “unicidade”, vedando a participação simultânea em regimes paralelos e ancorando a rastreabilidade em registro central (LIU; CHEN; ZHANG, 2025). No Brasil, o Registro Central do SBCE deve funcionar como “fonte única de verdade” para titularidade, transferências e cancelamentos, com transparência pública e interoperabilidade com programas jurisdicionais.

A lição de mercados maduros — notadamente China e UE — é inequívoca: a integração de offsets exige controle rigoroso de qualidade e quantidade. Para que os CRVEs reforcem, e não fragilizem, o SBCE, o Brasil deve (i) credenciar metodologias sob padrões de alta integridade internacional; (ii) fixar, no primeiro PNA, limite percentual claro e estrito ao uso de CRVEs; e (iii) implementar um Registro Central robusto e transparente. Desta forma, o país tende a consolidar um mercado crível, com preços consistentes, apto a atrair investimento de qualidade, catalisar inovação em setores não cobertos e contribuir de forma material para o cumprimento das metas climáticas nacionais e internacionais (BRASIL, 2024; IETA, 2025; VIEIRA et al., 2025).

3.4 Alocação e estabilidade de preços

3.4.1 Alocação gratuita e leilões

À luz da experiência EU ETS, é possível sustentar que o Brasil deve adotar um modelo híbrido de alocação de licenças, mas com uma transição programada e acelerada para o predomínio dos leilões, complementada pelo uso de *benchmarks* setoriais objetivos no PNA. Essa escolha de desenho institucional é decisiva para que o SBCE nasça robusto, evite distorções econômicas e garanta um sinal de preço eficaz para a descarbonização, em consonância com os objetivos do Acordo de Paris (ONU, 2015). A experiência europeia ilustra de maneira clara os riscos de uma dependência excessiva da alocação gratuita, sobretudo quando baseada em emissões históricas. Nas duas primeiras fases do EU ETS (2005–2012), a maioria das licenças foi distribuída gratuitamente por meio de Planos Nacionais de Alocação descentralizados (EUROPEAN COMMISSION, 2015). Esse arranjo produziu sérias distorções: de um lado, setores como o de energia repassaram aos consumidores o “custo de oportunidade” das licenças, mesmo quando as haviam recebido sem ônus, gerando lucros extraordinários e injustificados (EUROPEAN COMMISSION, 2015; VERBRUGGEN; LAES; WOERDMAN, 2019). De outro, a combinação entre excesso de alocação e a crise econômica de 2008 resultou em superávit de licenças e colapso dos preços, enfraquecendo o sinal econômico para investimentos em inovação e tecnologias de baixo carbono (SILVEIRA; OLIVEIRA, 2021; VERBRUGGEN; LAES; WOERDMAN, 2019).

Reconhecendo essas falhas, a União Europeia promoveu uma correção de rumo a partir da Fase III (2013–2020), quando o leilão se tornou o método padrão de alocação e a gratuidade passou a ser exceção. Para o setor de geração elétrica, a regra evoluiu para 100% de leilões, enquanto para setores industriais a alocação gratuita remanescente passou a ser condicionada a benchmarks baseados no desempenho médio dos 10% de instalações mais eficientes da União Europeia (EUROPEAN COMMISSION, 2015).

O Brasil tem, portanto, a oportunidade de desenhar o SBCE de forma a internalizar esses aprendizados desde sua criação. A Lei nº 15.042/2024 é acertada ao prever um modelo híbrido, com licenças distribuídas tanto de forma gratuita quanto onerosa, mas a transição para os leilões deve ser programada de forma mais ambiciosa e previsível. Nesse sentido, duas diretrizes são centrais.

Primeiro, a regulamentação deve estabelecer um cronograma público e juridicamente vinculante de redução gradual da alocação gratuita, priorizando a transição acelerada para o leilão, em especial no setor elétrico, cuja capacidade de repassar custos já foi evidenciada em outros contextos (VERBRUGGEN; LAES; WOERDMAN, 2019). Os leilões são não apenas o método mais eficiente e transparente, mas também uma fonte de receita que pode ser reinvestida em políticas de inovação e adaptação climática (EUROPEAN COMMISSION, 2015; BRASIL, 2024).

Segundo, quando a alocação gratuita for necessária, ela deve ser fundamentada exclusivamente em *benchmarks* setoriais objetivos, e não em dados históricos. O PNA deve explicitar critérios claros de desempenho (por exemplo, intensidade de emissões por tonelada de cimento ou aço), inspirando-se na prática europeia de utilizar como referência as instalações mais eficientes (EUROPEAN COMMISSION, 2015). Essa abordagem cumpre dupla função: recompensa os líderes tecnológicos, incentivando melhorias contínuas de eficiência, e protege seletivamente apenas os setores de fato expostos ao risco de “fuga de carbono” (carbon leakage), evitando subsídios desnecessários (VERBRUGGEN; LAES; WOERDMAN, 2019; IETA, 2025).

A experiência europeia mostra que a alocação gratuita excessiva enfraquece tanto a integridade ambiental quanto a eficácia econômica de um ETS. O Brasil tem a oportunidade de evitar esses erros desde o início, ao estruturar o SBCE sobre um modelo híbrido que privilegie progressivamente os leilões e condicione a alocação gratuita remanescente a *benchmarks* de excelência setorial. Esse arranjo cria um mercado mais justo, transparente e eficiente, fortalece o sinal de preço do carbono e garante que o sistema contribua efetivamente para o cumprimento das metas climáticas brasileiras, alinhando-se às melhores práticas internacionais.

3.4.2 Mecanismos anticíclicos

À luz da experiência do EU ETS, torna-se fundamental sustentar que o Brasil deve prever, já no primeiro PNA, a criação de uma “reserva de estabilidade” no âmbito do SBCE. A ausência de um mecanismo automático de ajuste revelou-se um dos principais pontos fracos das fases iniciais do mercado europeu, deixando-o vulnerável

a choques externos e resultando em preços persistentemente deprimidos, o que comprometeu sua eficácia. O Brasil tem, portanto, a oportunidade única de aprender com essa experiência e incorporar desde o início um instrumento de resiliência capaz de assegurar estabilidade, previsibilidade e integridade ambiental ao seu mercado de carbono.

A MSR instituiu um mecanismo automático e baseado em regras, ajustando a oferta de licenças de acordo com o excedente em circulação. Quando esse excedente ultrapassa 833 milhões de licenças, 12% são retirados dos volumes leiloados e alocados na reserva; quando cai abaixo de 400 milhões, 100 milhões de licenças são liberadas ao mercado. Tal arranjo aumentou a resiliência do sistema frente a choques de demanda e estabilizou o sinal de preço, tornando-o mais adequado para induzir reduções de emissões de forma custo-efetiva (EUROPEAN COMMISSION, 2015).

Esse histórico reforça a necessidade de o Brasil não repetir os erros europeus. A economia brasileira, como a de outros países emergentes, apresenta maior volatilidade, o que torna ainda mais arriscada a ausência de mecanismos automáticos de ajuste. Incorporar uma reserva de estabilidade já no primeiro PNA é uma medida preventiva essencial. A Lei nº 15.042/2024 fornece a base legal, ao prever um “mecanismo de estabilização de preços” e atribuir ao PNA a responsabilidade de sua operacionalização (BRASIL, 2024). Essa reserva permitiria retirar licenças em períodos de recessão, prevenindo o colapso dos preços, e reinseri-las em momentos de forte crescimento econômico, evitando aumentos excessivos. A recente experiência chinesa, marcada por problemas de acumulação de licenças e picos de preços devido à ausência de um instrumento similar, reforça a pertinência dessa medida (ZHANG; YU; KARPLUS, 2025).

Além disso, a previsibilidade gerada por uma reserva de estabilidade é essencial para atrair investimentos de longo prazo em tecnologias de baixo carbono. Um mercado sujeito a preços voláteis dificilmente induz decisões empresariais consistentes com a trajetória de descarbonização (VERBRUGGEN; LAES; WOERDMAN, 2019). Nesse sentido, o primeiro PNA deve sinalizar com clareza o compromisso do governo brasileiro com a manutenção da escassez e com a integridade ambiental do sistema, consolidando a confiança do setor privado.

Um mecanismo desse tipo é também uma garantia de eficácia ambiental. Preços persistentemente baixos enfraquecem o incentivo à redução de emissões e comprometem a capacidade do SBCE de cumprir sua função primária: a proteção da atmosfera em consonância com o Acordo de Paris (ONU, 2015; VERBRUGGEN; LAES; WOERDMAN, 2019). Ao evitar a formação de excedentes estruturais, a reserva assegura que o cap estabelecido no PNA se traduza em limites reais e eficazes de emissões.

Assim, a experiência europeia demonstrou que a ausência de mecanismos de estabilização pode comprometer por anos a credibilidade e a eficácia de um mercado de carbono. O Brasil tem a oportunidade de evitar essa curva de aprendizado dolorosa, instituindo desde o primeiro PNA regras claras para uma reserva de estabilidade. Tal medida consolidará a previsibilidade, garantirá a robustez do sinal de preço, atrairá investimentos estratégicos e assegurará a integridade ambiental do SBCE. Ao fazê-lo, o país não apenas fortalece sua governança climática doméstica, mas também se projeta como liderança pragmática e inovadora na arquitetura global de mercados de carbono.

3.5 Operação de mercado: vender, comprar e liquidar

3.5.1 Canais de negociação

Ao instituir o SBCE, o Brasil optou por adotar um modelo *cap-and-trade* que busca conciliar robustez ambiental, eficiência econômica e justiça social. A análise das experiências internacionais, especialmente a da China - que implementou sistema de bolsa única voltado inicialmente ao setor energético - e a da União Europeia - cujo mercado combina leilões com ampla negociação secundária - oferece lições fundamentais para o desenho do sistema brasileiro (ZHANG et al., 2025; VERBRUGGEN; LAES; WOERDMAN, 2019). A partir dessas referências, defende-se que o modelo ideal para o Brasil deve aproveitar a expertise institucional já consolidada no setor elétrico, utilizando a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) como operadora do mercado primário (leilões e negociações *spot*), enquanto a CVM deve ser responsável pela regulação do mercado secundário, garantindo a interoperabilidade entre o Registro Central do SBCE e o depositário de ativos financeiros.

O setor de energia desempenha papel estratégico no contexto do SBCE, tanto por seu peso nas emissões nacionais quanto por sua maturidade institucional. O sistema foi concebido sob um regime de controle de emissões, com a definição de um limite máximo de gases de efeito estufa, em alinhamento com os compromissos assumidos pelo Brasil no âmbito do Acordo de Paris (ONU, 2015; BRASIL, 2024; CVM, 2025; VIEIRA et al., 2025). Em 2023, os setores de energia e de processos industriais responderam, juntos, por 22% das emissões brutas do país — 420 MtCO₂e e 91 MtCO₂e, respectivamente, sendo o transporte o principal vetor de aumento (SEEG, 2024). Nesse contexto, a escolha de uma instituição com histórico consolidado na gestão de mercados energéticos, como a CCEE, apresenta-se como uma solução eficiente para a operacionalização da plataforma de negociação primária e spot das CBEs e dos CRVEs.

A experiência chinesa reforça essa abordagem. O ETS da China iniciou sua implementação com foco no setor de geração de energia, o maior emissor do país e aquele com maior disponibilidade de dados e de trajetórias de descarbonização consolidadas (ZHANG et al., 2025). Além disso, as empresas do setor energético chinês, muitas delas estatais, já possuíam experiência com mecanismos anteriores de negociação de emissões, como o MDL. O modelo chinês caracteriza-se também pela centralização das negociações em uma bolsa única (Shanghai Energy and Environment Exchange – SEEE), onde as transações *Over the Counter* (OTC) ou de balcão não são permitidas. Essa estrutura centralizada reduziu custos administrativos e facilitou a supervisão. De forma análoga, no Brasil, o aproveitamento da infraestrutura da CCEE, que já opera com mecanismos complexos de comercialização e liquidação de energia elétrica, pode reduzir significativamente os custos de transação e simplificar a implementação do SBCE, aproveitando o know-how técnico acumulado em gestão de commodities e liquidação de contratos (VIEIRA et al., 2025; ZHANG; YU; KARPLUS, 2025).

No âmbito do mercado secundário, a atuação da CVM é determinante para garantir transparência, integridade e segurança jurídica - pilares essenciais para a credibilidade do sistema. A Lei nº 15.042/2024 classifica os ativos integrantes do SBCE (CBEs e CRVEs), bem como os créditos de carbono voluntários, como valores

mobiliários quando negociados no mercado financeiro e de capitais, submetendo-os, portanto, ao regime da Lei nº 6.385/76 (BRASIL, 2024; CVM, 2025).

Assim, a CVM assume a função de regular, supervisionar e fiscalizar as negociações desses ativos, garantindo o cumprimento de normas de transparência e a prevenção de manipulações de mercado e práticas fraudulentas (CVM, 2025). A regulação de um mercado secundário eficiente também é essencial para promover liquidez e facilitar a formação de preços, condições fundamentais para atrair investimentos privados e assegurar a sustentabilidade financeira do sistema (IETA, 2025). Tal estrutura aproxima o Brasil do modelo europeu, onde o EU ETS conta com um mercado secundário dinâmico, com negociação de contratos spot, futuros e opções, permitindo que os participantes gerenciem riscos e custos de conformidade de maneira mais eficiente (VERBRUGGEN; LAES; WOERDMAN, 2019).

A integridade e a rastreabilidade dos ativos dependem da adequada interoperabilidade entre o Registro Central do SBCE e os sistemas financeiros de custódia e liquidação. O Acordo de Paris estabelece, entre seus princípios fundamentais, a transparência e a necessidade de evitar a dupla contagem de esforços de mitigação (ONU, 2015). Em consonância com esses preceitos, a legislação brasileira determina que apenas os ativos devidamente inscritos no Registro Central do SBCE terão validade legal (BRASIL, 2024). O órgão gestor é responsável por manter a contabilidade precisa da emissão, aquisição, transferência e cancelamento das CBEs e CRVEs, enquanto a CVM poderá exigir que esses ativos sejam custodiados em um depositário central. Essa estrutura dual permite combinar a função ambiental do registro — que garante a integridade das reduções de emissões — com a segurança financeira do mercado de capitais.

A Lei nº 15.042/2024 também estabelece que o órgão gestor do SBCE deve disciplinar a interoperabilidade entre o Registro Central e os registros dos escrituradores e depositários, assegurando que todas as transações financeiras sejam refletidas de forma precisa no sistema de conformidade ambiental, prevenindo a dupla contagem (BRASIL, 2024). Essa integração é especialmente relevante para os CRVEs que podem ser utilizados tanto para compensação de obrigações domésticas quanto para Transferências Internacionais de Resultados de Mitigação (ITMOs) (BRASIL, 2024; IETA, 2025).

Dessa forma, a combinação da CCEE como operadora do mercado primário, a regulação do mercado secundário pela CVM e a interoperabilidade entre o Registro Central e os depositários financeiros constitui uma arquitetura institucional sólida e eficiente para o SBCE. Esse arranjo permite ao Brasil unir a eficiência operacional e técnica de um setor consolidado — o energético — à transparência, segurança jurídica e credibilidade do mercado de capitais. Assim, o país se posiciona para construir um mercado de carbono robusto, líquido e confiável, capaz de mobilizar o investimento privado necessário para alcançar suas metas climáticas e consolidar sua liderança na transição para uma economia de baixo carbono (IETA, 2025).

5.5.2 Liquidação, custódia e registro

O SBCE, demanda o estabelecimento de um fluxo operacional sólido, transparente e integrado, capaz de garantir simultaneamente a integridade ambiental e a segurança jurídica e financeira do sistema (VIEIRA et al., 2025). Tal fluxo, que abrange desde o registro inicial dos ativos até sua conciliação periódica, deve ser desenhado à luz das melhores práticas internacionais, tomando como referência a experiência da União Europeia com o EU ETS e as diretrizes da International Emissions Trading Association (IETA, 2025).

O primeiro elemento fundamental desse fluxo é a conta no Registro Central do SBCE, que constitui o núcleo central e oficial de todo o sistema de comércio de emissões. A legislação determina que o órgão gestor será responsável pela manutenção dessa plataforma digital, a qual deve assegurar a contabilidade precisa da concessão, aquisição, detenção, transferência e cancelamento das CBEs e dos CRVEs. Além disso, o Registro Central deverá também rastrear as transações relacionadas às ITMOs (BRASIL, 2024). A função do Registro Central é, portanto, análoga à do Union Registry do EU ETS, que atua como uma fonte única e definitiva de verdade (*source of truth*) sobre os ativos de carbono, garantindo a rastreabilidade e prevenindo a dupla contagem (EUROPEAN COMMISSION, 2025).

O segundo componente do fluxo é a custódia em depositário central, responsável pela guarda e gerenciamento dos ativos financeiros. Considerando que as CBEs e os CRVEs são classificados como valores mobiliários quando negociados no mercado financeiro e de capitais, cabe à CVM regulamentar e fiscalizar suas

operações (BRASIL, 2024; CVM, 2025). A legislação autoriza a CVM a exigir que tais ativos sejam custodiados em um depositário central, medida essencial para assegurar a integridade do mercado e prevenir práticas fraudulentas ou manipulações. Essa estrutura coloca o SBCE em conformidade com os padrões de regulação financeira adotados em mercados de grande escala, reforçando a segurança e a confiança dos investidores (CVM, 2025).

Em sequência, a escrituração cumpre o papel de registrar a titularidade e as movimentações dos ativos de carbono. No contexto do SBCE, a escrituração poderá ser realizada por instituições financeiras devidamente autorizadas pela CVM (BRASIL, 2024). O escriturador será responsável pela averbação das transferências e dos ônus sobre os ativos, assegurando a precisão e a rastreabilidade das informações. Contudo, como o Registro Central é o sistema oficial de reconhecimento dos ativos, a legislação exige que o órgão gestor discipline a interoperabilidade entre os registros do escriturador e o Registro Central (BRASIL, 2024). Essa interoperabilidade é indispensável para garantir que o mercado financeiro (supervisionado pela CVM) e o sistema regulatório ambiental (gerido pelo órgão gestor) operem de forma coerente, transparente e sincronizada (IETA, 2025).

O Roteiro de Implementação do SBCE enfatiza a importância dessa integração no âmbito da área temática “Alocação, negociação e rastreamento de ativos”, estabelecendo que os sistemas de TI do depositário central e do Registro Central devem ser tecnicamente interoperáveis para assegurar consistência de dados e confiabilidade operacional (MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2024).

O quarto e último elemento do fluxo operacional é a conciliação periódica, que corresponde ao momento de cumprimento das obrigações ambientais dos operadores — o chamado *surrender* ou cancelamento de ativos. Trata-se do fechamento do ciclo de conformidade, em que cada operador deve comprovar que possui ativos (CBEs e/ou CRVEs) em quantidade equivalente às suas emissões líquidas verificadas durante o período de compromisso (BRASIL, 2024). O cancelamento, por sua vez, é uma função exclusiva do Registro Central, responsável por realizar a baixa definitiva dos ativos após a verificação do relato de conciliação, impedindo sua reutilização e, consequentemente, evitando a dupla contagem.

A transparência é um princípio essencial desse processo. A legislação exige que todos os operadores sujeitos a limites de emissão — isto é, aqueles com emissões anuais acima de 25.000 tCO₂e — submetam relatórios de conciliação periódica, que deverão ser públicos e rastreáveis no Registro Central (BRASIL, 2024). Essa publicidade assegura a credibilidade do sistema perante investidores, sociedade civil e organismos internacionais. Além disso, o não cumprimento das obrigações deve implicar penalidades rigorosas, com multas que podem alcançar até 4% do faturamento bruto da empresa infratora (BRASIL, 2024; VIEIRA et al., 2025). A aplicação firme de sanções e mecanismos de *enforcement* é essencial para preservar a integridade do sistema e segue as melhores práticas observadas em regimes como o EU ETS (IETA, 2025).

O fluxo ideal dos ativos no SBCE articula de forma integrada o rigor regulatório do órgão gestor com a eficiência e a segurança do mercado de capitais. O processo se estrutura em quatro etapas fundamentais:

- (1) A inscrição obrigatória das CBEs e CRVEs no Registro Central, sob responsabilidade do órgão gestor, que assegura o rastreamento e a validade ambiental dos ativos;
- (2) A custódia em depositário central supervisionado pela CVM, que garante a segurança e a liquidez dos ativos negociados;
- (3) A escrituração das transações e titularidades por instituições financeiras autorizadas, em regime de interoperabilidade com o Registro Central; e
- (4) A conciliação periódica, que culmina no cancelamento irreversível dos ativos utilizados para comprovar o cumprimento das metas de mitigação.

A efetividade desse fluxo depende, sobretudo, da implementação tempestiva de uma infraestrutura tecnológica robusta e da definição clara das regras de interoperabilidade entre os sistemas de registro e custódia. O sucesso do SBCE, portanto, repousa na harmonização entre governança ambiental e governança financeira — um desafio que, se bem executado, posicionará o Brasil entre os países com sistemas de comércio de emissões mais modernos, transparentes e confiáveis do mundo.

3.6 Integração internacional (ITMOs)

O debate sobre a Transferência Internacional de Resultados de Mitigação (ITMOs) e a interligação de mercados de carbono (*linking*) ocupa posição central na consolidação da integridade ambiental e da credibilidade do SBCE. O Acordo de Paris estabelece que a cooperação internacional para o uso de ITMOs deve ser voluntária e orientada pelos princípios do desenvolvimento sustentável, da integridade ambiental e, sobretudo, da prevenção da dupla contagem de reduções de emissões (ONU, 2015). A experiência de grandes sistemas de comércio, como o da União Europeia (EU ETS) e o mercado chinês, demonstra que a robustez e a confiança em tais mecanismos dependem diretamente da existência de procedimentos regulatórios claros para a autorização soberana e para a contabilidade precisa das transferências internacionais (LIU; CHEN; ZHANG, 2025; VERBRUGGEN; LAES; WOERDMAN, 2019). Diante disso, o Brasil, ao estruturar o SBCE, deve priorizar a criação de mecanismos detalhados e transparentes pelo órgão gestor, capazes de assegurar a credibilidade do sistema e a conformidade do país com o Artigo 6 do Acordo de Paris.

A autorização soberana é o primeiro pilar desse processo. O Acordo de Paris define que o uso de ITMOs para o cumprimento das NDCs é voluntário e depende da autorização expressa das Partes envolvidas (ONU, 2015). No caso brasileiro, a Lei nº 15.042/2024 estabelece que toda transferência internacional de resultados de mitigação deve ser formalmente autorizada pelo órgão competente designado pelo Estado brasileiro, mediante ajuste correspondente. A competência para definir as condições gerais dessa autorização é do CIM, cabendo ao órgão gestor do SBCE a regulamentação técnica e operacional dos procedimentos (BRASIL, 2024).

Com base nas experiências internacionais, observa-se que a ausência de regulamentações detalhadas pode comprometer tanto a integridade climática quanto a atratividade econômica do sistema. Assim, o órgão gestor brasileiro deve adotar procedimentos claros e objetivos de autorização de ITMOs, com dois objetivos fundamentais. Primeiro, garantir a integridade ambiental e a coerência com a trajetória climática nacional, assegurando que a participação do Brasil no mercado internacional de carbono preserve o cumprimento de suas metas de NDC e promova a custo-efetividade na implementação de projetos de mitigação. Segundo, reduzir a burocracia e aumentar a previsibilidade regulatória para investidores, de modo que as regras sobre papéis e responsabilidades entre o CIM e o órgão gestor sejam precisas e

operacionais. Tal clareza é essencial para evitar a criação de barreiras administrativas excessivas que possam desestimular a participação privada (IETA, 2025).

Outro elemento indispensável é a contabilidade precisa das transações e a aplicação das regras de correspondência. O Artigo 6 do Acordo de Paris impõe que cada transferência de resultados de mitigação entre países seja acompanhada de um ajuste contábil correspondente para garantir que nenhuma redução de emissões seja contabilizada mais de uma vez (ONU, 2015). A Lei nº 15.042/2024 prevê que o órgão gestor do SBCE será responsável por definir as regras de interligação com outros sistemas internacionais de comércio de emissões, assegurando a integridade ambiental e a eficiência econômica das operações (BRASIL, 2024).

Para que esse dispositivo legal se torne efetivo, é imperativo que o órgão gestor estabeleça normas específicas que contemplem dois aspectos essenciais. O primeiro são as regras de correspondência, que materializam o princípio da não dupla contagem. Tais regras devem detalhar como o Brasil realizará os ajustes contábeis correspondentes em suas NDCs, tanto para os ITMOs diretamente transferidos quanto para eventuais transações internas que possam vir a ser convertidas em ITMOs (BRASIL, 2024). Sem a definição de um método transparente e verificável de ajuste, a credibilidade internacional do SBCE ficaria comprometida. O segundo aspecto envolve os procedimentos de reconciliação no Registro Central do SBCE, uma vez que a rastreabilidade tecnológica é o único meio prático de garantir que as transferências internacionais sejam devidamente refletidas na contabilidade nacional.

A experiência do EU ETS oferece um exemplo de boa prática: o sistema europeu utiliza o European Union Transaction Log (EUTL), que valida cada transação e assegura que todas as transferências estejam em conformidade com as regras estabelecidas (VERBRUGGEN; LAES; WOERDMAN, 2019). De modo semelhante, o Brasil instituiu o Registro Central do SBCE com o propósito de registrar e rastrear tanto as transações domésticas quanto as internacionais envolvendo CBEs, CRVEs e ITMOs (BRASIL, 2024). Para cumprir integralmente esse papel, o Registro Central deve ser capaz de assegurar a contabilidade detalhada da concessão, aquisição, transferência e cancelamento dos ativos e de monitorar as transações CRVEs, de forma a manter a consistência entre as reduções declaradas e os compromissos internacionais assumidos pelo país.

Dessa forma, torna-se urgente que o órgão gestor do SBCE estabeleça procedimentos técnicos e operacionais para a reconciliação dos ITMOs dentro do Registro Central, convertendo as diretrizes legais de autorização e ajuste correspondente em etapas concretas de verificação e rastreamento. A criação de um registro central robusto, interligado com outros sistemas internacionais e dotado de critérios rigorosos de elegibilidade, é condição indispensável para assegurar a integridade do mercado brasileiro de carbono e sua credibilidade junto aos parceiros globais (IETA, 2025).

A operacionalização da transferência internacional de resultados de mitigação no âmbito do SBCE deve combinar soberania regulatória com rigor técnico e transparência. O Brasil possui a oportunidade de construir um modelo de governança exemplar, no qual a autorização formal, a contabilidade de ajustes correspondentes e a rastreabilidade digital formem um tripé de confiança. Esse arranjo permitirá que o país participe ativamente dos mecanismos de cooperação internacional previstos no Artigo 6 do Acordo de Paris, promovendo tanto a integridade ambiental quanto a competitividade econômica, e consolidando sua posição como um ator estratégico na governança climática global.

3.7 Impactos setoriais e competitividade

3.7.1 Setores impactados

A criação de um mercado regulado fundamentado no princípio do poluidor-pagador transfere o custo das externalidades negativas, representadas pelas emissões de GEE, para os próprios agentes econômicos responsáveis por gerá-las (VIEIRA et al., 2025). Tal processo, contudo, implica em redistribuição desigual de custos e benefícios entre os diferentes setores produtivos do país, uma vez que as estruturas de emissão, a intensidade energética e o potencial de adaptação variam significativamente entre as atividades econômicas.

Entre os setores mais vulneráveis ao impacto financeiro do SBCE, destacam-se três grupos principais. O primeiro é o setor de energia e transporte, que, embora opere em matriz elétrica predominantemente renovável (VIEIRA et al., 2025), registrou aumento expressivo no consumo de combustíveis fósseis. Em 2023, o transporte foi

responsável por 44% das emissões combinadas dos setores de Energia e Processos Industriais, enquanto o setor energético como um todo respondeu por 18% das emissões brutas nacionais (SEEG, 2024). Por esse motivo, ambos estão diretamente sujeitos ao cap do SBCE (CVM, 2025).

O segundo grupo compreende as indústrias intensivas em carbono, que incluem os segmentos de cimento, aço e produtos químicos. Esses setores constituem o núcleo tradicional dos sistemas *cap-and-trade* em todo o mundo e são alvo de mecanismos rigorosos como o *Carbon Border Adjustment Mechanism* (CBAM) da União Europeia (VIEIRA et al., 2025). No contexto brasileiro, as emissões de Processos Industriais e Uso de Produtos (PIUP) são fortemente influenciadas pela produção metalúrgica, pela indústria de cimento e pela indústria química (SEEG, 2024). Para esses agentes, o custo de conformidade advém da necessidade de adquirir CBEs ou CRVEs como forma de cumprimento das obrigações de conciliação periódica.

O terceiro grupo corresponde às agroindústrias, que, embora estejam em posição intermediária, também poderão ser impactadas. A produção agropecuária primária foi excluída da regulação direta; no entanto, as agroindústrias que excederem o limite de 25 mil tCO₂e anuais estarão sujeitas ao sistema de compensação e às novas exigências de monitoramento (BRASIL, 2024; VIEIRA et al., 2025).

Por outro lado, determinados segmentos econômicos poderão se beneficiar do SBCE, uma vez que o sistema tem potencial para atuar como catalisador de investimentos e como instrumento de geração de receitas em setores voltados à mitigação de GEE, transformando externalidades positivas em ativos financeiros negociáveis (CVM, 2025).

O setor florestal e o agropecuário de baixo carbono representam as áreas com maior potencial de ganhos. O Brasil detém ampla capacidade de geração de créditos de carbono, especialmente em razão da alta custo-efetividade associada às atividades de reflorestamento, recuperação de áreas degradadas e manejo sustentável (VIEIRA et al., 2025). Apesar das críticas à exclusão da agropecuária primária do regime regulado, produtores rurais podem participar voluntariamente do mercado por meio de práticas de sequestro de carbono. Em 2023, estimou-se que o país registrou uma

remoção líquida de 191,1 MtCO₂e considerando o carbono do solo (SEEG, 2024). Esses volumes podem ser convertidos em CRVEs e negociados com setores regulados, constituindo uma nova fonte de renda para o setor produtivo.

Além disso, o setor de energias renováveis e eficiência energética também tende a ser beneficiado, uma vez que o SBCE busca estimular inovações tecnológicas de baixo carbono (CVM, 2025). Empresas que já operam com alta eficiência energética ou com fontes renováveis partem de uma posição competitiva privilegiada. O próprio desenho institucional do sistema prevê que parte significativa dos recursos arrecadados seja direcionada ao desenvolvimento de tecnologias voltadas à redução e remoção de GEE, fortalecendo o papel do SBCE como instrumento de transição energética e de transformação estrutural da economia brasileira (BRASIL, 2024).

3.7.2 Medidas de mitigação

Para que o SBCE seja capaz de promover uma mitigação ambiciosa, alinhada aos objetivos do Acordo de Paris e à meta global de limitar o aquecimento a 1,5 °C, é imprescindível que o órgão gestor utilize com rigor técnico as ferramentas de desenho de mercado e garanta sua integração com a política industrial nacional. A estrutura regulatória do sistema deve, portanto, equilibrar integridade ambiental, viabilidade econômica e competitividade setorial, assegurando que a precificação do carbono atue como um estímulo à inovação e à transição produtiva de baixo carbono.

Em primeiro lugar, a adoção de *benchmarks* bem calibrados e de critérios estratégicos de alocação é uma condição essencial para a eficiência do SBCE. A Lei nº 15.042/2024 determina que o PNA considere fatores como desenvolvimento tecnológico, custos marginais de abatimento e ganhos históricos de eficiência na definição das CBEs (BRASIL, 2024). Essa diretriz indica uma abordagem baseada em *benchmarking*, na qual a alocação gratuita deve recompensar a eficiência e incentivar a inovação, em vez de perpetuar padrões históricos de emissões. Desse modo, é fundamental que o órgão gestor avance além de modelos de alocação baseados em emissões passadas e estabeleça *benchmarks* de intensidade de carbono bem estruturados, que sirvam como referência de desempenho setorial. Nesse contexto, a Taxonomia Sustentável Brasileira pode ser utilizada como um ponto de partida para a formulação de diretrizes técnicas de melhores práticas setoriais, preenchendo a

lacuna existente em relação a referenciais consolidados como o *Best Available Techniques* (BAT) da União Europeia (VIEIRA et al., 2025). A clareza e a previsibilidade das regras de alocação são, portanto, elementos centrais para assegurar o equilíbrio entre integridade ambiental, competitividade industrial e estabilidade regulatória (IETA, 2025).

Em segundo lugar, é necessário que a transição para leilões e mecanismos de estabilização de preços ocorra de maneira gradual e estruturada. O processo de implementação do SBCE prevê uma evolução progressiva: a Fase IV contempla a distribuição gratuita de CBEs, enquanto a Fase V introduz a operação plena do sistema com o primeiro leilão de licenças (BRASIL, 2024; MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2024). Essa transição, no entanto, deve ser conduzida com cautela, de modo a evitar os erros observados em mercados anteriores, como o excesso de alocação ocorrido nas fases iniciais do EU ETS, que resultou na desvalorização dos créditos e na perda de efetividade ambiental (VERBRUGGEN et al., 2019; SILVEIRA; OLIVEIRA, 2021).

O PNA deve, desde sua concepção, estabelecer trajetórias claras para os limites de emissão não apenas para o período vigente, mas também para os dois ciclos subsequentes, promovendo previsibilidade e estabilidade para os agentes regulados (BRASIL, 2024). Além disso, a Lei confere ao órgão gestor a competência de definir e implementar mecanismos de estabilização de preços das CBEs, sendo essencial que essa regulamentação seja robusta, transparente e baseada em parâmetros técnicos sólidos. Ferramentas de estabilização adequadas — como reservas estratégicas de licenças ou mecanismos automáticos de ajuste de oferta — são fundamentais para mitigar oscilações excessivas de preços e garantir que o SBCE mantenha um sinal econômico consistente em favor da redução e remoção de emissões (MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2024).

É indispensável que o SBCE seja compreendido não apenas como uma política de precificação de carbono, mas como um instrumento de política industrial e de fomento à inovação. O órgão gestor tem competência para propor medidas que assegurem a competitividade dos setores regulados diante da concorrência internacional, entre elas a investigação e eventual adoção de um CBAM (BRASIL, 2024). A implementação proativa desse instrumento é estratégica para prevenir o

vazamento de carbono e evitar que a indústria brasileira regulada seja prejudicada por produtos importados de países com menor rigor climático (VIEIRA et al., 2025).

Além disso, a Lei estabelece que, no mínimo, 75% dos recursos arrecadados pelo SBCE devem ser destinados ao Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (BRASIL, 2024). A aplicação desses recursos deve priorizar o apoio a projetos de inovação tecnológica de baixo carbono e à implantação de novas tecnologias de descarbonização nos setores regulados. Para tanto, é fundamental que o regulamento defina critérios objetivos e eficientes de alocação, garantindo transparência e celeridade nos processos. A ausência de diretrizes claras poderia comprometer o potencial transformador do fundo e dificultar o planejamento de investimentos estratégicos por parte dos agentes regulados (IETA, 2025).

A ambição climática do SBCE dependerá de um conjunto integrado de ações: o estabelecimento de *benchmarks* tecnicamente consistentes, a transição responsável para leilões acompanhada de mecanismos de estabilização de preços e a coordenação entre o mercado de carbono e a política industrial brasileira. Esses elementos, articulados sob uma governança robusta, são determinantes para que o Brasil consolide um sistema de comércio de emissões que una integridade ambiental, eficiência econômica e desenvolvimento tecnológico sustentável.

4 CONCLUSÃO

O presente trabalho buscou analisar a estrutura, os desafios e as oportunidades associadas à implementação do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE), instituído pela Lei nº 15.042/2024. A partir da análise comparada com os modelos da União Europeia e da China, procurou-se compreender de que forma o Brasil pode adaptar as melhores práticas internacionais à sua realidade institucional e produtiva, consolidando um mercado de carbono eficiente, transparente e de alta integridade ambiental. Ao longo do estudo, foram abordadas as dimensões regulatória, econômica e técnica do SBCE, com ênfase em seu desenho de governança, nos mecanismos de alocação de cotas e no sistema de mensuração, relato e verificação (MRV).

Constatou-se que o Brasil avança em um contexto favorável. O país reúne vantagens comparativas importantes: matriz elétrica majoritariamente renovável, vasto potencial em soluções baseadas na natureza e histórico de participação em mecanismos internacionais de mitigação, como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). No entanto, também enfrenta desafios institucionais e regulatórios que exigem coordenação, previsibilidade e estabilidade política. Assim, a consolidação do SBCE depende menos da criação de novas normas e mais da implementação efetiva das estruturas e dos instrumentos já previstos, com base em governança autônoma, segurança jurídica e transparência informacional.

A análise do arcabouço normativo revelou que o SBCE foi concebido em consonância com os princípios internacionais de integridade ambiental e eficiência econômica. O modelo jurídico brasileiro, ao adotar o formato de cap-and-trade, alinha-se ao paradigma de precificação de carbono mais difundido no mundo, equilibrando incentivos de mercado e regulação pública. Entretanto, como demonstrado pela experiência europeia e chinesa, o êxito desse tipo de sistema depende da consistência técnica e da credibilidade institucional. O Brasil terá de enfrentar, portanto, o desafio de estruturar uma governança capaz de resistir às pressões políticas e econômicas de curto prazo, ao mesmo tempo que oferece previsibilidade aos agentes regulados e investidores.

A contribuição central deste trabalho consiste em propor um modelo de implementação estratégica do SBCE que vá além da mera transposição de modelos estrangeiros, privilegiando a construção de uma arquitetura institucional adaptada à realidade brasileira. Diferentemente da literatura que enfatiza a importação de padrões internacionais, argumenta-se aqui que o sucesso do sistema dependerá da consolidação de três eixos estruturantes nacionais: a autonomia técnica e financeira do órgão gestor; a credibilidade do sistema de mensuração e verificação; e o alinhamento entre política climática e política industrial.

O primeiro eixo, governança autônoma e previsível, é apontado como condição indispensável para a eficácia do sistema. Propõe-se que o órgão gestor do SBCE seja dotado de independência técnica e financeira, com corpo permanente de especialistas, protegendo-o de ciclos políticos e garantindo continuidade regulatória. A estabilidade institucional, além de preservar a coerência normativa, é o elemento que confere credibilidade ao mercado e segurança aos agentes econômicos. Essa recomendação autoral decorre da constatação de que a alternância de governos e prioridades tem sido, historicamente, um dos maiores entraves à consolidação de políticas ambientais no Brasil.

O segundo eixo, infraestrutura digital e transparência informacional, reflete a defesa de um sistema de MRV concebido como instrumento de governança e não apenas de controle. Propõe-se a criação de uma plataforma digital nacional integrada ao Registro Central do SBCE, que permita rastrear, em tempo real, dados de emissões, transações e cancelamentos de créditos. Essa leitura amplia o conceito de MRV para além da conformidade legal, transformando-o em infraestrutura tecnológica de credibilidade ambiental. Tal abordagem aproxima o Brasil das práticas mais avançadas do mundo, como o EU Transaction Log europeu e o sistema chinês de monitoramento digital centralizado.

O terceiro eixo, integração entre regulação e política industrial verde, constitui uma das inovações interpretativas deste estudo. Argumenta-se que o Plano Nacional de Alocação (PNA), tradicionalmente tratado como instrumento técnico de controle de emissões, deve ser reposicionado como ferramenta estratégica de política econômica. Ao definir metas graduais e previsíveis, o PNA pode orientar investimentos e impulsionar inovação tecnológica, transformando a redução de emissões em vetor de

competitividade. Essa leitura amplia o papel do SBCE para além da mitigação climática, convertendo-o em um mecanismo de reindustrialização sustentável e de atração de investimentos verdes.

Com base nessa análise, o trabalho defende um conjunto de medidas capazes de fortalecer a credibilidade, a estabilidade e a justiça climática do SBCE.

A primeira é o fortalecimento da autonomia do Órgão Gestor, com um estatuto institucional que assegure independência técnica, funcional e financeira, garantindo previsibilidade de longo prazo e continuidade regulatória.

Defende-se, ainda, a adoção de um planejamento regulatório estável, com revisões periódicas e divulgação antecipada das metas e parâmetros definidos pelo Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM). Essa prática permitirá que o setor privado planeje investimentos e estratégias de mitigação com segurança, reduzindo a incerteza regulatória.

Outra medida essencial consiste na incorporação de critérios de eficiência setorial e de mecanismos de estabilidade de mercado, inspirados na experiência europeia. A adoção de benchmarks de desempenho e a criação de instrumentos automáticos de correção de oferta e demanda, semelhantes à Market Stability Reserve, ajudarão a reduzir a volatilidade de preços e a preservar o sinal econômico de longo prazo do carbono.

É igualmente fundamental consolidar o Registro Central do SBCE como uma plataforma pública de dados abertos, garantindo rastreabilidade das emissões e das transações, além de ampliar o controle social e a confiança do mercado. Transparência e acesso à informação são condições indispensáveis para a integridade ambiental e a credibilidade internacional do sistema.

Por fim, propõe-se a criação de um fundo de inovação e justiça climática, financiado com parte das receitas de leilões e penalidades, destinado a apoiar projetos de compensação, reflorestamento e desenvolvimento sustentável em comunidades tradicionais, povos indígenas e produtores rurais. Tal medida reforça o caráter inclusivo e distributivo do SBCE, transformando-o em instrumento de promoção da equidade e da transição justa.

A consolidação do SBCE tem o potencial de posicionar o Brasil como referência latino-americana em governança climática. O sistema, se implementado com integridade e previsibilidade, poderá gerar não apenas resultados ambientais mensuráveis, mas também impactos positivos sobre inovação, competitividade e credibilidade internacional. O país poderá ocupar papel de liderança na integração de mercados de carbono, participando ativamente de mecanismos de cooperação sob o Artigo 6 do Acordo de Paris.

Entretanto, a efetividade desse processo depende de escolhas institucionais que ainda estão em aberto. A governança do SBCE precisa ser construída com base em participação social, transparência e estabilidade, evitando a fragmentação e o excesso de burocracia. A experiência internacional demonstra que os mercados de carbono não fracassam por falta de intenção política, mas por ausência de clareza, coordenação e confiança.

Conclui-se, portanto, que o SBCE deve ser entendido como um laboratório de governança ambiental e econômica, cujo sucesso dependerá da capacidade do Brasil de integrar ambição climática, estabilidade institucional e equidade social. A combinação entre governança independente, infraestrutura tecnológica robusta, regras claras de alocação e mecanismos de correção de mercado permitirá que o país transforme a regulação de emissões em instrumento de inovação e desenvolvimento.

Se implementado de forma técnica, transparente e gradual, o SBCE poderá desempenhar papel estratégico não apenas como ferramenta de mitigação, mas como motor da nova economia de baixo carbono, consolidando o Brasil como protagonista global na agenda climática e referência em integridade ambiental, eficiência econômica e justiça climática.

5 REFERÊNCIAS

AMBROSE, J. Coal use to reach new peak – and remain at near-record levels for years. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/business/2024/dec/18/coal-use-to-reach-new-peak-and-remain-at-near-record-levels-for-years>>.

Annual CO₂ emissions. Disponível em: <<https://ourworldindata.org/grapher/annual-co2-emissions-per-country>>. Acesso em: 29 out. 2025.

BBC NEWS. Donald Trump signs order to withdraw US from Paris climate deal. Londres: BBC, 20 jan. 2025. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/world-us-canada>. Acesso em: 1 out. 2025.

BRASIL. Lei nº 15.042, de 11 de dezembro de 2024. Institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 dez. 2024. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/norma/39923461>

BRASIL. Lei nº 15.042, de 11 de dezembro de 2024. Institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE); e altera as Leis nºs 12.187, de 29 de dezembro de 2009, 12.651, de 25 de maio de 2012 (Código Florestal), 6.385, de 7 de dezembro de 1976 (Lei da Comissão de Valores Mobiliários), e 6.015, de 31 de dezembro de 1973 (Lei de Registros Públicos). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 dez. 2024.

Carbon markets are going global. Disponível em: <<https://www.economist.com/finance-and-economics/2022/05/26/carbon-markets-are-going-global>>.

Carbon price viewer. Disponível em: <<https://sandbag.be/carbon-price-viewer/>>. Acesso em: 02 set. 2025.

COMISSÃO EUROPEIA. Diretoria Geral de Energia, Mudanças Climáticas e Meio Ambiente. Factsheet: EU Emissions Trading System. Bruxelas: Comissão Europeia, 2016. [PDF]. Disponível em: https://climate.ec.europa.eu/document/download/5dee0b48-a38f-4d10-bf1a-14d0c1d6febd_en?filename=factsheet_ets_en.pdf. Acesso em: 12 jul. 2025.

Cumulative CO₂ emissions. Disponível em: <<https://ourworldindata.org/grapher/cumulative-co-emissions>>. Acesso em: 29 out. 2025

CVM. FAQ – Mercado Regulado de Carbono. Rio de Janeiro: Comissão de Valores Mobiliários, set. 2025.

EUROPEAN COMMISSION. *Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM)*. Brussels: European Commission, 2025. Disponível em: https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en. Acesso em: 2 set. 2025.

EUROPEAN COMMISSION. *EU ETS Handbook*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2015. Disponível em: http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm. Acesso em: 2 set. 2025.

EUROPEAN COMMISSION. *Market Stability Reserve*. Brussels: European Commission, 2025. Disponível em: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/market-stability-reserve_en. Acesso em: 2 set. 2025.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA). *Trends and projections in Europe 2024*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2024. 66 p. (EEA Report 11/2024). ISBN 978-92-9480-685-7. DOI: <https://doi.org/10.2800/7574066>. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/publications/trends-and-projections-in-europe-2024>. Acesso em: 2 set. 2025.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *World Energy Outlook 2024*. Paris: IEA, 2024.

IETA. *Leveraging Brazil's Carbon Market: SBCE - Discussion Paper*. [S. l.]: International Emissions Trading Association, jul. 2025.

Instrument detail. Disponível em: <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/compliance/instrument-detail>. Acesso em: 29 out. 2025.

INTERNATIONAL CARBON ACTION PARTNERSHIP (ICAP). *China National ETS*. Berlin: ICAP, 2024. (ICAP ETS Map Factsheet, n. 55). Acesso em: 2 set. 2025.

LIU, Hongming; CHEN, Zhibin; ZHANG, Xin. *China's carbon emission trading system: past, present, and future*. Beijing: Environmental Defense Fund (EDF), jul. 2025. Acesso em: 2 set. 2025.

MINISTÉRIO DA FAZENDA. *Roteiro de Implementação do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa - SBCE*. Brasília, DF: Ministério da Fazenda, dez. 2024.

ONU. *Acordo de Paris*. [S. l.]: Organização das Nações Unidas, 2015.

RITCHIE, Hannah. *Who has contributed most to global CO2 emissions? Our World in Data*, 2019. Disponível em: <https://ourworldindata.org/contributed-most-global-co2>

SEEG. *Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. Análise das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil (1970-2023)*. Observatório do Clima, 2024

SILVEIRA, Caroline Soares da; OLIVEIRA, Letícia de. *Análise do mercado de carbono no Brasil: histórico e desenvolvimento*. Novos Cadernos NAEA, v. 24, n. 3, p. 11-31, set./dez. 2021. ISSN 1516-6481 / 2179-7536. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/11416>. Acesso em: 2 set. 2025.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). *Kyoto Protocol reference manual on accounting of emissions and*

assigned amount. Bonn: UNFCCC Secretariat, 2008. Disponível em: <https://UNFCCC.int>. Acesso em: 2 set. 2025.

VIEIRA, Adriana Carvalho Pinto; GARCIA, Junior Ruiz; VIEIRA, Carine de Almeida; RUTHES, Sidarta; WILDAUER, Laila Del Bem Seleme; SOUZA, Marília de. O mercado regulado de carbono no Brasil. *Estudos Avançados*, v. 39, n. 114, e39114141, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.202539114.009>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/219928>. Acesso em: 2 set. 2025.

ZHANG, Xiliang; YU, Runxin; KARPLUS, Valerie J. The development of China's national carbon market: An overview. *Energy and Climate Management*, v. 1, n. 2, p. 9400015, 2025. DOI: <https://doi.org/10.26599/ECM.2025.9400015>. Acesso em: 2 set. 2025.