

GESEL

Grupo de Estudos do Setor Elétrico

UFRJ

Uma Análise ex ante do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa como instrumento econômico para Transição Energética

Cristina da Silva Rosa
Nivalde de Castro

TDSE

Texto de Discussão do Setor Elétrico

Nº 139

Abril de 2025
Rio de Janeiro

TDSE

Texto de Discussão do Setor Elétrico N° 139

**Uma Análise *ex ante* do Sistema Brasileiro de Comércio de
Emissões de Gases de Efeito Estufa como instrumento
econômico para Transição Energética**

Cristina da Silva Rosa
Nivalde de Castro

ISBN: 978-85-7197-027-4

Abril de 2025

Sumário

Introdução.....	3
1 - O Mercado Regulado de Carbono	6
1.1 Referencial Teórico Econômico e Ambiental	6
1.2 Panorama e Histórico Global.....	9
1.2.1 A Evolução dos Mercados Regulados de Carbono	10
1.2.2 A Expansão dos Mercados Regulados de Carbono em Países em Desenvolvimento	12
1.3 Determinantes da Adoção por Países em Desenvolvimento.....	14
1.3.1 Determinantes Econômicos	14
1.3.2 Determinantes Ambientais	15
2 - Estudo de Caso do SBCE no Brasil.....	17
2.1 Processo Legislativo.....	17
2.2 Principais Características do SBCE.....	20
2.3 Lições Aprendidas com o SBCE.....	22
3 - Considerações Finais	26
Bibliografia	29

Introdução

A intensificação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) representa um dos principais desafios ambientais contemporâneos, tornando a descarbonização um eixo central das estratégias de mitigação climática (Scovazzi, 2021; Hamid *et al.*, 2022). A transição energética, baseada na substituição de fontes fósseis por alternativas de baixo carbono e na modernização da infraestrutura produtiva e energética, é fundamental para minimizar os impactos das mudanças climáticas. Para viabilizar essa transformação, diversos países vêm adotando políticas públicas voltadas à eficiência energética, à expansão de fontes renováveis e à precificação do carbono (ADB, 2022; Widuto, 2023).

A precificação do carbono emergiu como um instrumento essencial para a internalização dos custos ambientais das emissões, incentivando a redução da pegada de carbono no setor produtivo (Buckley, 1991; Young; Lustosa, 2020; Perman *et al.*, 2010). Entre os mecanismos existentes, os mercados regulados de carbono se destacam por estabelecer um limite máximo de emissões e criar um sistema de negociação que direciona recursos para atividades menos poluentes. Desde o Protocolo de Quioto (1997) e, posteriormente, o Acordo de Paris (2016), a implementação destes mercados tem sido uma estratégia central para diversos países na busca pela transição energética (Scovazzi, 2021).

Embora historicamente concentrados em economias desenvolvidas, os mercados de carbono vêm ganhando relevância em países emergentes, como Índia, Indonésia, África do Sul, Vietnã, México e Brasil (World Bank Group, 2024). Estes países buscam não apenas contribuir para os compromissos climáticos globais, mas também explorar benefícios econômicos, como a exportação de créditos de carbono e a atração de investimentos em inovação tecnológica.

No cenário latino-americano, México e Brasil avançam na construção de seus mercados regulados de carbono, ainda que em estágios distintos. Enquanto o México conduz um projeto-piloto com desafios para sua consolidação nacional, o Brasil tem se destacado pelo avanço legislativo com a criação do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de GEE (SBCE), instituído pela Lei nº 15.042/2024.

Previsto para ser implementado em cinco fases até 2029, o SBCE reflete uma articulação política robusta e um detalhamento normativo que o posicionam como referência para outras economias emergentes.

Apesar dos avanços na legislação no Brasil, a literatura disponível neste tema frequentemente se concentra em aspectos isolados do processo legislativo ou na análise de marcos regulatórios anteriores à criação do SBCE, deixando uma lacuna na compreensão integrada do texto final e de suas implicações econômicas, políticas e sociais. Superar esta lacuna é fundamental para avaliar o potencial do SBCE como instrumento de gestão ambiental, identificar desafios operacionais e explorar oportunidades estratégicas no combate às mudanças climáticas.

Assim, tendo em vista o cunho recente da instituição do SBCE, é essencial uma análise *ex ante* da operacionalização deste sistema no Brasil, considerando os fatores políticos, econômicos e institucionais que moldaram sua estrutura. Tal abordagem permite não apenas compreender os desafios e negociações que viabilizaram sua criação, mas também extrair lições aplicáveis a outras economias emergentes interessadas na formulação dos seus próprios mercados regulados de carbono.

Diante desse panorama, este estudo tem como objetivo analisar a viabilidade da implementação de mercados regulados de carbono como instrumentos econômicos para a transição energética em países em desenvolvimento, tendo o SBCE como estudo de caso. Especificamente, busca-se:

- i. Explorar o papel dos mercados regulados de carbono na promoção de políticas ambientais e da transição energética, com ênfase em seu potencial para países em desenvolvimento;
- ii. Investigar a evolução do debate e os marcos históricos que culminaram na criação do SBCE no Brasil; e
- iii. Avaliar as lições decorrentes do caso brasileiro para futuras implementações e formulações de mercados regulados de carbono em economias emergentes.

Este estudo seguirá uma abordagem qualitativa, fundamentada em uma pesquisa documental e no estudo de caso do SBCE. A pesquisa documental incluirá a análise de fontes diversas, como notícias, artigos acadêmicos, legislações e relatórios de entidades governamentais, buscando capturar a evolução histórica, as características estruturais e os principais aspectos normativos do SBCE. O estudo de caso permitirá um exame aprofundado e contextualizado do SBCE, abordando os desafios e oportunidades específicos da sua implementação e consolidando uma análise de suas implicações e lições para futuros mercados regulados de carbono em países em desenvolvimento.

Para alcançar estes objetivos, o artigo está estruturado em três capítulos, além desta introdução. O Capítulo 1 apresenta uma contextualização sobre o tema dos mercados regulados de carbono, abrangendo o enquadramento teórico, a evolução histórica em âmbito global e os determinantes para a sua adoção em países em desenvolvimento. O Capítulo 2 expõe os resultados do estudo de caso brasileiro, detalhando os processos e as características do SBCE, bem como discutindo as lições extraídas da sua instituição. Por fim, o Capítulo 3 é dedicado às considerações finais.

1 - O Mercado Regulado de Carbono

Para compreender a interrelação entre o mercado regulado de carbono e as políticas ambientais, além de seu papel como instrumento econômico na transição energética, este capítulo apresenta uma breve contextualização do tema. Inicialmente, discute-se o surgimento do mercado regulado de carbono na teoria da economia ambiental, enfatizando sua função na redução das emissões de GEE e na promoção da descarbonização. Em seguida, analisa-se o panorama global deste mercado, abordando sua evolução histórica e o momento em que os países desenvolvidos passaram a demonstrar interesse em sua adoção. Por fim, investiga-se os motivos que levam os países em desenvolvimento a aderir a este sistema, considerando os determinantes econômicos e ambientais que fundamentam a sua implementação.

1.1 Referencial Teórico Econômico e Ambiental

A economia ambiental consolidou-se como um campo de estudo sistemático a partir da segunda metade do Século XX, impulsionada pela crescente preocupação com os impactos ambientais decorrentes do modelo de desenvolvimento industrial. Seu arcabouço teórico fundamenta-se no conceito econômico de externalidade, originalmente desenvolvido por Pigou (1920), que descreve como determinadas atividades econômicas podem gerar efeitos sobre o bem-estar de agentes externos à transação de mercado. Estes efeitos podem resultar em custos ou benefícios que não são refletidos naturalmente nos preços de mercado.

Assim, as externalidades configuram falhas de mercado, pois os preços praticados não incorporam integralmente os custos ou benefícios sociais. Isso pode levar a uma alocação ineficiente dos recursos, comprometendo o equilíbrio econômico e ambiental (Pigou, 1920; Baumol; Oates, 1971). Para mitigar essas falhas, a economia ambiental se dedica à análise dos impactos econômicos da degradação ambiental e ao desenvolvimento de instrumentos voltados para sua correção (Baumol; Oates, 1971; Pearce; Turner, 1990).

Nesse contexto, a economia ambiental se preocupa com a internalização das externalidades por meio da implementação de mecanismos que incentivem os agentes econômicos a considerar os custos ou benefícios externos em suas decisões.

Esse processo visa promover uma alocação mais eficiente dos recursos, garantindo que aqueles responsáveis por impactos ambientais negativos assumam os custos sociais correspondentes (Pigou, 1920; Tietenberg; Lewis, 2018).

Ao alinhar os interesses privados ao bem-estar coletivo, esses mecanismos incentivam práticas produtivas mais sustentáveis (Baumol; Oates, 1971; Pearce; Turner, 1990).

Com base nisso, no campo da economia ambiental, se destacam duas vertentes teóricas principais, quais sejam, a abordagem institucionalista e a abordagem neoclássica. A primeira enfatiza o papel das regulações estatais e das instituições na governança ambiental, enquanto a segunda se fundamenta na internalização dos custos ambientais por meio de instrumentos econômicos ou de mercado (Baumol; Oates, 1988; Ostrom, 1990; Young; Lustosa, 2020; Tietenberg; Lewis, 2018).

A abordagem institucionalista preconiza o uso de instrumentos regulatórios de comando e controle, que se baseiam na imposição de padrões de emissão, restrições tecnológicas e penalidades para os agentes que descumprirem as normas ambientais (Baumol; Oates, 1988; Vatn, 2005). Essas políticas representam uma forma tradicional de regulação ambiental e são amplamente utilizadas por governos para garantir a conformidade com padrões ambientais estabelecidos (Baumol; Oates, 1988; Tietenberg; Lewis, 2018; Vatn, 2005).

Por outro lado, a abordagem neoclássica destaca os instrumentos econômicos como alternativas mais eficientes em relação aos mecanismos tradicionais de comando e controle (Baumol; Oates, 1988). Argumenta-se que as políticas regulatórias convencionais enfrentam desafios estruturais, como a limitada capacidade de monitoramento e fiscalização, especialmente em países em desenvolvimento (Young; Lustosa, 2020; Perman, 2010; Tietenberg, 2006).

Nesta conjuntura, a lógica dos instrumentos econômicos reside na internalização das externalidades ambientais, incorporando os custos sociais das ações prejudiciais, como as emissões de GEE, aos preços de mercado (Young; Lustosa, 2020; Perman,

2010; Buckley, 1991). Dessa forma, atividades prejudiciais ao meio ambiente tornam-se economicamente menos atrativas, incentivando práticas mais sustentáveis (Young; Lustosa, 2020). Exemplos de instrumentos econômicos eficazes incluem a tributação ambiental, os sistemas de certificados negociáveis e os pagamentos por serviços ambientais (Young; Lustosa, 2020; Perman *et al.*, 2010).

Dentre as diversas possibilidades de instrumentos econômicos aplicados à economia ambiental, destacam-se os sistemas de certificados negociáveis, especialmente em relação à política econômico-ambiental recente (Baumol; Oates, 1988). Esses sistemas têm se mostrado eficazes e flexíveis na redução das emissões de GEE, alinhando-se à agenda global de transição energética. O sistema de certificados negociáveis cria mercados que limitam as emissões permitidas e possibilitam que os agentes econômicos negociem os direitos de emissão entre si (Young; Lustosa, 2020; Perman, 2010; Buckley, 1991).

Nesse modelo, as empresas capazes de reduzir suas emissões a custos mais baixos podem vender créditos excedentes para aquelas que enfrentam custos mais altos, promovendo a busca por soluções tecnológicas mais eficientes e sustentáveis (Young; Lustosa, 2020). Ao precificar as emissões, estes sistemas não apenas incentivam a sustentabilidade, como também integram as questões ambientais às decisões estratégicas de produção. Além disso, esse mecanismo proporciona flexibilidade às empresas na adaptação às exigências ambientais, permitindo que ajustem suas estratégias de mitigação de emissões de acordo com suas capacidades tecnológicas e financeiras (Baumol; Oates, 1988).

Nas políticas econômico-ambientais contemporâneas, os sistemas de certificados negociáveis de emissões, defendidos na teoria de economia ambiental de corrente neoclássica, são amplamente conhecidos como mercados de carbono, um sistema voltado à redução de emissões de GEE por meio da negociação de créditos de carbono (Perman *et al.*, 2010). Este mercado opera sob dois regimes principais, o regulado e o voluntário. O regime regulado, estabelecido por governos, impõe metas obrigatórias a setores específicos, exigindo que as empresas limitem suas emissões dentro de um teto predefinido, sob o risco de sanções (Vercillo, 2023).

O regime voluntário, por sua vez, baseia-se em compromissos espontâneos ou na antecipação de futuras regulações, permitindo que organizações reduzam suas emissões e comercializem créditos de carbono (Vercillo, 2023).

Ambos os regimes desempenham um papel crucial na transição para uma economia de baixo carbono, incentivando práticas produtivas mais sustentáveis e a adoção de tecnologias limpas (Buckley, 1991). No entanto, enquanto os mercados voluntários de carbono estão mais disseminados globalmente, proporcionando flexibilidade para empresas e organizações que buscam reduzir suas emissões de forma espontânea, os mercados regulados permanecem concentrados em algumas regiões e países, como União Europeia, Estados Unidos e China (Vercillo, 2023).

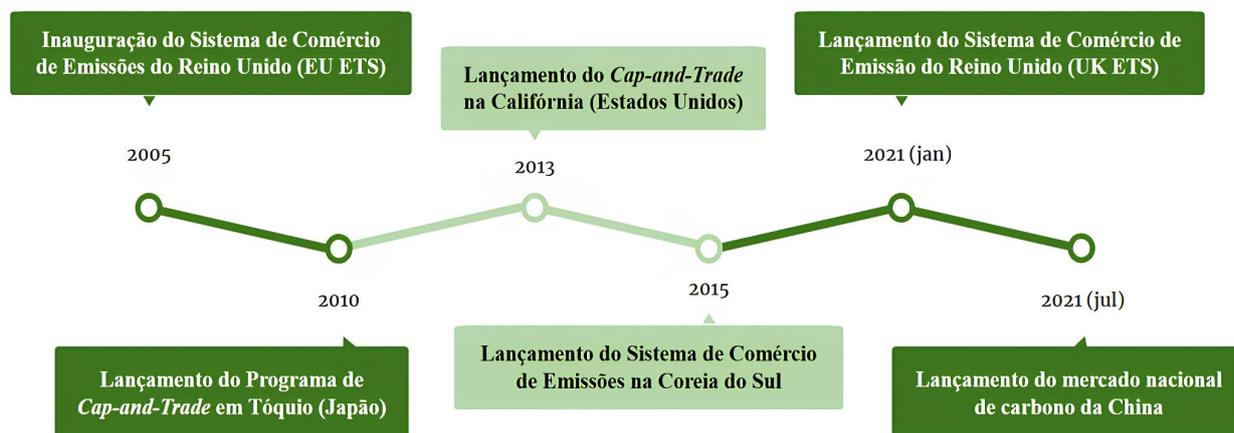
Apesar disto, devido ao sucesso dos mercados regulados na redução de emissões e na criação de incentivos econômicos eficazes, sua expansão tem sido amplamente projetada, debatida e defendida por formuladores de políticas e especialistas econômicos e ambientais. Esse apoio objetiva a consolidação de uma governança global mais estruturada para a precificação do carbono (Perman *et al.*, 2010).

1.2 Panorama e Histórico Global

A implementação de mercados regulados de carbono emergiu como uma das principais estratégias econômicas e políticas para mitigar as emissões de GEE e acelerar a transição energética. Esses mercados são baseados no princípio da precificação do carbono, incentivando setores produtivos a reduzir suas emissões de forma eficiente. O primeiro sistema deste tipo foi implementado em 2005 e, desde então, diferentes países e regiões passaram a desenvolver suas próprias versões, adaptadas às particularidades de suas economias e políticas ambientais.

A Figura 1 apresenta uma linha do tempo da implementação dos principais mercados regulados de carbono ao redor do mundo.

Figura 1: Linha do tempo da implementação dos principais mercados regulados de carbono no mundo¹



Fonte: Elaboração própria.

1.2.1 A Evolução dos Mercados Regulados de Carbono

O primeiro mercado regulado de carbono em escala internacional foi estabelecido em 2005, com o lançamento do Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia (EU ETS). Estruturado no modelo *cap-and-trade*, o sistema definiu um teto máximo para as emissões nos setores abrangidos e distribuiu permissões de emissão negociáveis entre as empresas (EPA, 2024). Seu impacto foi significativo, não apenas por se consolidar como o maior mercado regulado de carbono do mundo, mas também por estabelecer um modelo replicado globalmente (Ellerman; Buchner; Carraro, 2007; Romstad, 2007). Em sua fase inicial, o EU ETS alocou aproximadamente 2,2 bilhões de toneladas em permissões de emissão, criando um sinal de preço para o carbono e incentivando indústrias a investirem na redução de suas emissões (Zhang; Wei, 2016).

Inspirado nesse modelo, em 2010, a cidade de Tóquio implementou o primeiro mercado regulado de carbono em nível municipal, voltado para grandes consumidores de energia. O sistema impôs limites obrigatórios de emissão e exigiu reduções iniciais entre 6% e 8%, variando conforme o setor (Department of Economic and Social Affairs, 2010). Além de restringir as emissões locais, essa iniciativa

¹ Na Figura 1, foram considerados apenas mercados regulados de carbono que já estão em operação, ou seja, já estão em sua fase *ex post*.

aprimorou os mecanismos de monitoramento e verificação de emissões, tornando-se referência para outras regiões do Japão e influenciando a formulação de políticas climáticas nacionais (Arimura, 2024; Takao, 2014).

A implementação de mercados regulados de carbono em nível municipal influenciou a criação de mercados regulados nos Estados Unidos. Em 2013, o estado da Califórnia lançou o *California Cap-and-Trade Program*, que estabeleceu um teto para as emissões em setores estratégicos, como energia, transporte e indústria pesada (Kynett, 2024, CARB, 2018). O programa introduziu um sistema de leilões periódicos para a alocação de permissões, criando um mecanismo eficiente de precificação do carbono (Kynett, 2024). Além da redução de emissões nos setores regulados, as receitas provenientes dos leilões foram destinadas a investimentos em infraestrutura sustentável e programas de eficiência energética (Schmalensee; Stavins, 2017; Kynett, 2024).

Outro marco significativo ocorreu em 2015, quando a Coreia do Sul lançou o seu Sistema de Comércio de Emissões, consolidando-se como o segundo maior mercado regulado de carbono do mundo na época (Asian Development Bank, 2018). O sistema sul-coreano foi desenhado para abranger setores estratégicos, como energia, petroquímica e aviação, responsáveis por 66% das emissões nacionais, com um teto inicial de 1,687 milhão de toneladas de CO₂ equivalente para o período 2015-2017 (Oh *et al.*, 2023). O objetivo principal era reduzir as emissões em 30% até 2020, estabelecendo uma estrutura robusta de mitigação climática (Oh *et al.* 2023).

Em 2021, o Reino Unido, após a sua saída da União Europeia, estruturou o *UK Emissions Trading Scheme* (UK ETS), baseado no modelo do EU ETS, mas adaptado às especificidades da economia britânica. O sistema opera por meio de leilões periódicos, nos quais o número de permissões disponíveis (o limite) e a demanda determinam o preço de mercado do carbono (Scottish Government, 2021; OBR, 2024). Esta abordagem assegura que as empresas adquiram permissões de forma competitiva, incentivando a adoção de medidas mais eficazes para a redução de emissões.

Também em 2021, a China lançou oficialmente o seu mercado nacional de carbono, após quase uma década de testes por meio de programas-piloto iniciados em 2013. Esse sistema rapidamente se tornou o maior mercado regulado de carbono do mundo em volume, cobrindo aproximadamente 5,1 bilhões de toneladas anuais de CO₂,

equivalente a mais de 40% das emissões do país (Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China, 2024). A abordagem chinesa baseou-se na implementação progressiva do sistema, permitindo ajustes regulatórios e metodológicos para garantir maior eficiência na alocação das permissões de emissão (Zeng *et al.*, 2024).

Em suma, a evolução dos mercados regulados de carbono evidencia uma concentração predominante em países desenvolvidos, como os membros da União Europeia, Estados Unidos, Reino Unido e Coreia do Sul, que possuem economias robustas e capacidade técnica para implementar mecanismos complexos como o *cap-and-trade*. Contudo, a inclusão da China nesse cenário destaca uma exceção. Embora classificada como um país em desenvolvimento, a China possui uma economia de grande escala e uma renda nacional expressiva. Esse contexto reflete a relevância dos recursos financeiros, da infraestrutura institucional e do compromisso político como fatores determinantes para a expansão de mercados regulados, independentemente do status de desenvolvimento do país.

1.2.2 A Expansão dos Mercados Regulados de Carbono em Países em Desenvolvimento

Nos últimos anos, um número crescente de países em desenvolvimento tem avançado na criação de mercados regulados de carbono como estratégia para cumprir compromissos climáticos e estimular a transição para uma economia de baixo carbono. Esse movimento reflete tanto a necessidade de aderir às metas estabelecidas pelo Acordo de Paris quanto a busca por mecanismos eficientes de precificação do carbono, capazes de atrair investimentos e fomentar a inovação tecnológica sustentável nesses países.

A partir de meados da década de 2010, diversos países em desenvolvimento iniciaram a implementação de programas-piloto de comércio de emissões, com o objetivo de avaliar e adaptar modelos regulatórios às suas particularidades econômicas e setoriais. O Quadro 1 apresenta uma síntese desses projetos, incluindo o país de implementação, o ano de início e uma breve descrição das principais características de cada iniciativa.

Quadro 1: Síntese de iniciativas piloto de comércio de missão em países em desenvolvimento

País	Ano	Descrição
Colômbia	2018	Sistema-piloto integrado ao imposto sobre carbono que visa preparar a implementação de um ETS nacional por meio de incentivos fiscais, precificação e capacitação para reduzir emissões industriais.
Chile	2018	O Chile conduz atividades-piloto para auxiliar um futuro mercado regulado de carbono, integrando a precificação ao imposto nacional e aprimorando o sistema MRV conforme o Artigo 6 do Acordo de Paris.
México	2020	Projeto piloto para um mercado nacional de carbono, impondo obrigatoriedade a empresas com emissões superiores a 25 mil toneladas de CO ₂ , com o objetivo de viabilizar o comércio de créditos, incentivar reduções e financiar projetos ambientais.
Indonésia	2023	Iniciou um mercado-piloto de carbono voltado para o setor energético, com o objetivo de criar um sistema de comércio de emissões mais amplo até 2025.

Fonte: Sullivan *et al.* (2021), ICAP (2022) e PWC (2024).

No caso do piloto mexicano, o mercado de carbono regulado já deveria estar em operação, porém sofre com atrasos significativos. Originalmente, a fase piloto deveria ter sido concluída em 2022, com a implementação plena de um sistema de comércio de emissões a partir de janeiro de 2023, incluindo regulamentações obrigatórias, limites de emissão e penalidades (El País, 2024). No entanto, o processo permanece estagnado devido à ausência de definições regulatórias, impedindo sua transição para um mercado operacional (El País, 2024).

Além dos países em desenvolvimento que implementaram projetos-piloto, outras nações, como Índia e Vietnã, também estão considerando o desenvolvimento de mercados regulados de carbono. No caso do Brasil, o SBCE já foi instituído formalmente pela legislação e deverá alcançar plena operação até 2029 (Brasil, 2024). Observa-se, portanto, um movimento crescente entre países em desenvolvimento em direção à adoção de mercados regulados de carbono. Diante desse contexto, surge a seguinte questão: quais são as motivações que levam esses países a aderirem a tais mercados?

1.3 Determinantes da Adoção por Países em Desenvolvimento

A adoção de mercados regulados de carbono por países em desenvolvimento é impulsionada por uma convergência de fatores que transcendem fronteiras nacionais, refletindo desafios e oportunidades comuns a economias emergentes. Neste contexto, esses mercados desempenham um papel duplo, ao promover a sustentabilidade e impulsionar a competitividade global. Este subcapítulo explora, com base em evidências teóricas e empíricas, os determinantes que orientam essa escolha por parte dos países em desenvolvimento, articulando argumentos econômicos e ambientais.

1.3.1 Determinantes Econômicos

Um dos fatores centrais que impulsionam a implementação de mercados regulados de carbono em países em desenvolvimento é a possibilidade de acesso a financiamento climático e geração de receitas. Ao transformar reduções de emissões em ativos financeiros negociáveis, esses mercados permitem que projetos sustentáveis, como reflorestamento, energias renováveis e práticas de agricultura de baixo carbono, produzam créditos de carbono comercializáveis. Essa dinâmica, além de criar fluxos de capital essenciais para o financiamento de infraestrutura verde e tecnologias limpas (Carbon Credit Capital, 2024), projeta, segundo a BloombergNEF (2024), um potencial de mercado global superior a US\$ 1,1 trilhão anualmente até 2050.

Somado a isso, o Acordo de Paris, por meio do Artigo 6, fortalece essa dinâmica ao permitir a cooperação transfronteiriça na busca por metas climáticas, viabilizando a venda de Créditos de Mitigação Internacionalmente Transferidos (ITMOs). Essa flexibilidade beneficia países com abundantes recursos naturais, como florestas tropicais e alto potencial de energias renováveis, permitindo-lhes monetizar vantagens comparativas e direcionar receitas para o desenvolvimento socioeconômico. Por exemplo, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), estabelecido pelo Protocolo de Quioto, já financiou mais de 8.000 projetos em nações em desenvolvimento, gerando Certificados de Redução de Emissões (Betz *et al.*, 2022).

Neste contexto, a necessidade de manter a competitividade em mercados globais também figura como um determinante relevante. A crescente adoção de barreiras ambientais, como o Mecanismo de Ajuste de Fronteira Carbônica (CBAM), da União Europeia, pressiona economias emergentes a adotarem sistemas de precificação de carbono para evitar desvantagens competitivas (Betz *et al.*, 2022; UNCTAD, 2021). Com a implementação plena do CBAM prevista para 2026, países exportadores de *commodities* intensivas em carbono, como aço, cimento e produtos agrícolas, buscam se antecipar às novas exigências ambientais, internalizando os custos do carbono e promovendo estratégias de descarbonização. Essa abordagem não apenas facilita o acesso a mercados externos e a atração de investimentos sustentáveis, como também abre novas oportunidades comerciais.

Ademais, a experiência do EU ETS demonstra que a precificação de carbono pode impulsionar a inovação tecnológica, bem como reconfigurar padrões produtivos (Betz *et al.*, 2022). Ao adotar mecanismos similares, países em desenvolvimento podem fortalecer setores estratégicos, como energia, manufatura e agricultura, fomentar a modernização industrial, por meio da incorporação de práticas e tecnologias inovadoras, estimular o desenvolvimento de soluções mais eficientes que reduzam emissões e, simultaneamente, aumentar a sua competitividade no cenário global.

Por último, os mercados de carbono permitem que países compensem as emissões em setores mais econômicos, seguindo o princípio da eficiência. Mecanismos de *cap-and-trade*, por exemplo, estabelecem um limite máximo de emissões e permitem a negociação de licenças excedentes, o que evita distorções econômicas mais comuns em políticas de comando e controle. O Banco Mundial (2023) indica que esses mecanismos, comparados a políticas rígidas de comando e controle, podem reduzir custos de mitigação entre 40% e 60% até 2030.

1.3.2 Determinantes Ambientais

Além dos fatores econômicos, as motivações ambientais desempenham um papel crucial na decisão de países em desenvolvimento de adotar mercados regulados de carbono. As necessidades de cumprir metas climáticas globais, preservar ecossistemas

e impulsionar a transição energética são elementos centrais que orientam essa escolha. Esta convergência entre objetivos ambientais e estratégias de desenvolvimento permite transformar desafios climáticos em oportunidades para inovar, diversificar a economia e fortalecer a resiliência ambiental.

Dentro dos determinantes ambientais, mecanismos como os ITMOs e a certificação de projetos são essenciais para que as Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs) sejam alcançadas sem comprometer o crescimento econômico. Estima-se, por exemplo, que a implementação desses instrumentos possa reduzir os custos globais de cumprimento das NDCs em até US\$ 250 bilhões anuais até 2035 (Secretaria de Comunicação Social, 2024).

Além do cumprimento das metas climáticas, os mercados de carbono assumem um papel estratégico na conservação ambiental. Iniciativas como a Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal (REDD+) ilustram como a proteção de biomas tropicais pode ser integrada à geração de receitas por meio da comercialização de créditos de carbono (Prolo, 2022). Tais projetos não apenas contribuem para o sequestro de CO₂, mas também promovem a preservação da biodiversidade e a manutenção de serviços ecossistêmicos essenciais, como a regulação hídrica e a proteção do solo.

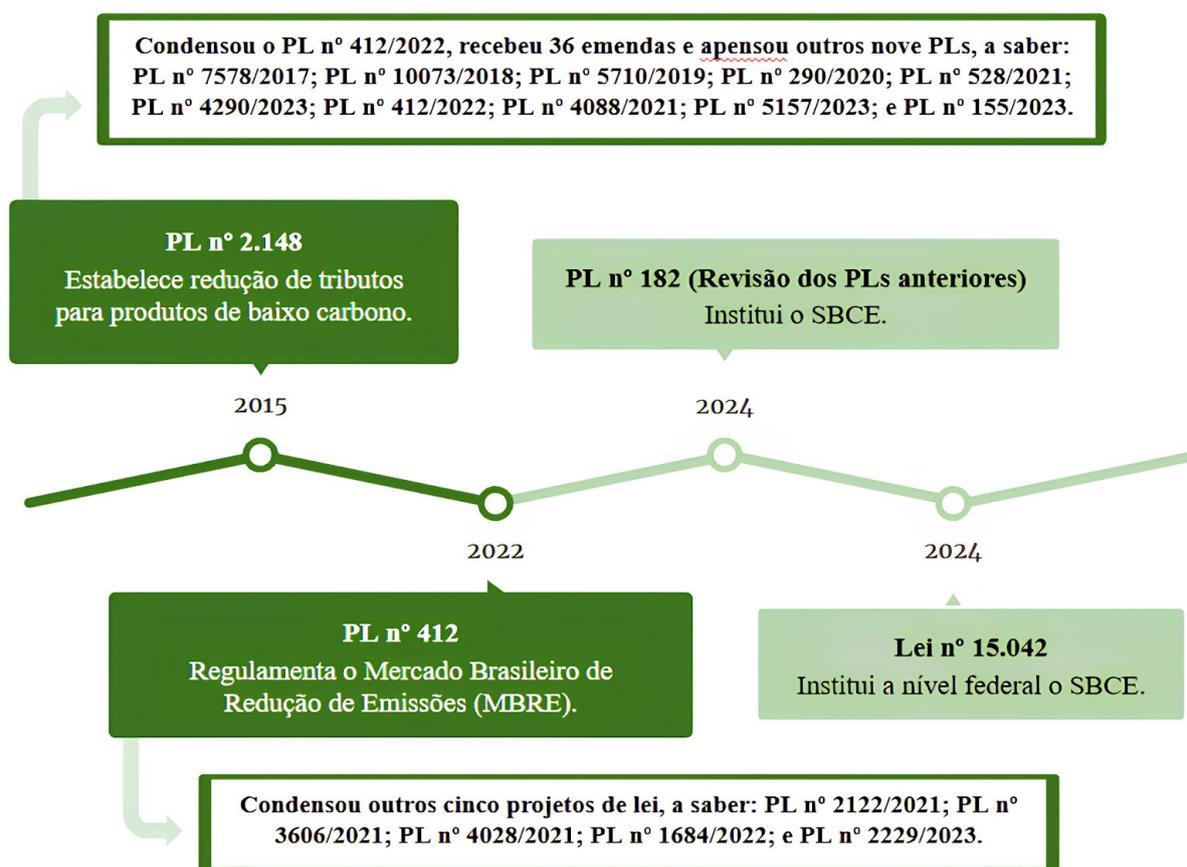
Finalmente, a transição energética, por sua vez, é intensamente estimulada pela regulamentação do carbono. Ao acelerar a substituição de combustíveis fósseis por fontes renováveis, como as energias solar e eólica, os mercados de carbono incentivam a atração de investimentos em infraestrutura verde (UNEP, 2023). Esse processo, facilitado pelo Artigo 6 do Acordo de Paris, amplia a capacidade de geração sustentável e fortalece a competitividade de países emergentes no setor energético global.

2 - Estudo de Caso do SBCE no Brasil

2.1 Processo Legislativo

O processo de criação do mercado regulado de carbono no Brasil reflete um longo amadurecimento político, técnico e institucional, culminando na instituição do SBCE pela Lei nº 15.042/2024. Esse percurso, que se estendeu por mais de uma década, foi marcado por avanços legislativos, debates intensos e alinhamento com as políticas climáticas internacionais, bem como pelos compromissos globais reforçados pelo país. A Figura 2 apresenta a linha do tempo das principais propostas legislativas que moldaram o caminho até a criação do SBCE.

Figura 2: Linha do tempo das legislações principais que contribuíram para a criação do SBCE



Fonte: Elaboração própria, com base em Munhoz (2024), Felsberg Advogados (2024) e Lacerda (2024).

A trajetória legislativa teve início em 2015, com o PL nº 2.148/2015, voltado principalmente para a redução de tributos sobre produtos alinhados à economia de baixo carbono. Com o tempo, esse projeto recebeu diversas propostas apensadas, algumas delas focadas na criação de um mercado regulado de carbono. Contudo, foi o PL nº 412/2022 que consolidou as discussões sobre a precificação de carbono e o mercado regulado de emissões no Brasil (Munhoz, 2024).

Em 2022, o PL nº 412/2022 integrou propostas fragmentadas em um texto abrangente, propondo um sistema de negociações de emissões às práticas internacionais. Entre os pontos mais notáveis, estão a definição de limites de emissões para setores regulamentados, a introdução das Cotas Brasileiras de Emissões (CBE) e dos Certificados de Redução ou Remoção Verificada de Emissões (CRVE), além de diretrizes claras para o monitoramento, relato e verificação (MRV) das emissões (Munhoz, 2024; Albano *et al.*, 2024).

Em outubro de 2023, o Senado aprovou o PL nº 412/2022, após a exclusão do agronegócio das obrigações do SBCE, passo crucial para aumentar o apoio ao projeto (Munhoz, 2024). Em dezembro do mesmo ano, a Câmara dos Deputados aprovou o texto revisado, com o seu apensamento ao PL nº 2.148/2015, configurando uma nova versão consolidada e mais robusta. Entre as mudanças introduzidas nessa etapa, destacam-se (Lacerda, 2024; Munhoz, 2024, Brasil 2022, Brasil, 2024a):

Inclusão do REDD+: o texto incluiu mecanismos de REDD+ com abordagens de mercado e não mercado, atendendo à pressão por uma maior integração entre o mercado de carbono e a preservação florestal;

- i. **Titularidade e Natureza dos Créditos:** o texto estabeleceu que os créditos de carbono são valores mobiliários, regulados pela Comissão de Valores Mobiliários (CVM), alinhando o mercado brasileiro a padrões internacionais e assegurando segurança jurídica e transparência;
- ii. **Governança e Estrutura Operacional:** o texto reforçou a criação de um órgão gestor, responsável pela regulação do mercado e pela gestão do Registro Central do SBCE, além de um Comitê Técnico Consultivo Permanente para propor melhorias e ajustes no sistema; e

- iii. **Elegibilidade de Áreas para Créditos:** aprovou-se a possibilidade de utilização de Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reservas Legais (RL) na geração de créditos, alinhando-se ao Código Florestal e à Lei de Pagamentos por Serviços Ambientais.

Após a aprovação na Câmara, o texto revisado foi reenviado ao Senado como PL nº 182/2024 para ajustes finais (Munhoz, 2024). O substitutivo apresentado promoveu simplificações em dispositivos relacionados à governança e ao REDD+, preservando elementos centrais, como a elegibilidade de créditos provenientes de desmatamento evitados (Munhoz, 2024). As principais diferenças entre o PL nº 412/2022 e o PL nº 182/2024 estão compiladas no Quadro 2.

Quadro 2: Resumo das principais diferenças entre o PL nº 412/2022 e o PL nº 182/2024

Aspectos	PL nº 412/2022	PL nº 182/2024
Objetivo	Regulamentar o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE), previsto pela Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009.	Instituir o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE).
Escopo e Limites de Emissão	Obriga monitoramento para emissões acima de 10.000 tCO ₂ e/ano e redução ou compensação acima de 25.000 tCO ₂ e/ano.	Mantém os mesmos limites, com a adição de mecanismos específicos para APPs e RLs contribuindo para créditos de carbono.
Setores Regulados	Não há lista de setores específicos, mas exclui as atividades primárias agropecuárias.	Inclui requisitos para agroindústria e critérios claros para uso de APPs e RLs, excluindo atividades primárias agropecuárias.
Governança	Estabelece três níveis de governança: Comitê Interministerial, Órgão Gestor e Comitê Técnico Consultivo Permanente.	Detalha as funções do CIM e inclui ministérios adicionais.
Ativos de Carbono	Regula CBEs e CRVEs.	Confirma os mesmos ativos e acrescenta interoperabilidade entre mercados voluntários e regulados, com limites para REDD+.
Fases de Implementação	Prevê uma implementação gradual em até 12 meses conforme normas.	Defini 5 fases específicas, incluindo monitoramento inicial e operação plena prevista até 2029.
Tributação	Ganhos de CBEs e CRVEs tributados pelo imposto de renda (IR) e Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL), com conversão de créditos não gerando impostos.	Confirma regras tributárias semelhantes, com isenção de PIS/COFINS nas receitas de alienação de créditos.

Fonte: Elaboração própria, com base em Brasil (2022), Brasil (2024a) e Munhoz (2024).

Em 13 de novembro de 2024, o Senado aprovou o PL nº 182/2024, que retornou à Câmara dos Deputados. Após nova aprovação pela Câmara, em 19 de novembro, o texto foi enviado para sanção presidencial (Munhoz, 2024). Finalmente, em 12 de dezembro de 2024, foi sancionada a Lei nº 15.042/2024, que oficializou a instituição do SBCE.

2.2 Principais Características do SBCE

De acordo com a Lei nº 15.042/2024, o SBCE regulará atividades emissoras de GEE no território nacional, excluindo explicitamente a produção primária agropecuária, como uma escolha estratégica de não impor obrigações relacionadas às emissões indiretas e primárias ao setor agropecuário (Brasil, 2024). Além disso, a gestão do SBCE está estruturada em três níveis principais (Brasil, 2024b, Felsberg Advogados, 2024):

- i. **Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM):** responsável pela coordenação geral, o CIM define diretrizes estratégicas, aprova o Plano Nacional de Alocação de Emissões e institui grupos técnicos para subsidiar melhorias no sistema;
- ii. **Órgão Gestor do SBCE:** responsável pelas atividades normativas, regulatórias e sancionatórias, como definir limites de emissões, pela metodologia aprovadas de monitoramento e pelo gerenciamento do Registro Central do SBCE; e
- iii. **Comitê Técnico Consultivo Permanente:** atua como um fórum técnico que oferece subsídios para aprimorar o SBCE, credenciar metodologias e avaliar a aplicação de recursos de forma eficiente, contando com representantes da União, dos Estados, da Academia, da sociedade civil e de setores econômicos importantes.

Além disso, a Lei nº 15.042/2024 mantém o SBCE com dois tipos principais de ativos: (i) as CBEs, que representam o direito de emitir 1 tonelada de CO₂ equivalente e podem ser alocadas de forma gratuita ou onerosa pelo Órgão Gestor do SBCE às fontes reguladas, (ii) e os CRVEs, que consistem na redução ou remoção efetiva de 1 tonelada

de CO₂ equivalente, comprovada por metodologias reconhecidas (Brasil, 2024b; Felsberg Advogados, 2024). Ambos os ativos são comercializáveis entre agentes regulados, permitindo que as empresas que excedam seus limites compensem suas emissões. Destaca-se que a rastreabilidade eletrônica garante a integridade e confiabilidade das transações (Brasil, 2024b).

No plano tributário, os ganhos obtidos com os ativos do SBCE estão sujeitos à tributação. Neste caso, os rendimentos com CBEs e CRVEs estão sujeitos ao Imposto de Renda (IR) e à Contribuição Social Sobre o Lucro Líquido (CSLL), mas não ao PIS/COFINS sobre sua alienação, aumentando a atratividade econômica do mercado (Brasil, 2024b; Felsberg Advogados, 2024). Despesas com certificação e negociação de créditos podem ser deduzidas do IR e da CSLL no regime de lucro real, incentivando a adesão ao sistema (Brasil, 2024b; Felsberg Advogados, 2024).

Outro aspecto relevante da legislação é a sua abordagem internacional, especialmente no que diz respeito às exportações de créditos de carbono, por meio de mecanismos como a ITMOs (Brasil, 2024b). Este instrumento permite que os resultados da redução de GEE sejam utilizados para o cumprimento de compromissos assumidos por outras partes no âmbito do Acordo de Paris. Assim, o mecanismo promove a exportação de créditos de carbono gerados no Brasil, ampliando a integração do país nos mercados globais de emissões. Contudo, a transferência de resultados está condicionada à autorização do órgão nacional competente, assegurando a conformidade com os padrões internacionais e a credibilidade do sistema (Brasil, 2024b).

Por fim, destaca-se que a implementação do SBCE será gradual, dividida em cinco fases. A primeira etapa prevê a regulamentação inicial da Lei nº 15.042/2024, com um prazo de 12 meses, prorrogável por igual período. Nas fases seguintes, ocorrem a operacionalização dos instrumentos do sistema e a submissão de planos de monitoramento pelas empresas reguladas (Brasil, 2024b; Felsberg Advogados, 2024).

O sistema atingirá a plena operação a partir de 2029, quando as empresas com emissões anuais entre 10.000 e 25.000 toneladas de CO₂ equivalente serão obrigadas a monitorar e relatar suas emissões, ao passo que as companhias que ultrapassarem 25.000 toneladas deverão implementar planos de compensação e apresentar relatórios periódicos (Brasil, 2024b; Felsberg Advogados, 2024).

A Figura 3 apresenta um resumo das principais características do SBCE, conforme previsto na Lei nº 15.042/2024.

Figura 3: Principais características do SBCE



Fonte: Elaboração própria, com base em Brasil (2024b) e Felsberg Advogados (2024).

2.3 Lições Aprendidas com o SBCE

A trajetória que antecedeu o desenvolvimento do SBCE evidencia a complexidade do processo legislativo para a implementação de um mercado regulado de carbono, especialmente em países em desenvolvimento. Esse processo, frequentemente prolongado por mais de uma década, reflete, em grande parte, a resistência de setores estratégicos, particularmente aqueles de relevância econômica na produção e exportação. No caso brasileiro, tal resistência foi particularmente expressiva no setor agropecuário, o segundo maior emissor de GEE do país, resultando em sua exclusão do escopo legislativo do SBCE. Essa decisão gerou críticas substanciais, pois pode comprometer a efetividade do sistema na redução das emissões nacionais.

A experiência brasileira também evidencia a necessidade de considerar as especificidades nacionais ao estruturar mercados regulados de carbono. No Brasil, por exemplo, o principal fator de emissões está relacionado a queimadas e incêndios florestais (SEEG, 2025). Diante desse contexto, ao longo das revisões do projeto de lei do SBCE, foram incorporados mecanismos baseados no programa REDD+, abrangendo tanto abordagens de mercado quanto estratégias não mercadológicas. Destaca-se que essa inclusão visa alinhar o funcionamento do mercado de carbono à urgência da preservação florestal no país.

Além disso, os países que pretendem estruturar seus próprios mercados regulados de carbono no futuro devem considerar a importância de uma abordagem alinhada internacionalmente, especialmente no que se refere à exportação de créditos de carbono por meio dos ITMOs. No caso brasileiro, esse mecanismo viabiliza a comercialização de créditos de carbono gerados no país, fortalecendo a sua integração aos mercados globais de emissões. Contudo, como abordado anteriormente, a transferência dos resultados está condicionada à autorização do órgão nacional competente (Brasil, 2024b).

Outro aspecto relevante, especialmente para países emergentes que pretendem implementar mercados regulados de carbono, diz respeito à tributação das transações. A comercialização de créditos de carbono envolve um arcabouço jurídico-tributário complexo, impondo desafios tanto para as empresas quanto para as autoridades fiscais. No caso do SBCE, ainda que diretrizes tributárias tenham sido estabelecidas durante a sua promulgação, sua interação com o sistema tributário brasileiro permanece desafiadora. Isso se deve, em parte, ao caráter gradual de sua implementação, que ainda depende de regulamentações adicionais em etapas essenciais.

Dessa forma, a experiência do SBCE de implementação faseada destaca desafios críticos para países em desenvolvimento que planejam estruturar seus próprios mercados regulados de carbono. Um fator determinante para o sucesso desses mercados é a realização de uma fase preparatória robusta, incluindo estudos técnicos aprofundados e uma ampla consulta a *stakeholders*, de modo a definir parâmetros sólidos desde o início (Ministério da Fazenda, 2025).

A ausência de dados confiáveis e a incerteza regulatória podem comprometer a funcionalidade do sistema antes mesmo de sua plena operacionalização. Além disso, a definição de metas realistas e compatíveis com as capacidades econômicas nacionais é essencial para evitar distorções que prejudiquem a competitividade da indústria local.

Outro desafio crucial refere-se à definição do escopo e da ambição do mercado, que exige análises técnicas detalhadas para determinar os setores e atividades regulados, os limites de emissões e os critérios para a utilização de créditos de carbono (Ministério da Fazenda, 2025). A clareza nessas definições é essencial para garantir a credibilidade do sistema e evitar falhas de mercado, como o excesso de permissões, que pode desincentivar a redução efetiva das emissões.

A governança e o *enforcement* representam outro obstáculo relevante, exigindo o estabelecimento de estruturas regulatórias eficientes, mecanismos de conformidade e sanções bem definidas. A implementação do SBCE prevê a criação de um órgão gestor responsável pela supervisão do mercado, pelo desenvolvimento contínuo do sistema e pela aplicação de regras rigorosas de monitoramento, relato e verificação. No entanto, a efetividade dessas regras dependerá de investimentos contínuos em capacitação técnica e transparência, além de mecanismos de fiscalização eficientes (Ministério da Fazenda, 2025).

Para países em desenvolvimento, a experiência do SBCE reforça a necessidade de uma governança bem estruturada e da existência de mecanismos de supervisão independentes, para mitigar riscos de não conformidade e garantir a integridade ambiental do mercado. A coordenação entre os setores público e privado também se revela um fator crítico para o sucesso do sistema, exigindo esforços contínuos para alinhar interesses e manter um engajamento ativo das partes interessadas (Ministério da Fazenda, 2025).

Por fim, a transição entre as fases de implementação do mercado pode representar um desafio crítico, especialmente no que se refere à alocação e negociação de ativos.

O SBCE prevê um período inicial com distribuição gratuita de CBEs, seguido pela introdução progressiva de leilões (Ministério da Fazenda, 2025). Para evitar volatilidade excessiva e assegurar previsibilidade aos agentes regulados, essa transição deve ser planejada com rigor.

Dessa forma, os países em desenvolvimento que pretendem adotar sistemas similares devem considerar a importância de mecanismos de estabilização de preços e estratégias para mitigar impactos econômicos. Além disso, garantir um equilíbrio entre flexibilidade e integridade ambiental ao longo da implementação do mercado é essencial para evitar distorções e fortalecer a confiança dos participantes no sistema.

3 - Considerações Finais

O presente estudo analisou a viabilidade dos mercados regulados de carbono como instrumentos econômicos para a transição energética em países em desenvolvimento, com enfoque particular no Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa. A pesquisa demonstrou que a precificação do carbono tem se consolidado como um mecanismo essencial para a mitigação das emissões de GEE, estimulando a adoção de tecnologias mais limpas e a modernização do setor produtivo. Todavia, sua implementação em economias emergentes enfrenta desafios institucionais, políticos e econômicos, que exigem uma abordagem cuidadosa e adaptada às realidades nacionais.

Ao longo do estudo, observou-se que os mercados regulados de carbono evoluíram globalmente a partir de iniciativas pioneiras, como o EU ETS, expandindo-se para países desenvolvidos e, mais recentemente, para nações emergentes. Essa evolução reflete um amadurecimento das políticas climáticas e uma crescente aceitação da precificação do carbono como ferramenta eficaz para alinhar incentivos econômicos às metas ambientais. No contexto dos países em desenvolvimento, a implementação desses mercados busca não apenas atender aos compromissos assumidos no Acordo de Paris, mas também explorar novas oportunidades de financiamento climático e atração de investimentos sustentáveis.

A análise do caso brasileiro revelou que a estruturação do SBCE representa um avanço significativo na agenda climática do país, posicionando-o como referência na América Latina. O processo legislativo que culminou na Lei nº 15.042/2024 demonstrou a complexidade da construção de um mercado regulado de carbono, envolvendo intensos debates entre setores produtivos, sociedade civil e poder público. A exclusão do agronegócio das obrigações do SBCE, por exemplo, evidencia os embates políticos enfrentados para equilibrar interesses setoriais e ambições climáticas.

Entre os principais desafios da implementação do SBCE, destacam-se a necessidade de um sistema robusto de monitoramento, relato e verificação, a definição de mecanismos eficazes de alocação de permissões e a criação de incentivos para a participação ativa do setor privado.

Além disso, a experiência internacional demonstra que a previsibilidade regulatória e a estabilidade de preços do carbono são fatores críticos para o sucesso do mercado, exigindo medidas que evitem a volatilidade excessiva e assegurem um ambiente de negócios favorável.

Do ponto de vista econômico, a introdução do SBCE pode gerar efeitos positivos na competitividade das empresas brasileiras no comércio internacional, especialmente diante de iniciativas como o CBAM. No entanto, para que esses benefícios sejam concretizados, será essencial garantir a integração do mercado brasileiro às iniciativas globais de precificação de carbono, fortalecendo mecanismos de compatibilização com sistemas internacionais para viabilizar a comercialização de créditos no exterior.

Outro aspecto relevante refere-se à governança do sistema, que demandará um modelo de fiscalização eficiente e transparente para assegurar a sua credibilidade. A experiência de outros mercados regulados indica que falhas neste aspecto podem comprometer a integridade ambiental do mecanismo, resultando em distorções que enfraquecem a sua eficácia. Assim, a estruturação de um órgão gestor com autonomia e capacidade técnica será fundamental para a consolidação do SBCE.

Por fim, este estudo reforça que, embora o mercado regulado de carbono se configure como um instrumento econômico promissor para o cumprimento de metas de transição energética em países desenvolvidos, sua implementação em economias emergentes exige cautela, dada a complexidade dos desafios inerentes à sua fase *ex ante* à operacionalização. Nesse sentido, medidas complementares, como incentivos à inovação tecnológica, estímulo à transição energética e fortalecimento da governança climática, são fundamentais para potencializar os impactos positivos do mecanismo. Dessa forma, o mercado regulado de carbono não deve ser compreendido como uma solução isolada, mas sim como parte de um arcabouço estratégico mais amplo voltado à descarbonização das economias emergentes.

Diante dessas considerações, conclui-se que a criação de mercados regulados de carbono em países em desenvolvimento representa uma oportunidade tanto para o crescimento econômico quanto para a aproximação ao cumprimento de metas ambientais. A instituição do SBCE no Brasil constitui um marco na política ambiental das economias emergentes, contudo seu sucesso dependerá da capacidade do país em superar desafios operacionais e regulatórios.

Para que esse mercado e iniciativas semelhantes em outras nações em desenvolvimento cumpram o seu papel de forma efetiva, será imprescindível garantir transparência, previsibilidade e alinhamento com as melhores práticas internacionais. Assim, a experiência brasileira pode servir como referência para outros países que buscam estruturar seus próprios mercados regulados de carbono, consolidando-os como instrumentos estratégicos à transição energética e ao enfrentamento das mudanças climáticas.

Bibliografia

ASIAN DEVELOPMENT BANK – ADB (2022). Carbon Pricing for Energy Transition and Decarbonization.

ASIAN DEVELOPMENT BANK – ADB (2018). The Korea Emissions Trading Scheme: Challenges and Emerging Opportunities. Disponível em: <https://www.adb.org/publications/korea-emissions-trading-scheme>. Acesso em: 09 jan. 2024.

ALBANO, M. F. *et al.* (2024) Framework about the Carbon Market in Brazil. 17th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies GHGT-17 20th-24th October 2024, Calgary Canada. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/387155543_Framework_About_the_Carbon_Market_in_Brazil. Acesso em: 22 jan. 2025.

ARIMURA, T. H. (2024). International Efforts on Climate Change and Carbon Pricing in Japan. In: Introduction to Environmental Economics and Policy in Japan. Springer, pp. 123-145.

Baumol, W. J.; Oates, W. E. (1971). The Use of Standards and Prices for Protection of the Environment. *The Swedish Journal of Economics*, v. 73, pp. 42-54.

BETZ, R. *et al.* (2022). The Carbon Market Challenge: Preventing Abuse through Effective Governance. *Elements in Earth System Governance*, Cambridge University Press.

BloombergNEF – BNEF (2024). Carbon credits face biggest test yet, could reach \$ 238/ton in 2050, according to BloombergNEF report. Disponível em: <https://about.bnef.com/blog/carbon-credits-face-biggest-test-yet-could-reach-238-ton-in-2050-according-to-bloombergnef-report/>. Acesso em: 10 fev. 2025.

BRASIL (2024a). Lei nº 15.012, de 11 de dezembro de 2024. Institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE). Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2024/lei-15042-11-dezembro-2024-796690-publicacaooriginal-173745-pl.html>. Acesso em: 22 jan. 2025.

BRASIL (2015). Projeto de Lei nº 2.148, de 2015. Estabelece redução de tributos para produtos adequados à economia verde de baixo carbono. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=2203893. Acesso em: 22 jan. 2025.

BRASIL (2022). Projeto de Lei nº 412, de 2022. Regulamenta o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE). Disponível em: <https://www.congressonacional.leg.br/materias/materias-bicamerais/-/ver/pl-412-2022#:~:text=Ementa%3A,17%20de%20outubro%20de%202017>. Acesso em: 22 jan. 2025.

BRASIL (2024b). Projeto de Lei nº 182, de 2024. Institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE). Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/161961#:~:text=Projeto%20de%20Lei%20n%C2%BA%20182%2F2024%2C%20que%20institui%20o%20Sistema,6.015%2C%20de%202031%20de%20dezembro>. Acesso em: 22 jan. 2025.

BUCKLEY, R. (1991). Economic Instruments of Environmental Policy. In: Perspectives in Environmental Management. Springer, Berlin, Heidelberg. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-642-76502-5_5. Acesso em: 22 jan. 2025.

CALIFORNIA AIR RESOURCES BOARD – CARB. Cap-and-Trade Regulation. Disponível em: <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/cap-and-trade-program/cap-and-trade-regulation>. Acesso em: 09 fev. 2025.

CARBON CREDIT CAPITAL (2024). How carbon credits drive sustainable projects. Disponível em: <https://carboncreditcapital.com/how-carbon-credits-drive-sustainable-projects/>. Acesso em: 10 fev. 2025.

DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS – SUSTAINABLE DEVELOPMENT. Tokyo Cap-and-Trade Program 2010. Unites Nations. Disponível

em: <https://sdgs.un.org/partnerships/tokyo-cap-and-trade-program?>. Acesso em: 11 fev. 2025.

ELLERMAN, A. D.; BUCHNER, B. K.; CARRARO, C. (2006). Allocation in the European Emissions Trading Scheme: Rights, Rents and Fairness. Cambridge Working Papers in Economics, n. 115. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/233996247_Allocation_in_the_European_Emissions_Trading_Scheme_Rights_Rents_and_Fairness. Acesso em: 09 fev. 2025.

EL PAÍS (2024). Con un retraso de un año y medio, el mercado de carbono obligatorio sigue sin llegar a México. Disponível em: <https://elpais.com/mexico/2024-07-29/con-un-retraso-de-un-ano-y-medio-el-mercado-de-carbono-obligatorio-sigue-sin-llegar-a-mexico.html>. Acesso em: 10 fev. 2025.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. EU Emissions Trading System. Disponível em: <https://www.epa.ie/our-services/licensing/climate-change/eu-emissions-trading-system/>. Acesso em: 09 fev. 2025.

FELSBERG ADVOGADOS (2024). Mercado Regulado de Carbono: Confira nossos destaques sobre a Lei nº 15.042/2024. Disponível em: <https://www.felsberg.com.br/wp-content/uploads/2024/12/mercado-regulado-de-carbono-confira-nossos-destaques-sobre-a-lei-no-15-0422024-1.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2025.

HAMID, I. *et al.* (2022). Decarbonization Pathways: The Roles of Foreign Direct Investments, Governance, Democracy, Economic Growth, and Renewable Energy Transition. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 29, pp. 49816-49831.

INTERNATIONAL CARBON ACTION PARTNERSHIP – ICAP (2022). Emissions Trading Worldwide: Status Report 2022. Disponível em: <https://icapcarbonaction.com/status-report-2022>. Acesso em: 09 fev. 2025.

KYNETT, K. G. (2024). The California Cap-and-Trade Program: Overview and Considerations for Congress. Congressional Research Service.

LACERDA, G. (2024). Uma avaliação *ex ante* do Mercado de Carbono Regulado no Brasil. Dissertação (Mestre em Economia) – Escola de Economia, Fundação Getúlio Vargas de São Paulo. São Paulo. Disponível em:

<https://repositorio.fgv.br/server/api/core/bitstreams/9ac42909-9abb-4274-9f56-15e78c1ea5e2/content>. Acesso em: 22 jan. 2025.

LUSTOSA, M. C.; YOUNG, C. E. F. (2003). Política Ambiental. In: PETER, H. M. LUSTOSA, M. C. VINHA, V. Economia do Meio Ambiente: Teoria e prática. Rio de Janeiro: Elsevier.

MINISTÉRIO DA FAZENDA (2024). Roteiro de implementação do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa - SBCE. Governo Federal. Disponível em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/central-de-conteudo/publicacoes/guias-e-manuais/2024/241209-crtlh-implementacao-sbce-v4.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2025.

MINISTRY OF ECOLOGY AND ENVIRONMENT OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA (2024). Progress Report of China's National Carbon Market. Disponível em: <https://www.mee.gov.cn/ywdt/xwfb/202407/W020240722528850763859.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2025.

MUNHOZ, L. (2024). Regulação do Mercado de Carbono no Congresso Nacional: Substitutivo PL 182/2024. Observatório de Bioeconomia FGV. Disponível em: https://agro.fgv.br/sites/default/files/2024-11/Regula%C3%A7%C3%A3o%20do%20Mercado%20de%20Carbono%20no%20Congresso%20Nacional%20-%20Atualiza%C3%A7%C3%A3o_0.pdf. Acesso em: 22 jan. 2025.

OFFICE FOR BUDGET RESPONSIBILITY – OBR (2024). Emissions Trading Scheme (UK ETS). Disponível em: <https://obr.uk/forecasts-in-depth/tax-by-tax-spend-by-spend/emissions-trading-scheme-uk-ets/>. Acesso em: 09 fev. 2025.

OH, H. *et al.* (2023). Korea's Emissions Trading System for Low-carbon Energy and Economic Transformation: A Quantitative Study Evaluating the Impact of Phase I of

the KETS on Energy Efficiency and the Energy Mix. *Energy Efficiency*, v. 16, artigo 13. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12053-023-10034-1>. Acesso em: 09 fev. 2025.

OSTROM, E. (1990). *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge: Cambridge University Press.

PEARCE, D.; WTURNER, R. K. (1990). *Economics of Natural Resources and the Environment*. The John Hopkings University Press, v. 20.

PERMAN, R.; MA, Y.; MCGILVRAY, J.; COMMON, M. (2003). *Natural Resource and Environmental Economics*. 3. ed. Essex: Pearson Education Limited, cap. 6-7.

Disponível em:

https://www.uio.no/studier/emner/sv/oekonomi/ECON4925/h16/pensumliste/txtbook_3.ed_att00106.pdf. Acesso em: 22 jan. 2025.

PIGOU, A. C. (1920). *The Economics of Welfare*. London: Macmillan.

PROLO, C. (2022). *Como vão funcionar os mercados de carbono do Artigo 6 do Acordo de Paris*. Valor Investe, São Paulo. Disponível em:

<https://valorinveste.globo.com/blogs/caroline-prolo/coluna/como-vao-funcionar-os-mercados-de-carbono-do-artigo-6-do-acordo-de-paris.ghtml>. Acesso em: 10 fev. 2025.

PWC INDONESIA (2024). *Carbon Market: White Paper*. Disponível em:

<https://www.pwc.com/id/en/publications/esg/indonesia-carbon-market-white-paper.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2025.

ROMSTAD, E. (2007). *Emissions Trading Principles and Practice*. *European Review of Agricultural Economics*, v. 34, n. 3, pp. 231-421. DOI:

<https://doi.org/10.1093/erae/jbm027>.

SCHMALENSEE, R.; STAVINS, R. N. (2017). *Lessons Learned from Three Decades of Experience with Cap and Trade*. *Review of Environmental Economics and Policy* ,

v. 11, n. 1, pp. 59-80. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/reep/rex023> . Acesso em: 09 fev. 2025.

SCOVAZZI, T. (2021). Do Protocolo de Kyoto ao Acordo de Paris. Revista da Faculdade de Direito, n. 78. Disponível em: <https://revista.direito.ufmg.br/index.php/revista/article/view/2178>. Acesso em: 22 jan. 2025.

SCOTTISH GOVERNMENT (2021). Emissions Trading Scheme. Disponível em: <https://www.gov.scot/policies/climate-change/emissions-trading-scheme/#:~:text=The%20UK%20ETS%20came%20in,their%20annual%20greenhouse%20gas%20emissions>. Acesso em: 09 fev. 2025.

SECRETARIA DE COMUNICAÇÃO SOCIAL (2024). Consenso inédito na COP29 estabelece bases sobre mercado de carbono global. Mecanismo será administrado pela ONU e prevê a redução do custo de implementação dos planos climáticos nacionais em US\$ 250 bilhões ao ano. Governo Federal. Disponível em: <https://www.gov.br/secom/pt-br/assuntos/noticias/2024/11/consenso-inedito-na-cop-29-estabelece-bases-sobre-mercado-de-carbono-global>. Acesso em: 10 fev. 2025.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA – SEEG. BR Gross Emissions by Sector NCI. Disponível em: https://plataforma.seeg.eco.br/?highlight=br-gross-emissions-by-sector-nci&_gl=1*16ezt61*_ga*MTQ5NDYxMTcxMy4xNzM5MjUwNzYw*_ga_XZWSWEJDWQ*MTczOTI1MDc2MC4xLjAuMTczOTI1MDc2MC4wLjAuMA. Acesso em: 10 fev. 2025.

SULLIVAN, K. *et al.* (2024). Status e tendências dos mercados regulados e voluntários de carbono na América Latina.

TAKAO, Y. (2014). Policy Learning and Diffusion of Tokyo's Metropolitan Cap-and-Trade: Making a Mandatory Reduction of Total CO2 Emissions Work at Local Scales. *Policy Studies*, v. 35, n. 4, pp. 413-429. DOI: 10.1080/01442872.2013.875151.

TIETENBERG, T.; LEWIS, L. (2018). Environmental and Natural Resource Economics. Routledge: ed. 11. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9781315208343>. Acesso em: 09 fev. 2024.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT - UNCTAD (2021). A European Union Carbon Border Adjustment Mechanism: Implications for Developing Countries. Disponível em: https://unctad.org/system/files/official-document/osginf2021d2_en.pdf. Acesso em: 10 fev. 2021.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP (2023). Emissions Gap Report 2023: Broken record: Temperatures hit new highs, yet world fails to cut emissions (again). United Nations. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/43922/EGR2023.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Acesso em: 10 fev. 2025.

VERCILLO, U. E. (2023). Resenha: Mercado de Carbono e Sustentabilidade, por Natasha Trennepohi. Revista de Direito Socioambiental-REDIS, Goiás - GO, Brasil, v. 1, n. 2, pp. 1-5,. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/cronos/article/view/3288/2676>. Acesso em: 22 jan. 2025.

VATN, A. (2005). Institutions and the Environment. Cheltenham: Edward Elgar.

WIDUTO, A. (2023). Energy Transition in the EU. European Parliamentary Research Service.

WORLD BANK GROUP (2023). Record High Revenues from Global Carbon Pricing near \$ 100 Billion. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2023/05/23/record-high-revenues-from-global-carbon-pricing-near-100-billion>. Acesso em: 22 jan. 2025.

WORLD BANK GROUP (2024). State and Trends of Carbon Pricing 2024. Washington, DC: World Bank 2024. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10986/41544>. Acesso em: 22 jan. 2025.

ZENG, S. *et al.* (2024). China's Carbon Trading Pilot Policy, Economic Stability, and High-quality Economic Development. *Humanities and Social Sciences Communications*, v. 11. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41599-024-01277-2>. Acesso em: 09 fev. 2025.

ZHANG, Y. J.; WEI, Y. M. (2010). An Overview of Current Research on EU ETS: Evidence from its Operating Mechanism and Economic Effect. *Applied Energy*, v. 87, Issue 6, pp. 1804-1814. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030626190900556X?casa_token=HzN_-1Qx1UUAAAAA:651H3DRp8h8tcWa9S4OMbP85cV2RYTtRXZAOWyzLd1VM3Ts7pJJuicEPJGuITOCAlnRA7zPTI5M. Acesso em: 22 jan. 2025.



Grupo de Estudos do Setor elétrico

Gesel

Toda a produção acadêmica e científica do GESEL está disponível no site do Grupo, que também mantém uma intensa relação com o setor através das redes sociais Facebook e Twitter.

Destaca-se ainda a publicação diária do IFE - Informativo Eletrônico do Setor Elétrico, editado deste 1998 e distribuído para mais de 10.000 usuários, onde são apresentados resumos das principais informações, estudos e dados sobre o setor elétrico do Brasil e exterior, podendo ser feita inscrição gratuita em <http://cadastro-ife.gesel.ie.ufrj.br>

GESEL – Destacado think tank do setor elétrico brasileiro, fundado em 1997, desenvolve estudos buscando contribuir com o aperfeiçoamento do modelo de estruturação e funcionamento do Setor Elétrico Brasileiro (SEB). Além das pesquisas, artigos acadêmicos, relatórios técnicos e livros – em grande parte associados a projetos realizados no âmbito do Programa de P&D da Aneel – ministra cursos de qualificação para as instituições e agentes do setor e realiza eventos – work shops, seminários, visitas e reuniões técnicas – no Brasil e no exterior. Ao nível acadêmico é responsável pela área de energia elétrica do Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento do Instituto de Economia (PPED) do Instituto de Economia da UFRJ

ISBN: 978-85-7197-027-4

SITE: gesel.ie.ufrj.br

LINKEDIN: [linkedin.com/company/gesel-grupo-de-estudos-do-setor-elétrico-ufrj](https://www.linkedin.com/company/gesel-grupo-de-estudos-do-setor-elétrico-ufrj)

INSTAGRAM: [instagram.com/geselufrj](https://www.instagram.com/geselufrj)

FACEBOOK: [facebook.com/geselufrj](https://www.facebook.com/geselufrj)

TWITTER: twitter.com/geselufrj



ENDEREÇO:

UFRJ - Instituto de Economia,
Campus da Praia Vermelha.

Av. Pasteur 250, sala 226 - Urca.
Rio de Janeiro, RJ - Brasil.
CEP: 22290-240