



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE ECONOMIA



NATANAEL RODRIGUES DA SILVA

**Sistema regulado de comércio de emissões de gases de efeito
estufa: a experiência da União Europeia e os desafios para os
estágios iniciais de implementação de um mercado regulado no
Brasil**

CAMPINAS
2022

NATANAEL RODRIGUES DA SILVA

Sistema regulado de comércio de emissões de gases de efeito estufa: a experiência da União Europeia e os desafios para os estágios iniciais de implementação de um mercado regulado no Brasil

Monografia apresentada ao Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof(a). Ma. Adâmara Santos Gonçalves Felício
Supervisor: Prof(a). Dr(a). Alexandre Gori Maia

CAMPINAS
2022

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Economia
Luana Araujo de Lima - CRB 8/9706

Si38s Silva, Natanael Rodrigues da, 1996-
Sistema regulado de comércio de emissões de gases de efeito estufa: a experiência da União Europeia e os desafios para os estágios iniciais de implementação de um mercado regulado no Brasil / Natanael Rodrigues da Silva. – Campinas, SP: [s.n.], 2022.

Orientador: Adâmara Santos Gonçalves Felício.

Coorientador: Alexandre Gori Maia.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia.

1. European Union Emissions Trading Scheme. 2. Brasil. [Decreto n. 11.075, de 19 de maio de 2022]. 3. Mercado de emissão de carbono. 4. Externalidades (Economia). 5. Aquecimento global. 6. Créditos de carbono. I. Felício, Adâmara Santos Gonçalves, 1989-. II. Maia, Alexandre Gori, 1972-. III. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Economia. IV. Título.

Informações adicionais, complementares

Título em outro idioma: Regulated greenhouse gas emissions trading system: the experience of the European Union and the challenges for the initial stages of implementing a regulated market in Brazil

Palavras-chave em inglês:

European Union Emissions Trading Scheme

Brazil. [Decreto n. 11.075, de 19 de maio de 2022]

Carbon emission market

Externalities (Economics)

Global warming

Carbon taxes

Titulação: Bacharel em Ciências Econômicas

Banca examinadora:

Adâmara Santos Gonçalves Felício [Orientador]

Carolina da Silveira Bueno

Data de entrega do trabalho definitivo: 06-12-2022

NATANAEL RODRIGUES DA SILVA

Sistema regulado de comércio de emissões de gases de efeito estufa:

a experiência da União Europeia e os desafios para os estágios iniciais de
implementação de um mercado regulado no Brasil

Monografia apresentada ao Instituto de
Economia da Universidade Estadual de
Campinas como parte dos requisitos
exigidos para a obtenção do título de
Bacharel em Ciências Econômicas.

Data de aprovação: 06 / 12 / 2022

Banca Examinadora

Prof(a). Ma. Adâmara Santos Gonçalves Felício – Presidente da banca
Universidade Estadual de Campinas

Prof(a). Dr(a). Carolina da Silveira Bueno – Docente convidado
Universidade Estadual de Campinas

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, que me ensinaram e sempre me apoiaram, me incentivaram e confiaram nas minhas decisões.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, por todo o apoio e carinho, especialmente a minha mãe e meu pai. Também agradeço aos meus amigos de IE, que tornaram os anos de graduação ainda mais especiais, a cada um dos Professores e Professoras, PEDs, PADs pelo conhecimento compartilhado, aos colaboradores do IE, por todo suporte prestado ao longo desses anos, e um agradecimento especial para a minha orientadora Prof(a). Ma. Adâmara Santos Gonçalves Felício, por todo o apoio, orientação e compreensão.

RESUMO

SILVA, Natanael Rodrigues. **Sistema regulado de comércio de emissões de gases de efeito estufa:** a experiência da União Europeia e os desafios para os estágios iniciais de implementação de um mercado regulado no Brasil. Orientador: Prof(a). Ma. Adâmara Santos Gonçalves Felício. Ano. 2022. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2022.

Diversos países têm firmado compromissos de reduzir suas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) durante os próximos anos. Dentre as ferramentas para se alcançar essa redução, está a precificação de GEE, que pode ser realizada por meio da Taxação das emissões ou por intermédio da criação de um Sistema de Comércio de Emissões (SCE) também chamado de Mercado de Carbono. O objetivo deste trabalho é estudar o SCE a fim de verificar a sua efetividade em reduzir as emissões de GEE nos setores sob regulação e quais os desafios de sua implementação no Brasil à luz do *European Emissions Trade Scheme* (EU-ETS). Para alcançar tais objetivos, foi realizada uma revisão bibliográfica dos impactos das mudanças climáticas, os esforços para combatê-la, da integração entre o meio ambiente e a economia e dos fundamentos teóricos e econômicos de um SCE e os resultados apresentados por alguns sistemas implementados, assim como uma análise comparativa entre EU-ETS, o Decreto Nº 11.075 e o PL 528/2021. Conclui-se que o SCE regulado é um mecanismo de precificação de GEE capaz de gerar incentivos na direção de reduzir os níveis de emissões por parte dos setores/agentes sob regulação, capacidade que é limitada aos setores regulados e fortemente impactada por sua estrutura regulatória. Conclui-se também que as medidas apresentadas para um SCE nacional possuem lacunas legais e operacionais quando comparadas a um sistema mais bem estruturado, o EU-ETS. Essas lacunas podem ser preenchidas tomando como parâmetro a estrutura regulatória e forma de implementação do EU-ETS.

Palavras-chave: EU-ETS; Mercado de Carbono; Externalidades; Decreto Nº 11.075; PL 528/2021.

ABSTRACT

SILVA, Natanael Rodrigues. **Regulated greenhouse gas emissions trading system:** the experience of the European Union and the challenges for the initial stages of implementing a regulated market in Brazil. Orientador: Prof(a). Ma. Adâmara Santos Gonçalves Felício. Ano. 2022. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2022.

Several countries have signed commitments to reduce their Greenhouse Gas (GHG) emissions over the coming years. Among the tools to achieve this reduction is the pricing of GHG, which can be carried out through the Taxation of emissions or through the creation of an Emissions Trading System (ETS) also called the Carbon Market. The objective of this work is to study the ETS to verify its effectiveness in reducing GHG emissions in the sectors under regulation and what are the challenges of its implementation in Brazil in the light of the European Emissions Trade Scheme (EU-ETS). To achieve these objectives, a bibliographical review was carried out of the impacts of climate change, the efforts to combat it, the integration between the environment and the economy, and the theoretical and economic foundations of an SCE and the results presented by some implemented systems. As well as a comparative analysis between EU-ETS, Decree No. 11,075 and PL 528/2021. It is concluded that the regulated ETS is a GHG pricing mechanism capable of generating incentives in the direction of reducing the levels of emissions by the sectors/agents under regulation, a capacity that is limited to the regulated sectors and strongly impacted by their regulatory structure. It is also concluded that the measures presented for a national ETS have legal and operational gaps, when compared to a better structured system, the EU-ETS. These gaps can be filled taking as a parameter the regulatory structure and way of implementing the EU-ETS.

Keywords: EU-ETS; Carbon Market; Externalities; Decree No. 11,075; PL 528/2021.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<i>Figura 1 - Representação esquemática das relações bidirecionais de interdependência entre a economia e o meio ambiente</i>	17
<i>Figura 2 - Imposto pigouviano: internalização de externalidade negativa em mercado competitivo</i>	19
<i>Figura 3 - Ganhos de eficiência da política de precificação por meio de um sistema de comércio de emissões</i>	31
<i>Figura 4 - Mapa dos SCE em funcionamento, em desenvolvimento e sobre consideração</i>	37
<i>Figura 5 - Mudança no CAP do EU-ETS entre 2005 e 2016, e mudança projetada até 2050</i>	42
<i>Figura 6 - Emissões, licenças, excedentes e preços no EU ETS, 2005-2020</i>	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Etapas para elaboração da estrutura de um SCE	35
Quadro 2 – Estimativas de reduções de emissões de GEE atribuídas aos SCE selecionados	39
Quadro 3 - Sistemas de certificação, tipos de créditos e elegibilidade	40
Quadro 4 - Análise das estimativas de redução de emissões do EU-ETS pré-crise financeira	47
Quadro 5 - Estudos que estimam o impacto do ETS da UE em atividades de investimento e inovação	48
Quadro 6 - Quadro comparativo entre o EU-ETS, Decreto Nº 11.075 e o PL 528/2021	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

GEE	Gases de Efeito Estufa
IPCC	Painel Intergovernamental Sobre Mudança do Clima
EU-ETS	<i>European Emissions Trade Scheme</i>
SCE	Sistema de Comércio de Emissões
SINARE	Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa
SBCE	Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
ONU	Organização das Nações Unidas
CQNUMC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima
COP	Conferência das Partes
CE	Comércio de Emissões
IC	Implementação Conjunta
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
NDC	Contribuição Nacionalmente Determinada
ITMOs	Resultados de Mitigação Transferidos Internacionalmente
MDS	Mecanismo de Desenvolvimento Sustentável
CMg	Custo Marginal
BMg	Benefício Marginal
CMg_p	Custo Marginal Privado
CMg_s	Custo Marginal Social
ICAP	International Carbon Action Partnership
BID	Inter-American Development Bank
IETA	International Emissions Trading Association
CER	Redução de emissão certificada
VERs	Reduções de Emissões Voluntárias
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis
CBIO	Crédito de descarbonização RenovaBio
CORSIA	Carbon offsetting and Reduction Scheme for International Aviation
MBRE	Mercado Brasileiro de Redução de Emissões

SNRC-GEE Sistema Nacional de Registro de Compensações de Emissões de Gases de Efeito Estufa

DEGEE Direitos de Emissão de GEE

MW Mega Watts

LISTA DE SÍMBOLOS

CO₂	Dióxido de carbono
CH₄	Metano
N₂O	Óxidos Nitroso
CO_{2e}	Carbono Equivalente
SO₂	Dióxido de enxofre
SF₆	Hexafluoreto de enxofre
NF₃	Trifluoreto de nitrogênio

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEUS IMPACTOS ECONÔMICOS	18
1.1 Emergência climática	18
1.2 Atividade econômica e o meio ambiente	18
1.2.1 Externalidades e Pigou	20
1.2.2 Internalização via mercado	22
1.3 Marcos legais do clima	24
1.3.1 Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD, Rio-92 ou Eco-92)	25
1.3.2 3ª Conferência das Partes (COP-3) o Protocolo de Quioto e o Mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL)	26
1.3.3 Acordo de Paris e o Artigo 6	27
2 SISTEMA DE COMÉRCIO DE EMISSÃO REGULADO	30
2.1 Formas gerais de configuração de um SCE regulado	31
2.2 Mercados voluntários	36
2.3 Histórico de implementações e resultados verificados de SCE regulados	37
2.4 Distinção entre créditos de carbono e licenças de emissões	40
3 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O EU-ETS E AS PROPOSTAS PARA UM SCE NACIONAL	42
3.1 METODOLOGIA	42
3.2 O EU-ETS	43
3.2.1 Implementação em fases	44
3.2.2 Resultados verificados e apontamentos à efetividade do EU-ETS	46
3.3 O cenário Brasileiro	50
3.3.1 Projeto de Lei 528/2021	51
3.3.2 Decreto 11.075	52
3.4 Análise comparativa entre o EU-ETS, Decreto 11.075 e PL 528/2021	53
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
REFERÊNCIAS	64

INTRODUÇÃO

O aquecimento global e as mudanças climáticas que dele decorrem são uma grande ameaça à população global e aos ecossistemas da terra (NORDHAUS, 2019). Os impactos ambientais decorrentes das atividades antrópicas afetam todos os aspectos da existência em nosso planeta, tanto o modo de vida das populações como a fauna e a flora (IPCC, 2021). Além de que o aquecimento global tende a elevar a ocorrência de eventos climáticos extremos, que, em geral, implicam em grandes danos ambientais, sociais e econômicos (KEOHANE, 2014).

A crescente concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera é apontada como a principal causa do aquecimento global (IPCC, 2021). Dentre as várias opções para reduzir as emissões de GEE, a precificação de carbono por meio de um mercado regulado que abranja os maiores emissores privados é considerada uma maneira custo-eficiente, no sentido de, pela negociação de licenças de poluição, possibilitar a mitigação das emissões de GEE a um menor custo. Essa alternativa tem se destacado nas discussões sobre o combate as mudanças climáticas, tanto no âmbito público como privado, sendo considerada por muitos uma ferramenta essencial nessa luta.

Porém, é preciso analisar algumas questões quanto a esse tipo de sistema, como: os mercados de emissões regulados já implementados, destacadamente o *European Emissions Trade Scheme* (EU-ETS), mostraram-se capazes de gerar reduções das emissões de GEE as quais se propuseram limitar? A partir do Decreto Nº 11.075 e do PL 528/2021, à luz da experiência europeia, quais os desafios para a elaboração e implementação de um sistema de comércio de emissões no Brasil?

O trabalho levanta a hipótese de que um sistema de comércio de emissões regulado é capaz de promover reduções nos níveis de emissões de GEE nos setores sob regulamentação, mesmo que elas sejam limitadas e que a verificação da influência do sistema sobre as reduções de emissões verificadas seja realizada de maneira indireta e/ou estimada. O EU-ETS, parâmetro de comparação do trabalho, mostrou-se eficaz em promover reduções nos níveis de emissões de GEE nos setores sob regulamentação.

Também é apresentada a hipótese de que a estrutura de regulamentação e a forma de implementação do EU-ETS podem servir como modelos para o Decreto Nº 11.075 e do PL 528/2021, que tratam da criação de um Sistema de Comércio de Emissões (SCE) regulado no Brasil, uma vez que ambos apresentam lacunas que geram dúvidas sobre a funcionalidade, efetividade e impacto do sistema sobre os setores a serem regulados, lacunas essas que são cobertas pela configuração legal/operacional do EU-ETS.

No primeiro capítulo, é apresentado um panorama das mudanças climáticas, seus impactos na economia e sociedade e um breve histórico das principais movimentações no âmbito de governança global de enfrentamento à crise climática. Também, nesse capítulo, é descrita a relação de interdependência entre a economia e o meio ambiente, bem como são apresentados dois dos principais instrumentos teóricos de precificação de poluição, propostos como ferramentas para mitigar as emissões de GEE das atividades produtivas no meio ambiente, a taxa pigoviana e as licenças de poluição.

O segundo capítulo aborda o SCE, explica suas possíveis formas de configuração e funcionamento e detalha os principais mecanismos econômicos presentes nesse sistema. Além disso, apresenta um histórico de implementações de SCEs no mundo e os resultados apresentados por alguns sistemas regulados em operação. Ainda apresenta um breve panorama sobre os mercados voluntários e as possibilidades de integração com o mercado regulado. Por fim, é feita distinção entre “licenças de emissão” e “créditos de carbono”.

O terceiro capítulo é dividido em quatro seções. A seção inicial descreve a metodologia a ser utilizada na análise comparativa, os objetos e as categorias de comparação. A segunda aborda o EU-ETS, apresenta um breve histórico de sua criação, suas configurações gerais, passos de implementação do sistema, as mudanças e os resultados obtidos pelo projeto, assim como análises de diversos autores sobre a efetividade e impactos do sistema sobre a economia.

Na terceira seção, é apresentado o estado atual da discussão sobre um SCE regulado no Brasil, analisando, principalmente, o Decreto Nº 11.075 de 19 de maio de 2022, que estabelece os procedimentos para criação de SCE ou Mercado de Carbono

Nacional e o Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SINARE), também é abordado o Projeto de Lei 528/2021, que visa implementar o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE) que tramita no congresso Brasileiro. A quarta seção faz uma análise comparativa entre o EU-ETS, o Decreto Nº 11.075 e o PL 528/2021 com base em treze características de um SCE selecionadas pelo autor a partir da revisão bibliográfica e apresentadas em um quadro.

O quarto capítulo, a partir da análise comparativa realizada na seção três e dos elementos apresentados nas seções anteriores, apresenta as considerações finais do trabalho, realizando um diagnóstico da situação atual da discussão no Brasil e indicando as possibilidades para resolver ou mitigar os pontos problemáticos identificados nas propostas brasileiras à luz da experiência do EU-ETS, assim como apontando outros elementos considerados relevantes para a discussão sobre um SCE nacional.

1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEUS IMPACTOS ECONÔMICOS

1.1 Emergência climática

O relatório do Painel Intergovernamental Sobre Mudança do Clima (IPCC, 2021) aponta que a concentração de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera terrestre é a maior verificada nos últimos dois milhões de anos. Também são constatados níveis recordes de concentração de outros GEE: Metano (CH_4) e Óxido Nitroso (N_2O). Os três gases contribuem mais significativamente para a elevação da temperatura terrestre, porém outros também auxiliam, em menor grau, o fenômeno. Para todos os cenários projetados pelo IPCC, a trajetória de aquecimento do planeta se manterá ao menos até a metade do século XXI. Além disso, o relatório ainda indica que a temperatura terrestre ultrapassará $1,5^\circ\text{C}$ e $2,0^\circ\text{C}$ ainda durante este século, a menos que haja uma redução significativa dos GEE.

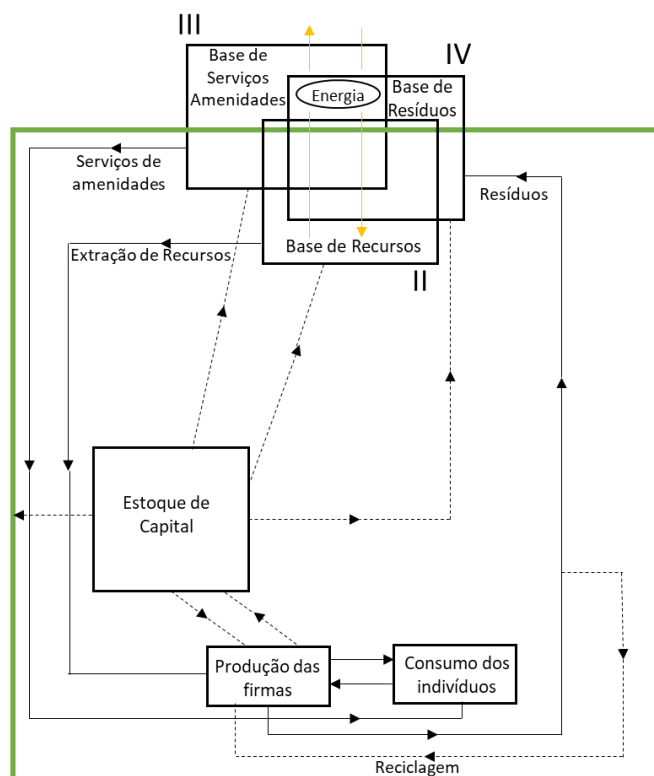
O IPCC (2021) afirma ser inequívoca a influência da ação humana nas rápidas mudanças climáticas em curso. Entre as apontadas pelo relatório está o rápido aumento da temperatura da superfície do planeta, ocasionada, principalmente, pela concentração crescente de GEE na atmosfera terrestre. As implicações das mudanças climáticas ultrapassam a necessidade de ajuste no estilo de vida, maior desconforto ocasional e algumas alterações na fauna e flora, mas representam risco de grandes perturbações na vida humana, assim como para a ecologia natural (KEOHANE, 2015).

1.2 Atividade econômica e o meio ambiente

Perman *et al.* (2003) argumentam que há uma interdependência bidirecional entre a economia e o ambiente — terra e sua atmosfera — uma vez que as atividades econômicas ocorrem dentro do ambiente, utilizando-se dos serviços por ele fornecidos, esse, por sua vez, é afetado por tais atividades. Essa interdependência é exposta na Figura 1, em que o ambiente é representado pelo quadro verde, como um sistema termodinamicamente fechado, ou seja, onde há troca de energia, não de matéria. As setas amarelas representam o aporte de radiação solar no ambiente, que, em parte, é absorvida e impulsiona os processos ambientais e é refletida ao espaço,

sendo que o equilíbrio entre a absorção é a reflexão da radiação solar determina o funcionamento do sistema climático global.

Figura 1 - Representação esquemática das relações bidirecionais de interdependência entre a economia o meio ambiente



Fonte: PERMAN et al. (2003). Adaptado.

As três caixas localizadas na parte superior da Figura 1 representam as funções que o ambiente desempenha em relação à atividade econômica, elas são: II) base de recursos: recursos naturais utilizados na atividade econômica que podem existir como fluxo, a exemplo da radiação solar, estoques renováveis, como recursos vegetais, e não renováveis, como minério e combustíveis fósseis; III) base de serviços de amenidades: instalações recreativas ou outras fontes de prazer ou estímulos fornecidas pela biosfera para os indivíduos, sem necessariamente envolver algum fluxo material; IV) base de resíduos: resíduos lançados no ambiente oriundos das atividades de produção e consumo, comumente tratado por economistas como um estoque de valor negativo. Outra função desempenhada pelo ambiente é a prestação de serviços de suporte à vida e às três anteriormente apresentadas, sendo representada na figura pelo quadro verde (I).

Apesar dessa interdependência do meio ambiente com a atividade econômica, Mueller (1996) ressalta que até o fim da década de 1960 a teoria econômica, destacadamente a escola neoclássica, não reconhecia que falhas substanciais e persistentes em economias de mercado pudessem ser causadas por problemas ambientais. Entretanto, mesmo que pouco abordada entre o fim do século XIX até o fim dos anos 1960, a temática ambiental estava presente nas discussões dos economistas clássicos, como Smith, Malthus, Ricardo e Mill, sendo os recursos naturais, com destaque para a terra, tratados como um dos determinantes da riqueza e do crescimento econômico (PERMAN *et al.*, 2003). Além desses, Marx também abordou o tema, entendendo o valor uma combinação de trabalho e natureza, apesar de considerar apenas o trabalho capaz de produzir valor de troca (GÓMEZ-BAGGETHUN *et al.*, 2010).

Enquanto na economia clássica a natureza, de modo geral a terra, era abordada como fator de produção gerador de renda, sendo seus benefícios dotados de valores de uso, Gómez-Baggethun *et al.* (2010) apontam que, com a revolução marginalista (1870), a economia neoclássica passa gradativamente a restringir sua análise a termos de valores de troca, assim como transitam de uma análise física para uma análise monetária, sendo a terra removida da função de produção e considerada reproduzível e/ou substituível pelo capital, possibilitando sua monetização.

A valoração do ambiente e das funções por ele desempenhadas não é uma tarefa trivial, uma vez que o ambiente e muitas dessas funções apresentam características de bens públicos, ou seja, estão disponíveis para o uso de todos, porém o valor de sua utilização — e eventual degradação — não é incorporado à tomada de decisões econômicas, fenômeno nomeado como externalidade (BAYON, 2004).

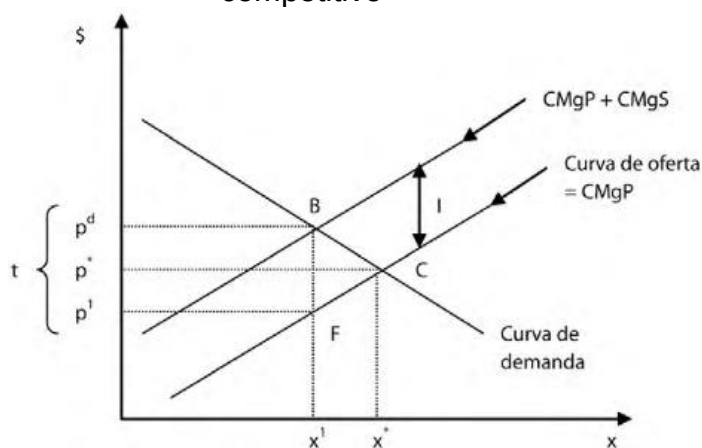
1.2.1 Externalidades e Pigou

A abordagem limitada sobre a questão ambiental na teoria econômica durante a primeira metade do século XX não implicou em uma total ausência de trabalhos na área, com Arthur Cecil Pigou (1877-1959), apresentando aquela que é considerada a primeira análise sistemática da poluição como externalidade (PERMAN *et al.*, 2003). Pigou aborda a poluição gerada pelas atividades econômicas como um dano social, uma externalidade negativa, considerando que presença de externalidades negativas

em um mercado competitivo afeta a eficiência dele, fazendo com que o ponto de equilíbrio, dado na interseção entre Custo Marginal (CMg) e o Benefício Marginal (BMg) — ou demanda — se dê em um nível diferente do ótimo de Pareto¹ (SANTOS; PORTO; SAMPAIO, 2017).

A causa dessa alocação ineficiente é a diferença entre o custo privado e o custo total, ou custo social, de determinada atividade exercida por um agente econômico, quando o Custo Marginal Privado (CMg_p), que reflete os custos de produção/atividade do agente que exerce tal atividade, é inferior ao Custo Marginal Social (CMg_s), composto pelo CMg_p e os custos externos (externalidades) (COSTA, 2005). A solução proposta por Pigou, internalização da externalidade negativa gerada pela poluição de determinada atividade, é o estabelecimento por parte do estado de um tributo (I) incidente sobre cada unidade produzida, cujo valor é a diferença entre o CMg_s e o CMg_p (CÁNEPA, 2010). A figura 2 traz uma representação do imposto pigouviano, em análise de equilíbrio parcial, em um setor produtivo operando em concorrência perfeita.

Figura 2 - Imposto pigouviano: internalização de externalidade negativa em mercado competitivo



Fonte: CÁNEPA (2010).

Em uma economia com mais de um agente poluidor, que apresentem diferentes custos para reduzir o nível de poluição emitidos por suas atividades, a taxa pigouviana pode ser considerada uma política de redução custo-eficiente na medida em que os

¹ Ponto de alocação eficiente, onde nenhum agente consegue melhorar seu próprio bem-estar sem prejudicar o bem-estar de outro agente (PINDYCK; RUBINFELD, 2013).

agentes podem definir o quanto reduzir suas emissões de poluição e o quanto arcar com a taxa, podendo optar pela combinação que lhe proporcione o menor custo (COSTA, 2005). A abordagem da poluição como externalidade que afeta a eficiência do mercado elaborada por Pigou, posteriormente, foi estendida e desenvolvida por outros autores e tornou-se o principal princípio organizador usado pelos economistas na análise dos problemas de poluição (PERMAN *et al.*, 2003).

O modelo de tributação pigoviano, porém, apresenta algumas questões que podem impactar negativamente no seu funcionamento e objetivo de internalizar as externalidades. Santos, Porto e Sampaio (2017) ressaltam que o regulador dificilmente consegue determinar com precisão o valor taxa que conduz a economia a seu nível de alocação ótimo, principalmente por conta da assimetria de informação, uma vez que é improvável que o regulador tenha conhecimento dos custos marginais de toda a economia. Demsetz (1996) resalta que a atribuição de maneira assimétrica da responsabilidade das externalidades a uma das partes envolvidas advém de certa abstenção dos custos de erros, implementação e motivação imprópria associados ao estado.

1.2.2 Internalização via mercado

Apesar do trabalho de Pigou no início do século XX, a questão ambiental na economia só seria abordada com maior ênfase a partir da década de 1960 (PERMAN *et al.*, 2003). Mueller (1996) aponta que, com esse movimento, os autores neoclássicos passaram a reconhecer que: i) existe um processo unidirecional e irreversível aos menos no caso da energia, sendo que a possibilidade de reversibilidade parcial no caso de materiais tem um custo; ii) as unidirecionalidades e irreversibilidade podem levar à crescente escassez de recursos; iii) quantidades maiores de rejeitos e poluição gerados pelas atividades econômicas podem exceder a capacidade de assimilação do ecossistema, causando degradação do meio ambiente, que pode implicar em problemas em escala global e local. Além disso, também destaca que a análise neoclássica passou a considerar o impacto do meio ambiente sobre o bem-estar dos indivíduos.

Na esteira dessas novas abordagens, *Ronald Harry Coase* (1910-2013) apresenta *The problem of social cost* (1960), onde questiona o tratamento dado por Pigou e, o que chama de tradição pigoviana, a divergência entre o produto privado e

o social, ou custo privado e o custo social, decorrentes das externalidades (DEMSETZ, 1996). Coase (1960) argumenta que os efeitos das externalidades são de natureza recíproca, uma vez que a atribuição de responsabilidade e sanções ao agente causador de tal externalidade em favor do agente por ela afetado geram um dano à atividade do agente gerador de externalidade à medida que reduz ou elimina o dano do agente anteriormente afetado por tais efeitos, não necessariamente em proporções iguais. Partindo dessa abordagem, para Coase, tornar um agente responsável pelos danos causados a outro por suas atividades atribuindo-lhe a totalidade dos custos dos danos conduz a resultados ineficientes.

Coase (1960) propõe que, com um sistema de preços funcionando suavemente, direitos de propriedade inicialmente bem definidos e custos de transações baixos ou nulos, o problema das externalidades pode ser resolvido por meio da livre negociação entre os agentes envolvidos. Nessas condições, o ponto de alocação socialmente ótimo é obtido pelas transações de mercado em que esses direitos de propriedade são negociados entre as partes envolvidas. Em outras palavras, supondo que as externalidades geradas pela atividade do agente A cause um dano ao agente B, se o valor desse dano for diferente do valor em benefícios que a o agente A obtém com sua atividade, há uma possibilidade de negociação entre as partes, sendo o objetivo de cada um a maximização da própria utilidade e lucro, resultando em alguma redução no nível do dano gerado pelo agente A considerado eficiente em termos de valor total do produto, no sentido de maximizar o valor obtido (BUCHANAN, 1973).

Do trabalho de Coase, George Joseph Stigler (1911-1981) abstrai dois teoremas que Lai, Lorne e Davies (2020) sintetizam como: i) Teorema da Invariabilidade (*Invariant Theorem*), dado direitos de propriedade claramente definidos e custo zero de transação, a escolha e a forma de atribuição de direitos e obrigações não afeta a alocação de recursos; ii) Teorema da Otimalidade (*Optimality Theorem*), dado direitos de propriedade claramente definidos e custo zero de transação, a alocação de recursos por meio da livre negociação entre os agentes é sempre um ponto de eficiência paretiana. Cabe ressaltar que Coase (1960) também considera os fatores de produção como um direito que o proprietário possui, que lhe permite realizar determinadas ações, como, por exemplo, privar algumas pessoas de seu uso, entretanto ressalta que os direitos do proprietário não são ilimitados.

Segundo Coase (1960), a suposição de que os custos de transação no mercado são nulos é irrealista, uma vez que, no mundo real, os trâmites de negociação tendem a ter custos que, quando muito elevados, podem evitar a ocorrência de negociação entre os agentes para resolução dos danos das externalidades. A negociação dos direitos entre as partes ocorrerá somente quando o aumento do valor da produção obtido com a negociação for superior aos custos de realizá-la. Caso os custos superem o valor obtido por meio da negociação, a delimitação inicial dos direitos de propriedade influi na eficiência do sistema de preços, desse modo os direitos deverão ser atribuídos através das cortes ou de políticas de estado, tendo como objetivo alcançar a melhor alocação possível dos recursos, assim maximizando os resultados econômicos. Coase (1960), porém, também argumenta que a maximização dos resultados não deve ser único aspecto considerado na escolha entre as diferentes alocações sociais, sendo necessário levar em consideração outras esferas da vida.

1.3 Marcos legais do clima

Paralelamente a sua maior presença no debate teórico econômico, a temática ambiental também passou a ocupar um espaço crescente nas discussões das esferas pública e política nacional/internacional na segunda metade do século XX, principalmente a partir dos anos 1970, quando diversos países assumiram compromissos de reduzir os impactos de suas atividades sobre o meio ambiente (MARCOVITCH, 2007). O contexto em que se realizavam as negociações, porém, era de um crescente debate sobre as desigualdades econômicas e sociais entre os países industrializados, os quais buscavam preservar o meio ambiente e os recursos naturais ainda disponíveis, e países em desenvolvimento, que aspiravam se industrializar ou elevar seu nível de industrialização, a fim de melhorar sua situação econômica e social (BAPTISTA; OLIVEIRA, 2002).

A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente de Estocolmo (1972) representou a primeira ação internacional relevante entre países no que tange às questões ambientais, apesar de outras movimentações de menor escala anteriormente realizadas (MARCOVITCH, 2007). Organizada pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), ela resultou na Declaração de

Estocolmo sobre o ambiente humano, que definiu 26 princípios comuns na busca de um equilíbrio global para guiar as populações do mundo na preservação e melhoria do meio ambiente (BARBADO; LEAL, 2021).

Em 1988, foi realizada a primeira Conferência Mundial sobre o clima, em Toronto (Canadá) (BARBADO; LEAL, 2021), ano em que também foi criado o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, sigla em inglês), cuja principal função é a elaboração de relatórios avaliando o estado do conhecimento sobre mudanças climáticas (IPCC, 2022), com o primeiro relatório sobre o aumento da temperatura do planeta recomendando a realização de um tratado climático internacional no ano de 1992 (BARBADO; LEAL, 2021). O avanço científico na questão ambiental corroborou com as evidências da intervenção humana como causa dos desequilíbrios climáticos, agilizando as ações multilaterais em torno do tema (MARCOVITCH, 2007).

1.3.1 Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD, Rio-92 ou Eco-92)

Foi realizada, no Rio de Janeiro (Brasil), a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1992), na qual participaram 172 países. Batista e Oliveira (2002) listam os principais objetivos da conferência, como: i) diagnosticar a situação mundial após a Conferência de Estocolmo e os avanços obtidos com a implementação dos princípios da Declaração de 1972; ii) discutir mecanismos para adaptação do modelo de desenvolvimento econômico vigente aos princípios do desenvolvimento sustentável, delineados no Relatório Brundtland (1987); iii) definir mecanismos para transferência de tecnologias não poluentes aos países subdesenvolvidos; iv) negociar a criação de um sistema de cooperação internacional para prevenção e socorro em casos de ameaças ambientais; e v) reavaliar o sistema de organismos da Organização das Nações Unidas (ONU), se necessário, sugerindo a criação de entidades para implementação das decisões da conferência.

Resultaram da conferência os tratados internacionais: Agenda 21, que se propõe a fixar as ações a serem realizadas pelos estados, por todo o século XXI, objetivando à efetivação dos princípios constantes na Declaração do Rio de Janeiro

(BAPTISTA; OLIVEIRA, 2002); Convenção da Biodiversidade; e Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (CQNUMC ou UNFCCC da sigla em inglês), com o objetivo de estabilizar a concentração de gases do efeito estufa na atmosfera (BARBADO; LEAL, 2021). O CQNUMC, que passou a vigorar somente em 1994, foi assinado por 154 países e, nele, foram estabelecidas normas para redução de GEE e uma série de medidas genéricas a serem adotadas pelos países signatários para redução das emissões, individualmente ou em conjunto, até aos níveis de 1990 (BAPTISTA; OLIVEIRA, 2002).

1.3.2 3ª Conferência das Partes (COP-3) o Protocolo de Quioto e o Mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL)

A partir do ano de 1995, passou-se a realizar a COP, organizada pela ONU, com uma periodicidade anual, conferência que reúne os países signatários do CQNUMC, onde são negociadas extensões ou adições ao CQNUMC (ONU, 2021). Na COP-1 (Berlim, 1995), surge a ideia de um protocolo multilateral que define procedimentos concretos para combate às mudanças no clima (MARCOVITCH, 2007). Nessa primeira conferência, foram assumidos compromissos legais de redução de emissões de GEE que precisariam ser ratificados pelos países desenvolvidos nas próximas conferências a serem realizadas (BARBADO; LEAL, 2021).

A COP-3 (1997), realizada em Quioto (Japão), por meio do Protocolo de Quioto, fixou uma meta de redução média das emissões de GEE de 5% abaixo dos níveis registradas em 1990 para os países desenvolvidos, meta a ser alcançada pelos países entre o período de 2008 e 2012 (MARCOVITCH, 2007). Para os demais países signatários, o acordo sugere uma redução nas emissões de GEE (BARBADO; LEAL, 2021). O interesse em concretizar os objetivos definidos no Protocolo de Quito, porém, não eliminaram o receio e a resistência de setores empresariais e políticos sobre as consequências adversas das medidas a serem adotadas aos setores produtivos e a indicadores econômicos e sociais, visando aplacar esses receios, facilitar e reduzir os custos do cumprimento das metas impostas aos países desenvolvidos, o protocolo de Quito apresentou três mecanismos de flexibilização² (BELCHIOR; MATIAS, 2008):

² Os três mecanismos de flexibilização pertencem a um sistema em que a unidade de medida das emissões é dívida em unidades de Carbono Equivalente (CO₂e) (BELCHIOR; MATIAS, 2008).

- a. Comércio de Emissões (CE): a ser utilizado por países desenvolvidos signatários do acordo, sendo que cada um recebe determinada quantidade cotas de emissão de GEE, de acordo com o limite determinado pelo protocolo, quantidade que representa o seu limite de emissão. Caso o país emita menos GEE que o seu limite, pode comercializar as cotas restantes com que não conseguiram respeitar o limite imposto. O mecanismo também abre a possibilidade de participação de empresas privadas, desde que sob a responsabilidade dos países as quais pertencem;
- b. Implementação Conjunta (IC): a ser utilizado por países desenvolvidos signatários do acordo, que podem realizar projetos conjuntos com o objetivo de atingir suas metas de redução de emissões, esses projetos podem gerar cotas de poluição para o país que o custear, cotas que serão deduzidas do país que receber o investimento;
- c. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL): utilizado por países desenvolvidos em conjunto com os em desenvolvimento. Por meio dele, países desenvolvidos signatários do protocolo podem implementar projetos de redução de emissões ou sequestro de GEE em países em desenvolvimento signatários do protocolo pelo financiamento ou transferência de tecnologias menos poluentes, conhecimento, práticas ou processos mais eficientes e seguros. Verificada a efetividade na redução das emissões e/ou sequestro de GEE, créditos são gerados na medida de uma unidade de carbono equivalente, que podem ser negociados com os países desenvolvidos signatários do acordo.

1.3.3 Acordo de Paris e o Artigo 6

No ano de 2015, em Paris (França), era realizada a COP 21, onde foi elaborado o último grande tratado climático no âmbito internacional, conhecido como Acordo de Paris, no qual diversos países — inclusive o Brasil — se comprometeram em reduzir suas emissões por meio de Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, da sigla em inglês), a fim de limitar a elevação da temperatura terrestre em até 2,0°C até o fim deste século, com ambições para não ultrapassar 1,5°C (UNFCCC, 2015). Diferentemente do Protocolo de Quioto, no Acordo de Paris, os próprios países

determinaram suas metas de redução de GEE, por meio das NDCs, sendo que nações emergentes também apresentaram metas de corte de emissões (SOUZA; CORAZZA, 2017). Até 2021, 194 apresentavam NDCs ativas junto a UNFCCC, sendo 197 o número de participantes da convenção (UNFCCC, 2022).

Bodansky (2016) apresenta oito características do Acordo de Paris que representam uma mudança de paradigma em relação aos tratados climáticos anteriores, mudança que pode catalisar uma ação global mais forte no combate às mudanças climáticas — embora seja necessária cautela quanto a essa expectativa — sendo essas características: i) trata-se de um instrumento vinculativo, mesmo que apresente muitos elementos não vinculativos; ii) aplica-se aos países desenvolvidos e não desenvolvidos; iii) especifica as mesmas obrigações básicas para todos os países, abandonando a abordagem estática de diferenciação baseada em anexos da UNFCCC e no Protocolo de Quioto, favorecendo uma abordagem mais flexível e calibrada, que considera as mudanças nas circunstâncias e capacidades; iv) define uma arquitetura durável e de longo prazo; v) que institucionaliza um processo iterativo, no qual, a cada cinco anos, as partes devem voltar à mesa para fazer um balanço progresso coletivo e apresentar planos de redução de emissões para o próximo quinquênio; vi) estabelece uma expectativa de ação progressivamente mais forte ao longo do tempo; vii) define uma estrutura de transparência e responsabilidade aprimorada, para que os estados tenham um incentivo para realizar suas NDCs, caso contrário, a comunidade terá conhecimento, submetendo-os à pressão dos pares e do público; e viii) exige aceitação quase universal.

Após o Protocolo de Quioto, a discussão em torno de mercados internacionais de carbono, ou GEE, apresentaram avanços limitados, sendo que a inclusão de mecanismos de cooperação na pauta da COP-21 foi considerada uma surpresa para muitos (MICHAELOWA *et al.* 2019). Bodansky (2016) ressalta que o Artigo 6 do acordo de Paris não se refere diretamente a “mercados”, dado a oposição de um grupo minoritário de estados, reconhecendo expressamente a importância de abordagens não mercadológicas, entretanto prevê dois mecanismos baseados no mercado, sendo eles:

- a. Artigo 6.2: reconhece o engajamento das partes em “abordagens cooperativas” para alcance das metas estabelecidas pelas NDCs,

envolvendo a utilização de “Resultados de Mitigação Transferidos Internacionalmente” (ITMOs, da sigla em inglês). Para garantir a integridade ambiental, as partes devem aplicar regras contábeis robustas consistentes com as orientações a serem estabelecidas no acordo;

- b. Artigo 6.4: desenvolve o Mecanismo de Desenvolvimento Sustentável (MDS, ou SDM da sigla em inglês), que, como o MDL, propõe-se a gerar compensações de reduções de emissões que podem ser utilizadas por outro país no cumprimento de sua NDC, não se limitando a reduções baseada em projetos, mas abrindo a possibilidade da utilização de políticas públicas ou programas de redução de emissão. Também possibilita a geração de compensações para reduções de emissões em países desenvolvidos e em desenvolvimento.

As regras para o mercado internacional de carbono disposta no Artigo 6 do Acordo de Paris foram aprovadas somente durante a COP-26 (2020), realizada em Glasgow (Escócia), onde decidiram por permitir o carregamento de projetos de MDL a partir de 2013, que funciona como uma forma de desconto nas metas de redução de GEE, além de estabelecer regras contábeis para evitar a dupla contagem de créditos de carbono (GENIN; FRASSON, 2021).

2 SISTEMA DE COMÉRCIO DE EMISSÃO REGULADO

Baseando-se em parte da análise elaborada por Coase em *The problem of social cost* (1960), John Dales (1920-2007), em *Pollution, Property and Prices* (1968), aborda a problemática da poluição por meio de uma proposta econômico-legal, elaborando um sistema de direitos de propriedade e outros incentivos que visam possibilitar a obtenção do melhor custo-benefício possível na redução da poluição por meio de negociações em um mercado de direitos de poluição (BANZHAF, 2020). Berta (2020) destaca que, apesar da forte influência do trabalho de Coase e da escola de direitos de propriedade, o mercado de licenças de poluição elaborado por Dales não representa uma adaptação ou extensão da negociação/barganha coaseana, uma vez seu principal foco é apresentar uma forma de abordar a inviabilidade de soluções ótimas, especialmente os impostos ótimos e seus preços-sombra, considerados impossíveis de calcular e incapazes de lidar com a inviabilidade da solução coaseana para múltiplos agentes.

Banzhaf (2020) afirma que o comércio de poluição pode ser descrito como coaseano na medida em que: i) esclarece os direitos de propriedade a recursos ambientais como a atmosfera e introduz a aplicação de mecanismos para violações desses direitos; ii) reduz os custos das transações por meio da *comoditização* da poluição em unidades claras de medição e plataformas de mercado centralizadas; e iii) permite a negociação. O funcionamento básico do mercado de direitos de poluição proposto por Dales parte do estabelecimento por parte do Estado, proprietário do bem ambiental, de um limite para a poluição compatível com a qualidade ambiental desejada, o que é definido politicamente, dessa definição, o Estado emite a quantidade equivalente de direitos ou licenças de poluição negociáveis e as comercializa em leilões ou distribui entre os poluidores participantes do mercado (SANTOS; PORTO; SAMPAIO, 2017). Estes, por sua vez, podem emitir a quantidade de poluição equivalente às licenças que possuem, podendo ofertar ou demandar no mercado de licenças seus saldos (DALES, 1968).

Dales (1968) defende que o comércio de emissões de poluição como uma maneira mais eficiente, menos custosa e complexa frente às opções disponíveis: regulação por meio de medidas de comando-e-controle, subsídios e taxação. Porém, há muitas condições operacionais das quais os mercados de poluição dependem: i)

necessidade de medir as toneladas de resíduos descartados por diferentes poluidores; ii) necessidade de definir um esquema de equivalência para tornar as diferentes qualidades de resíduos comparáveis e intercambiáveis; iii) necessidade de controlar os dados dos poluidores e os dados dos controladores; iv) a necessidade de estabelecer um preço por tentativa e erro para iniciar o mercado (KNOLL, 2015).

2.1 Formas gerais de configuração de um SCE regulado

A nota técnica da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2020) indica que um SCE pode ser configurado de duas formas principais, apesar de haver outras possibilidades, sendo I) sistema *baseline-and-credit*, onde é definido uma linha base, entendido com um limite superior, para emissões dos atores participantes do mercado (emissores), tendo o cenário *business as usual* como referência, estes geram créditos para si quando seu volume de emissões é inferior ao limite estabelecido pela linha base, sendo esses créditos passíveis de comercialização com outros participantes do mercado; e II) Sistema *cap-and-trade*, onde é estabelecido um teto (*cap*) para as emissões e são emitidas licenças de emissões, em geral, equivalentes a uma tonelada de CO_{2e}³, que, somadas, correspondem ao teto estabelecido.

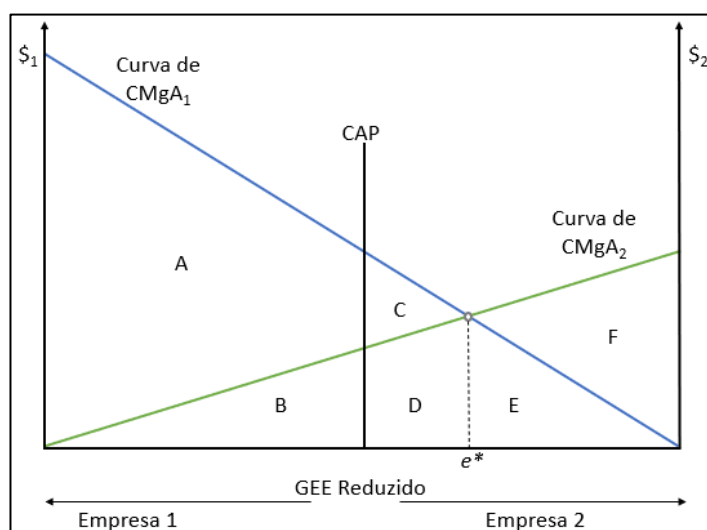
Essas licenças são distribuídas ou vendidas pelo regulador aos participantes do mercado, obedecendo a critérios preestabelecidos, que podem comercializá-las de acordo com suas necessidades para cobrir seu volume de emissões com licenças. Um período vigente é definido pela autoridade reguladora, ao fim dele, os agentes participantes devem apresentar os documentos que comprovem suas emissões e as licenças que possuem, que devem, ao menos, cobrir o total das emissões de GEE do agente no período, que é sancionado em caso de não cumprimento (EEA, 2017).

A Figura 3 traz uma representação simplificada do funcionamento de um SCE do tipo *cap-and-trade* na ótica dos agentes participantes, considerando duas empresas com o mesmo número de licenças para emissão – representada pela linha vertical (CAP) –, porém com custos marginais de abatimento (CMgA) diferentes. Com a reta azul, representando a empresa 1, menos eficiente em reduzir suas emissões –

³ CO_{2e}: Dióxido de Carbono Equivalente é uma forma de representar outros GEE em uma medida equivalente ao CO₂ e é obtido através da multiplicação das toneladas emitidas de cada GEE por seu respectivo potencial de aquecimento global (IPAM, 2015)

reduz da direita para a esquerda – e a reta verde, representando a empresa 2, mais eficiente em abater seus GEE emitidos – reduz da esquerda para a direita. O custo de abatimento para empresa 2 é dado por B, enquanto o custo para empresa 1 é dado por C+D+E. Quando o $CMgA_1$ for maior do que o $CMgA_2$ – representado por C+D – a empresa 1 terá incentivos para não reduzir suas próprias emissões, sendo mais vantajoso negociar com a empresa 2 as reduções abaixo do CAP, que a mesma é capaz de realizar a um custo de abatimento menor. O preço das licenças será determinado por meio da negociação entre as duas empresas em algum ponto em C. A interação das empresas no mercado propicia o alcance do nível ótimo de poluição (e^*), onde o custo de abatimento das áreas C+D é reduzido e o custo de abatimento das empresas, dado por B+D+E, é minimizado (EPE, 2020).

Figura 3 - Ganhos de eficiência da política de precificação por meio de um sistema de comércio de emissões



Fonte: EPE (2020). Adaptado.

Nicolleti e Lefèvre (2016) apontam que, para garantir a integridade e bom funcionamento de um SCE, são necessários sistemas de informações bem desenvolvidos e confiáveis que permitam avaliar o desempenho dos participantes quanto ao cumprimento de suas obrigações — estabelecidas por seu CAP — de abatimento de GEE. O SCE deve ser Monitorado, Verificado e Relatado (MRV), sendo os sistemas de MRV, de abordagem em tempo real ou de cálculo baseado em fator de emissão, essenciais para o funcionamento adequado de um SCE (ZHANG; ZENG; LI, 2018). Os dados fornecidos por um MRV também auxiliam os órgãos

reguladores do SCE na definição de parâmetros, como: setores e GEE cobertos pelo sistema, *CAP*, alocação das licenças entre os participantes e outros fatores necessários para o funcionamento adequando do mercado, por isso é importante que sejam adotados, preferencialmente, antes do início das operações do sistema (NICOLLETI; LEFÈVRE, 2016).

A nota técnica da EPE (2020) aponta vantagens e desvantagens, de caráter teórico, na adoção de um SCE. Entre as vantagens estão: (i) assegura os resultados ambientais, visto que estabelece um teto (*CAP*) para as emissões; (ii) ser uma forma custo-efetiva de abater emissões, uma vez que o sistema de preços, a “*priori*”, indica, de maneira adequada, o valor dos bens e serviços do meio e ambiente; (iii) possibilitar, por meio da interação entre o *CAP* e os sinais dos preços gerados no mercado, a identificação por parte dos agentes de processos de baixo custo para redução de suas emissões — podendo ser um incentivo à inovação; (iv) permitir aos participantes do mercado adaptar-se às mudanças na conjuntura econômica — como uma desaceleração — por meio do sinal dos preços gerados pelo SCE, que tende a variar de acordo com o nível de atividade econômica.

Pope e Owen (2009) apontam que um SCE também tem potencial de gerar receitas, caso as licenças de emissão sejam comercializadas pelo órgão regulador e não apenas distribuídas gratuitamente aos participantes do mercado. As receitas oriundas da precificação podem ser utilizadas para incentivar a atividade econômica ou investidas em projetos voltados em combater as mudanças climáticas, a utilização dessas receitas da precificação de emissões é também conhecida pelo termo “reciclagem” (EPE, 2020). Aldy e Stavins (2012) também elencam outras possibilidades para utilização das receitas obtidas pelo governo por meio da venda de licenças — ou oriundas de outras formas de precificação de emissões — como: redução de impostos distorcivos incidentes sobre capital e trabalho, redução da dívida e financiamento de programas públicos, como compensação para famílias de baixa renda que podem ser mais impactadas pela elevação dos preços que a implementação de um SCE tende a acarretar.

Entre as desvantagens apontadas pela EPE (2020) estão: (i) volatilidade dos preços das licenças, por conta do número fixo de licenças e a variabilidade da demanda por elas ao longo do tempo, elevando a incerteza, o que pode limitar a

capacidade de um SCE em incentivar P&D em tecnologias limpas; (ii) obrigatoriedade dos participantes em abater emissões — dado *CAP* estabelecido — independentemente dos custos de abatimento observados; (iii) dificuldade em identificar uma alocação razoável de licenças; (iv) possibilidade de impactar a competitividade dos agentes participantes e da economia em geral; e (v) necessidade de novos requerimentos institucionais. Pope e Owen (2009) apontam outros fatores que podem impactar a efetividade de um SCE, destacando os custos administrativos e de *compliance* para atuação dos agentes no mercado e a aplicabilidade das interações entre um SCE e a legislação tributária existente. Bayon (2004) ressalta que o estabelecimento e funcionamento de um SCE também pode gerar externalidades, sendo a principal delas a possibilidade de elevação dos preços de alguns bens e serviços.

Além disso, Aaldy e Savins (2012) afirmam que, em geral, a implementação de instrumentos de precificação de emissões tende a elevar alguns custos, principalmente de energia, impactando a competitividade das empresas que podem reagir realocando suas operações para países com controles de poluição menos rígidos e custosos, dessa forma mantendo ou até elevando seus níveis de emissões de GEE, um efeito nomeado como *carbon-leaking* — ou vazamento de emissões. Os autores também ressaltam que esse vazamento pode ocorrer por meio dos mercados internacionais de energia, uma vez que uma redução na demanda de combustíveis fósseis nos países com instrumentos de precificação de emissões pode levar a uma queda nos preços dos combustíveis fósseis nos mercados internacionais, gerando um incentivo para o aumento do consumo em nações com controles de emissões mais flexíveis ou inexistentes.

Alguns dos aspectos prejudiciais à eficiência de um SCE podem ser contornados por meio de ajustes nos arranjos regulatórios do sistema (HERMWILLE; OBERGASSEL; ARENS, 2016). Como exemplo, Aldy e Stavins (2012) afirmam que, para reduzir os impactos negativos da volatilidade dos preços das licenças, podem ser incorporadas medidas de contenção de custos, como um sistema de compensações para utilização de créditos de emissões gerados fora dos setores regulados pelo sistema, bancos para reserva e empréstimos de licenças ao longo do tempo e válvulas de segurança para serem acionadas em casos de valores excepcionalmente altos ou baixos.

A vinculação entre SCE de jurisdições distintas é outra possibilidade para reduzir os custos de conformidade, aumentar a liquidez de mercado e reduzir a volatilidade dos preços das licenças, porém sistemas ligados diretamente tendem propagar entre si mecanismos regulatórios, principalmente os relacionados à contenção de custos, questão que pode ser evitada por meio de uma ligação indireta, pela qual dois sistemas aceitam compensações de outro comum de redução de emissões, como, por exemplo, o MDL (ALDY; STAVINS, 2012).

O *International Carbon Action Partnership* (ICAP, 2016) indica que o processo de implementação de um SCE deve considerar as circunstâncias, necessidades e especificações jurídicas do país/região que se pretende realizar a implementação do sistema, porém elabora um quadro com 10 etapas, não necessariamente sequenciais, que devem ser abordadas para elaborar a estrutura básica de um SCE:

Quadro 1 – Etapas para elaboração da estrutura de um SCE (Continua)

Etapas 1: definir o âmbito (escopo) da aplicação • Definir os setores regulados; • Definir os gases regulados; • Definir os pontos de regulação; • Escolher as entidades a regular e decidir se deve estabelecer limites. Etapas 2: Estabelecer o limite de emissões • Montar um banco de dados sólido para determinar o limite; • Determinar o nível e o tipo de limite; • Escolher os períodos de tempo para definir o limite e fornecer uma trajetória de limite de longo prazo. Etapas 3: Atribuir diretos de emissão • Complementar os métodos de alocação com os objetivos das políticas públicas; • Definir elegibilidade e método de alocação gratuita e equilibrar com leilões ao longo do tempo; • Definir o tratamento de novos operadores, encerramentos e remoções.	Etapas 4: Considere o uso de compensações • Definir se as compensações serão aceitas de fontes e setores não regulamentados pelo sistema e/ou fora da jurisdição; • Definir os setores, gases e atividades elegíveis; • Comparar os custos de estabelecer seu próprio programa de remuneração versus fazer uso de um programa existente; • Definir limites no uso de compensações; • Estabelecer um sistema de monitoramento, <i>report</i>, verificação e regulação. Etapas 5: decidir sobre a flexibilidade temporal • Estabelecer regras para acumular licenças; • Estabelecer regras para empréstimos de licenças e alocação antecipada; • Definir a duração dos períodos de relatório e conformidade.
---	--

Quadro 1 – Etapas para elaboração da estrutura de um SCE (Conclusão)

Etapa 6: considerar a previsibilidade de preços e avaliar os mecanismos de contenção de custos • Estabelecer a justificativa para a intervenção no mercado e os riscos associados a tal intervenção; • Decidir se os preços considerados muito baixos, muito altos ou ambos justificam a intervenção no mercado; • Escolher o instrumento adequado para a intervenção no mercado; • Decidir sobre o marco regulatório. Etapa 7: Garantir a conformidade e o monitoramento • Identificar as entidades reguladas; • Gerenciar relatórios de emissões por entidades regulamentadas; • Aprovar e gerenciar o desempenho dos verificadores; • Estabelecer e monitorar o registro do SCE; • Projetar e implementar a abordagem de sanção e aplicação; • Definir o tratamento de novos operadores, encerramentos e remoções.	Etapa 8: Envolver as partes interessadas, comunicar e construir capacidade • Mapear as partes interessadas com suas respectivas posições, interesses e preocupações; • Coordenar um processo de tomada de decisão transparente nos departamentos governamentais relevantes para evitar desalinhamento de políticas; • Projetar uma estratégia de engajamento para consulta às partes interessadas que especifique o formato, cronograma e objetivos; • Projetar uma estratégia de comunicação que reflita as preocupações públicas locais e imediatas; • Identificar e atender às necessidades de fortalecimento da capacidade do ETS. Etapa 9: Considerar a vinculação (link) a outros SCEs • Determinar as metas e a estratégia de vinculação; • Identificar os parceiros de vinculação; • Determinar o tipo de vinculação; • Estabelecer e regular a vinculação. Etapa 10: Implementar, avaliar e aperfeiçoar • Estabelecer e regular a vinculação; • Decidir sobre o processo e o escopo das revisões; • Avalie o ETS para apoiar a revisão;
---	---

Fonte: Adaptado de ICAP (2016), tradução própria.

2.2 Mercados voluntários

Mackerron, *et al.* (2009) apontam que, embora parcela significativa dos SCE sejam de caráter obrigatório, ou seja, motivem os agentes a participarem por meio de instrumentos regulatórios, existem mercados voluntários de compensação de emissões. Neles, os agentes não cobertos pelo SCE podem voluntariamente abater suas emissões por meio da compra de créditos gerados por outros atores, também não cobertos pelo SCE, com a redução ou captura de GEE. Esses créditos gerados de maneira voluntária são nomeados *Offsets*, que, preenchendo todos os requisitos estabelecidos pelo órgão regulador do SCE, também podem ser adquiridos pelos participantes do mercado regulado para abater suas emissões (NICOLLETI; LEFÈVRE, 2016). Os fatores que influem a participação das empresas em um mercado voluntário inclui a percepção do público sobre o aquecimento global e seus

impactos, assim como a possibilidade de uma eventual regulamentação futura (BAYON, 2004).

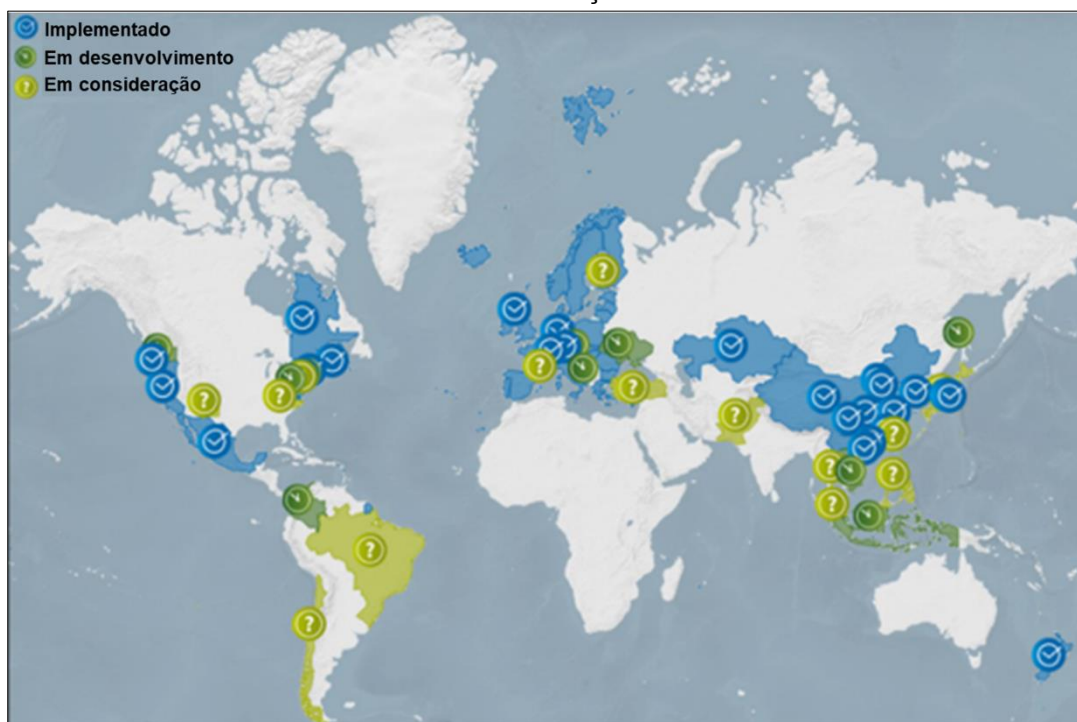
2.3 Histórico de implementações e resultados verificados de SCE regulados

Em 1990, por meio de uma emenda ao *Clean Air Act*⁴, foi criado, nos EUA, o SCE, precursor no modelo *cap-and-trade*, com o objetivo de reduzir em 10 milhões de toneladas abaixo dos níveis de 1980 as emissões de dióxido de enxofre (SO₂), um dos gases responsáveis pela chuva ácida. A lei estabeleceu aos maiores emissores de SO₂ do país a obrigatoriedade de possuir licenças para cada tonelada de SO₂ lançada na atmosfera, distribuindo, aos participantes, licenças com base em suas emissões históricas, essas, por sua vez, podiam ser comercializadas no mercado composto pelos agentes regulados pela lei (EPA, 2022). Bayon (2004) afirma que o governo fez o que somente ele tinha capacidade: i) regulamentou um bem público; ii) estabeleceu limites para seu uso; iii) gerou direitos de propriedade que possibilitaram o funcionamento do mercado, que, por sua vez, alocou um recurso que se tornou escasso — capacidade de emitir SO₂ — de acordo com suas necessidades, ajudando a determinar o menor preço para reduzir as emissões.

Após a experiência americana, o SCE passou a ser visto como alternativa para auxiliar no controle das emissões de CO₂ (BAYON, 2004). A União Europeia (UE) adotou em 2003 a fase piloto de seu sistema de comércio de emissões, o EU-ETS, que foi ativado em 2005 (ALDY; STAVINS, 2012). Assim como o mercado de SO₂ estabelecido nos EUA na década anterior, o EU-ETS segue o modelo *cap-and-trade*, porém a implementação e operação do sistema europeu se mostrou muito mais complexa dado à escala e ao seu caráter plurinacional (BAYON, 2004). Além do EU-ETS muitos outros, SCE foram implementados durante as duas últimas décadas, a figura 3 elaborada pelo ICAP (2022) traz o mapa das regiões onde os SCE estão em funcionamento (25), sendo desenvolvidos (10) ou sobre consideração (14):

⁴ Clean Air Act (1963): implementa um programa para reduzir as emissões atmosféricas de fontes fixas e móveis (EPA, 2022).

Figura 4 – Mapa dos SCE em funcionamento, em desenvolvimento e sobre consideração



Fonte: Adaptado de ICAP (2022).

O Brasil possui o Decreto Nº 11.075 de 19 de maio de 2022, que estabelece os procedimentos para criação de SCE nacional, mas que ainda não está em operação, assim como o Projeto de Lei 528/2021, que visa implementar o SBCE e que tramita no congresso Brasileiro no ano de 2022. Esses serão abordados com maiores detalhes no próximo capítulo, assim como o EU-ETS. Narassimhan *et al.* (2018) apresentam os resultados de estudos que estimam as reduções de emissões alcançadas por alguns SCE regulamentados já implementados, os resultados foram apresentados no quadro 2.

Ao apresentar os resultados, os autores incluem a ressalva de que é difícil atribuir diretamente os resultados das reduções de emissões de GEE verificadas dos setores regulados ao SCE, principalmente quando existem outras políticas complementares direcionadas à mitigação das emissões. Dos cinco SCE abordados pelos autores — EU-ETS, *Regional Greenhouse Gas Initiative* (RGGI), *California Air Resources Board* (CARB), NZ ETS (Nova Zelândia) e K-ETS (Coreia do Sul) —, três indicam reduções de emissões atribuídas em parte ao SCE, um indica redução limitada e um indica pouca ou nenhuma redução devido ao SCE.

Quadro 2 – Estimativas de reduções de emissões de GEE atribuídas aos SCE selecionados

Sistema / Região	Estudo	Indica Redução de Emissões	Principais Resultados
EU-ETS / União Europeia	Brown, Hanafi, Petsonk (2012); Hu, Crijns-Graus, Lam, Gilbert (2015)	Parcialmente	Redução total de emissões estimada em 2,5 a 5% (cerca de 150 a 300 MMTCO ₂ e) durante a fase I (2005-2007) e uma redução de 6,3% (ou seja, 260 MMTCO ₂ e) durante a fase II (2008-2009).
EU-ETS / União Europeia	Comissão Europeia (2017)	Parcialmente	Na fase três, as emissões verificadas de GEE de instalações fixas abrangidas pelo ETS diminuíram 2,9% de 2015 a 2016, enquanto as emissões totais de GEE da UE caíram 0,7% no mesmo período.
Regional Greenhouse Gas Initiative (RGGI) / Estados Unidos	CERES (2015)	Parcialmente	Emissões de CO ₂ caíram 35% entre 2009 e 2014, em comparação com uma queda de 12% em estados não RGGI durante o mesmo período.
Regional Greenhouse Gas Initiative (RGGI) / Estados Unidos	Murray & Maniloff (2015)	Parcialmente	As emissões de CO ₂ no setor elétrico (setor regulado pelo RGGI) caíram 52,3% entre 2009 e 2012. Mesmo que essa redução não possa ser atribuída totalmente ao RGGI, estimativas apontam que o total de emissões no setor elétrico da jurisdição nesse período poderia ter sido 24% maior na ausência do programa.
California Air Resources Board (CARB) / Estados Unidos	Camuzeaux (2015)	Parcialmente	As emissões de entidades regulamentadas foram estimadas em 9% abaixo do limite anual de 160 MMTCO ₂ e de 2014 no final do primeiro período de conformidade.
NZ ETS / Nova Zelândia	Bertram e Terry (2010)	Parcialmente	Emissões domésticas foram reduzidas em apenas 23 MMTCO ₂ e em 2008 e 19 MMTCO ₂ e em 2009.
NZ ETS / Nova Zelândia	Bullock (2012)	Não	Licenças gratuitas para empresas intensivas em emissões e expostas ao comércio, a ausência de um limite nacional de emissões e um limite internacional de compensação até 2015 permitiu que muitos participantes do ETS cumprissem suas obrigações sem reduções reais nas emissões no nível da empresa.
K-ETS / Coreia do Sul	Suk, Lee, Jeong (2017)	Não	A liquidez do mercado permaneceu estagnada, resultando em uma quantidade insignificante de emissões sendo negociadas na fase inicial.
K-ETS / Coreia do Sul	Kim (2015); PMR, ICAP (2016)	Não	Falta de liquidez e a natureza política das alocações de permissões reduziram a confiança no sistema

Fonte: Elaboração própria. Fonte dos dados: Narassimhan, *et al.* (2018)

Os resultados apresentados no Quadro 2 para o EU-ETS serão complementados na seção 3.2.2, que trata dos resultados estimados para o sistema europeu.

2.4 Distinção entre créditos de carbono e licenças de emissões

Apesar dos SCEs serem conhecidos de maneira mais ampla como mercados de carbono, as unidades de medição e comercialização dos gases utilizadas nos sistemas não são, em geral, equivalentes ao termo “crédito de carbono”. O relatório conjunto do ICAP (2021), *Inter-American Development Bank* (BID) e *International Emissions Trading Association* (IETA), explica que as unidades de carbono geradas pelo governo e distribuídas entre os entes regulados por meio de um SCE são referidas como licenças/permits de emissão, já os créditos de carbono — expressão que engloba vários tipos créditos a depender do padrão de certificação adotado pelo projeto — são comumente gerados por meio de projetos de captura/redução emissões que ocorrem fora do âmbito dos SCEs seguindo critérios e regras do projeto em questão. Esses créditos de carbono podem ou não ser utilizados por entidades reguladas para cumprir limites de emissões a depender dos critérios e normas estabelecidas por cada SCE. Para exemplificar essa questão, o relatório (IDB; ICAP; IDB, 2021) realizou uma relação, disponível no Quadro 3, contendo alguns programas e padrões de certificação, os tipos de créditos gerados e onde podem ser utilizados:

Quadro 3 – Sistemas de certificação, tipos de créditos e elegibilidade (Continua)

Sistema de certificação	Tipo de crédito	Onde as atividades de crédito podem ocorrer	Exemplos de sistemas que aceitam os créditos
MDL sob o Protocolo de Quioto da UNFCCC.	Redução de emissão certificada (CER, da sigla em inglês).	Internacional: não Partes do anexo I do Protocolo de Quioto.	Conformidade internacional sob o Protocolo de Kyoto, alguns SCE domésticos (por exemplo, EU-ETS até 2020, Coreia ETS), imposto de carbono do México, mercado voluntário, CORSIA ⁵ .
Programa de redução de emissões certificado da China.	CCER (da sigla em inglês).	China.	Programas pilotos da China e SCEs nacionais, CORSIA.
Programa de compensação <i>offset</i> da Califórnia.	Créditos <i>offset</i> da Califórnia.	Califórnia (EUA).	Programa <i>cap-and-trade</i> da Califórnia.
Padrão de carbono verificado Verra.	VCS (da sigla em inglês).	Internacional.	Mercado voluntário, Imposto de carbono na Colômbia, CORSIA.

⁵ Carbon offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA): programa da Organização da Aviação Civil Internacional (OACI) que reduz e compensa emissões de CO₂ provenientes dos voos internacionais (ANAC, 2019).

Quadro 3 – Sistemas de certificação, tipos de créditos e elegibilidade (Conclusão)

Sistema de certificação	Tipo de crédito	Onde as atividades de crédito podem ocorrer	Exemplos de sistemas que aceitam os créditos
Gold Standard (GS).	Reduções de Emissões Voluntárias GS (VERs, da sigla em inglês), GS CERS.	Internacional.	Mercado voluntário, CORSIA.
Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis (ANP).	Crédito de descarbonização RenovaBio (CBIO).	Brasil.	RenovaBio.

Fonte: Adaptado de IDB; ICAP; IDB (2021), tradução própria.

3 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O EU-ETS E AS PROPOSTAS PARA UM SCE NACIONAL

Na seção 2.3, que trata sobre o histórico global de implementações de SCEs, foram citadas as duas principais propostas de implementação de um mercado de carbono regulado no território nacional, sendo o Projeto de Lei 528/2021, atualmente em tramitação no congresso brasileiro, que visa implementar o SBCE e o Decreto Nº 11.075, em vigor desde 19 de maio de 2022 e que estabelece os procedimentos para adoção de um SCE nacional.

Considerando o estágio inicial de implementação de um mercado regulado de carbono no país — ainda que a discussão sobre o tema entre o setor privado e organizações da sociedade civil esteja mais avançada que as ações legais —, a comparação das duas propostas com um SCE estabelecido e aprimorado ao longo dos anos pode indicar possíveis pontos de aperfeiçoamento e falhas a serem evitadas, sem desconsiderar as especificidades sociais, econômicas, políticas e jurídicas do Brasil.

Como modelo para a análise comparativa, será utilizado o EU-ETS, que, desde seu estabelecimento, tornou-se o maior mercado regulado de comércio de licenças de emissões do mundo (WANG *et al.*, 2020). Dada a sua escala e importância, o EU-ETS pode ser tomado como um parâmetro para verificar a efetividade de um SCE em cumprir seus objetivos, o principal deles é reduzir as emissões de GEE, sendo que a constatação de resultados marginais ou nulos pode contraindicar a aplicação desse instrumento em outras regiões do mundo (HERMWILLE; OBERGASSEL; ARENS, 2016).

3.1 METODOLOGIA

A análise comparativa a ser realizada terá como método a investigação e explicação dos objetos de interesse a partir de suas semelhanças e diferenças, método esse descrito por Fachin (2005). Para a realização da análise comparativa, faz-se necessário a definição dos objetos e das variáveis de comparação (SCHNEIDER; SCHMITT, 1998). Neste trabalho, os objetos a serem comparados são o Decreto nº 11.075, o PL 528/2021 e o EU-ETS, este último tomado como um modelo de referência dada a sua estrutura legal/operacional estabelecida e aprimorada ao longo das fases de implementação e operação. A partir da revisão bibliográfica

realizada, foram selecionadas treze categorias – variáveis – que abrangem elementos considerados importantes para o estabelecimento de um SCE funcional:

- I) Implementação: prazos e fases para implementação/operação do sistema;
- II) Tipo de sistema: classificação do SCE como *cap-and-trade*, *baselide and credit* ou outros;
- III) Caráter legal: sistema mandatório ou voluntário;
- IV) GEE cobertos: tipos gases de efeito estufa regulados pelo sistema;
- V) Setores regulados: setores sob participação mandatória;
- VI) Teto de emissões (CAP) / Meta de redução de emissões: volume máximo de emissões de GEE permitido para o período vigente;
- VII) Fator de redução do CAP/Meta: percentual de redução do limite de emissões para cada período/ano;
- VIII) Forma de alocação e atribuição de licenças: critérios de distribuição/alocação de licenças aos participantes por parte do órgão regulador;
- IX) Monitorado, Verificado e Relatado (MRV): mecanismos para garantia de conformidade e monitoramento do sistema;
- X) Utilização de *offsets* e créditos de carbono: critérios para utilização de licenças/créditos de emissões gerados fora do sistema;
- XI) Penalizações: sanções para o descumprimento do limite de emissões estabelecido;
- XII) Mecanismos de flexibilidade: critérios para utilização de mecanismos úteis para a previsibilidade dos preços/volume das licenças;
- XIII) Mercados e/ou plataformas de negociação: definição de mercados primários e/ou secundários e plataformas de transações das licenças entre os participantes.

3.2 O EU-ETS

A União Europeia (EU, 2018a) comprometeu-se, por meio do Protocolo de Quioto, a reduzir suas emissões de GEE em 8% entre 2008 e 2012, em relação aos níveis de 1990. Em um segundo período, 2013-2020, a redução acordada foi de 20% em relação aos níveis de 1990. No âmbito do Acordo de Paris, a EU se comprometeu,

por meio de sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, da sigla em inglês), a reduzir suas emissões em 55% até 206 em relação aos níveis de 1990 (EU, 2018a).

Dentre as ferramentas adotadas para atingir tais objetivos acordados está a precificação dos GEE por meio de um SCE. Com a Diretiva 2003/87/CE, a EU estabeleceu o EU-ETS, que iniciou suas operações nos países do bloco no ano de 2005. O EU-ETS é um dos pilares da política climática do bloco europeu (BRUNINX; OVAERE; DELARUE, 2020), tendo como objetivo reduzir as emissões de GEE⁷ de uma maneira economicamente eficiente (CONVERY, 2009). Participam dele os 27 Estados membros da UE, além de Islândia, Noruega e Listenstaine (DEJEAN, 2016). Os setores cobertos pelo sistema são: (i) centrais elétricas; (ii) setores industriais diversos de utilização energética intensiva; e (iii) aeronaves que voam entre aeroportos da UE, Noruega e Islândia (EU, 2018a).

3.2.1 Implementação em fases

A implementação do EU-ETS foi dividida em quatro fases, sendo a Fase I (2005-2007) um piloto com o objetivo de testar e avaliar o desempenho do mercado de emissões (BALIETTI, 2016). Durante a Fase I, os países participantes determinavam livremente a quantidade de permissões de emissões (EUA⁸, sigla em inglês de *European Union Allowance*) a serem alocadas entre os participantes regulados pelo sistema em seus respectivos territórios, sendo elas distribuídas gratuitamente para os participantes do mercado (BAGCHI; VELTEN, 2014).

As permissões distribuídas são comercializáveis no mercado, sendo uma alternativa vantajosa para as empresas cujo custo de mitigação de emissões é superior ao preço das permissões ofertadas por empresas mais eficientes em reduzir suas emissões abaixo do seu CAP preestabelecido. Após cada ano, os participantes deveriam apresentar aos reguladores permissões suficientes para cobrir suas emissões de GEE verificadas, sujeitos a sanções em caso de não cumprimento (DEJEAN, 2016). Durante a Fase I, a penalidade imposta às companhias que

⁶ Inicialmente, a NDC apresentada pela EU era de uma redução de 40% até 2030 em relação aos níveis de 1990, essa meta, porém, foi ampliada em dezembro de 2020 (EU).

⁷ Os GEE cobertos no EU-ETS são: Dióxido de Carbono (CO₂), Óxido Nitroso, Perfluorocarbonetos, Metano, Hidrofluorocarbonetos e Hexafluoreto de enxofre (SF₆) (EU, 2018a).

⁸ Cada EUA concede ao seu detentor o direito à emissão de 1 tonelada de CO₂e (DEJEAN, 2016).

excederam o limite estabelecido pelo CAP foi de € 40 por tonelada de CO₂ em excesso (BAGCHI; VELTEN, 2014).

Durante a Fase II (2008-2012), baseando-se nos resultados do período anterior, foram introduzidas mudanças na configuração do sistema, como: i) o número total de EUAs emitidas foi reduzido em 6,5% em relação ao volume de permissões emitidos em 2005; ii) Islândia, Noruega e Listenstaine ingressam no mercado; iii) incluiu-se no escopo de cobertura as emissões de Óxido Nitroso oriundo da produção de Ácido Nítrico; iv) voos dentro das fronteiras dos países participantes do EU-ETS passaram a ter suas emissões reguladas; v) permitiu-se aos Estados participantes leiloar até 10% das EUAs emitidas; vi) empresas foram autorizadas a utilizar créditos de emissões gerados por programas do âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL); e vii) elevou-se à penalidade por não cumprimento do CAP para € 100 por tonelada de CO₂e em excesso (BAGCHI; VELTEN, 2014).

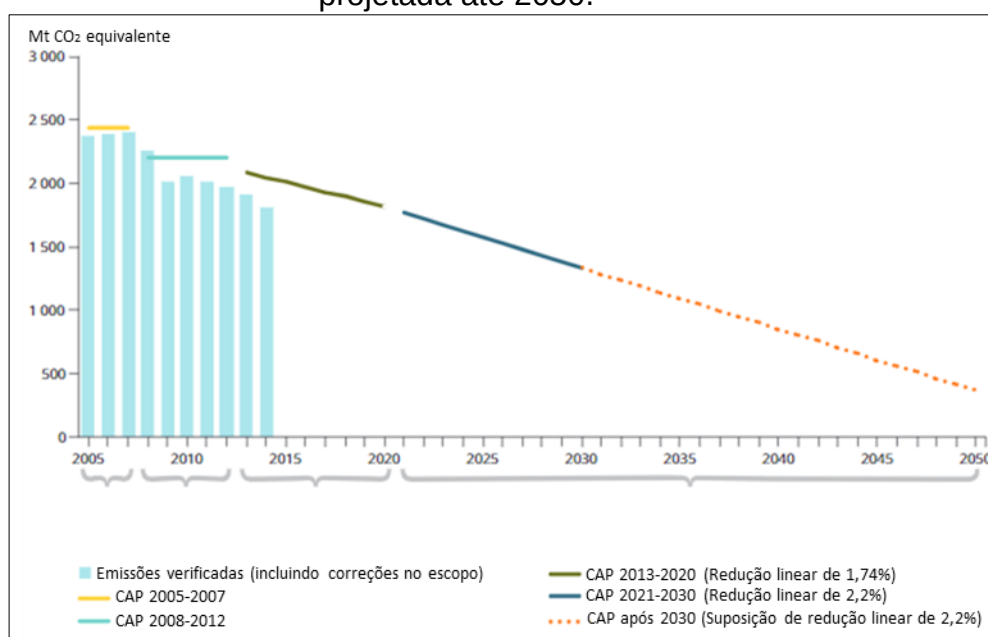
Na Fase III (2013-2020), o design operacional do EU-ETS foi revisado de maneira significativa (BALIETTI, 2016). Essas revisões são consequências de uma série de fatores que impactaram negativamente o funcionamento do EU-ETS durante a fase anterior, sendo os principais a perda de confiabilidade no sistema por conta da queda abrupta dos preços das EUAs, pouca capacidade do sistema em gerar movimentos substanciais por parte das empresas participantes em direção a uma economia de baixo carbono, efetividade inferior a prevista em termos de custo e exposição a fraudes e golpes (BAGCHI; VELTEN, 2014).

Entre as principais mudanças estão: i) estabelecimento de um CAP para os participantes como um todo; ii) elevação das EUAs leiloadas para 40% do total, com aumento progressivo do percentual de permissões leiloadas; iii) estabelecimento de critérios com base no desempenho de emissões a nível da EU para a distribuição gratuita de permissões e inclusão de atividades e gases no escopo do programa; iv) adoção de regulações direcionadas à acreditação, verificação, monitoramento e apresentação de relatórios sobre as atividades cobertas pelo programa; v) adesão da Croácia ao EU-ETS para instalações fixas, assim como para o setor de aviação; e vi) estabelecimento de uma taxa linear de redução de 1,74% ao ano do CAP (DEJEAN, 2016).

Duas mudanças principais foram realizadas para Fase IV (2021-2028) do EU-ETS, a primeira foi a elevação da taxa linear de redução do CAP para 2,2% ao ano (EU, 2018a), a Figura 5 mostra a evolução do CAP ao longo das fases do EU-ETS,

assim como uma projeção até 2050. Também foi estabelecida a Reserva de Estabilidade de Mercado (MSR, da sigla em inglês) (BAGCHI; VELTEN, 2014). A MSR tem por objetivo combater os desequilíbrios estruturais entre a oferta e a demanda de permissões no EU-ETS por meio da redução da quantidade de permissões em circulação e alocação dessas em uma reserva estratégica, disponibilizada ao mercado em momentos de desequilíbrio entre a oferta e a demanda ou em cenários identificados como propícios, no sentido de gerar menos perturbação no mercado (EU, 2015).

Figura 5 – Mudança no CAP do EU-ETS entre 2005 e 2016 e mudança projetada até 2050.



Fonte: EEA (2017), tradução própria.

3.2.2 Resultados verificados e apontamentos à efetividade do EU-ETS

Laing *et al.* (2014) realizaram uma síntese das discussões sobre os efeitos e resultados estimados do EU-ETS, especialmente das fases I e II, em três áreas principais: i) efeitos do EU-ETS sobre a redução nas emissões de GEE; ii) efeitos sobre o investimento e inovação; e iii) efeitos sobre lucros e preços. No Quadro 4, os autores apresentam as estimativas de diversos pesquisadores do impacto do SCE europeu na redução dos gases de efeito estufa durante o período anterior à crise financeira de 2008. Esse recorte temporal é importante, pois, como também apontam Branger, Lecuyer e Quiron (2015), por conta da forte desaceleração da atividade

econômica causada pela crise financeira de 2008, os efeitos do EU-ETS sobre as reduções de emissões de GEE no pós-crise são difíceis de serem estimados.

Quadro 4 – Análise das estimativas de redução de emissões do EU-ETS pré-crise financeira (Continua)

Estudo	Metodologia	Principais Resultados
Ellerman e Buchner (2008)	Modelagem econométrica	Abatimento da Fase I na faixa de 120-300 MtCO ₂ e.
Delarue <i>et al</i> (2008)	Modelagem econométrica	Reduções de emissões do setor de energia de 90 MtCO ₂ em 2005 e 60 MtCO ₂ em 2006.
Anderson e Di Maria (2011)	Modelos Dinâmicos com dados em Painei	Abatimento total na Fase I de 247 MtCO ₂ .
Deutsche Bank (2010)	Modelagem econométrica	Abatimento residual em 2008 de 38 MtCO ₂ ; Emissões de 2009 abaixo da média histórica de emissões.
New Carbon Finance (2009)	Modelagem econométrica	40% da queda de 3% nas emissões de 2008 devido ao EU-ETS.
Abrell <i>et al</i> (2011)	Modelagem econométrica	Reduções de emissões de 2007-2008 3,6% maiores do que as reduções de 2005-2006.
Egenhofer <i>et al</i> (2011)	Modelagem econométrica	Melhorias na intensidade de emissão de 2008-2009 atribuíveis ao EU-ETS 3,35% ao ano.
Point Carbon (2009)	Evidências anedóticas	60% das empresas relataram abatimento ou abatimento planejado em 2008 ou 2009.
Martin <i>et al</i> (2011)	Pesquisa de empresas de manufatura	• Grande proporção de empresas buscou algumas medidas para reduzir as emissões de GEE; • Forte associação positiva entre a expectativa das empresas em relação ao rigor do CAP e a inovação geral em processos ou produtos de economia de GEE.
Rogge <i>et al</i> (2010)	Pesquisa do setor elétrico alemão	• Impacto limitado do EU-ETS na inovação devido à sua falta de rigor em suas fases iniciais e sua importância relativamente menor do que outros fatores de contexto; • O impacto sobre o investimento tem sido pequeno até agora, CO₂ se tornou uma parte da avaliação de investimento da construção do setor de energia;
Hoffman (2007)	Pesquisa com gestores do setor elétrico alemão	• EU-ETS se tornou o principal motivador para decisões de investimento de pequena escala com curtos tempos de amortização; • Pouco impacto nas decisões de investimento em grande escala em usinas de energia ou pesquisa e desenvolvimento;
Petsonk e Cozijnsen (2007)	Estudos de caso na França, Alemanha, Holanda e Reino Unido	• Atividade inovadora em uma série de setores, tanto dentro do EU-ETS, impulsionada pelo preço do carbono diretamente, quanto em setores externos, para os quais o potencial de vender compensações no esquema estava impulsionando a inovação.

Quadro 4 – Análise das estimativas de redução de emissões do EU-ETS pré-crise financeira (Conclusão)

Estudo	Metodologia	Principais Resultados
Kenber <i>et al</i> (2009)	Pesquisa de empresas dentro e fora do EU-ETS	• "todos os outros efeitos estão sendo inundados pela crise de crédito"; • EU-ETS moveu o debate sobre o clima para a sala de reuniões.

Fonte: adaptado de LAING *et al* (2014).

No Quadro 5, Laing *et al.* (2014) apresentam os principais resultados de estudos acerca dos impactos estimados do EU-ETS sobre as decisões de investimento e inovação, com foco nas fases I e II do sistema. Os resultados apresentados, no geral, indicam uma capacidade limitada do EU-ETS em influenciar/direcionar as decisões de investimento dos agentes, assim como em incentivar a busca por inovação. Hermville, Obergassel e Arens (2016) obtiveram resultado semelhante e apontam os incentivos fracos gerados pela configuração dos mecanismos de alocação das licenças de emissões como os principais responsáveis pela contribuição abaixo do esperado do EU-ETS com o investimento em tecnologias de baixa emissão de carbono. Porém, ressaltam que esses mecanismos são passivos de ajustes que podem aumentar a eficiência do EU-ETS em incentivar investimentos em P&D e aplicação de tecnologias de baixo carbono.

Quadro 5 - Estudos que estimaram o impacto do ETS da UE em atividades de investimento e inovação

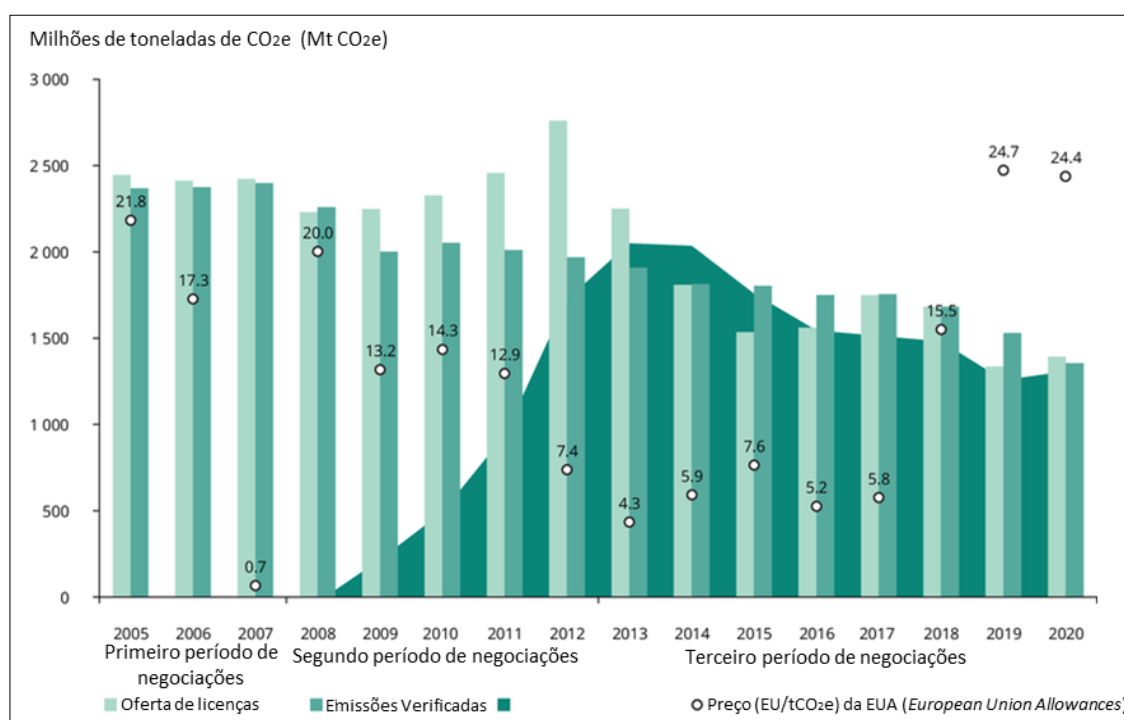
Estudo	Metodologia	Principais Resultados
Aghion <i>et al</i> (2009)	Investigação das respostas à Pesquisa de Inovação da Comunidade da EU.	• Constatou que a eficiência energética e a redução do impacto ambiental foram classificadas como as mais baixas na motivação para inovação.
Anderson <i>et al</i> (2011)	Pesquisa de empresas irlandesas do EU-ETS.	• Aponta que EU-ETS teve sucesso em estimular mudanças tecnológicas moderadas.
Hervé-Mignucci (2011)	Pesquisa de comunicações de investimento corporativo para 5 empresas da UE com restrição de carbono.	• Durante os primeiros anos das considerações não climáticas do EU-ETS; • Na Fase II do esquema, houve respostas mais claras relacionadas ao investimento.

Fonte: adaptado de LAING *et al* (2014).

As análises dos resultados da fase III (2013-2020) do EU-ETS e dos impactos das mudanças implementadas ainda estão sendo publicados, portanto análises mais conclusivas do funcionamento do sistema aos moldes das avaliações realizadas para

as fases anteriores ainda são limitadas. Os dados da Figura 6, publicados pela Agência Europeia do Ambiente (EEA, da sigla em inglês), apresentam as emissões verificadas dos participantes com instalações fixas GEE cobertas pelo EU-ETS, assim como mostra o total de licenças alocadas para tais participantes durante o período de 2005-2020. A Figura 6 também indica o excedente acumulado, que representa a diferença entre as licenças atribuídas gratuitamente, leiloadas ou vendidas mais os créditos internacionais entregues ou trocados desde 2008 até a data menos as emissões acumuladas (EEA, 2022). Nesse gráfico, é possível visualizar que, durante a fase III, que compreende o período de 2013 a 2020, o nível de emissões verificadas manteve uma trajetória de redução, ainda que, por 4 anos, a quantidade de emissões tenha excedido a quantidade ofertada de licenças.

Figura 6 – Emissões, licenças, excedentes e preços no EU ETS, 2005-2020



Fonte: EEA (2022), tradução própria.

Apesar da limitação anteriormente apontada sobre a reduzida disponibilidade de estudos a respeito dos efeitos das mudanças regulatórias e operacionais implementadas durante a Fase III, Eichhammer *et al.* (2018) afirmam que as mudanças na forma de alocação das EUAs introduzidas nessa fase reduziram a alocação excessiva de licenças na maioria dos países do bloco e melhoraram os incentivos para a absorção de tecnologia de baixo carbono para alguns setores,

embora setores como o de clínquer de cimento, ferro-gusa e amônia, que, somados, representam a maior parcela das emissões industriais dos setores cobertos pelo EU-ETS, tenham a evolução de suas emissões de GEE pouco impactadas pelo EU-ETS, o que, para os autores, indica que houve pouca incorporação de tecnologias de baixo carbono.

3.3 O cenário Brasileiro

O Brasil é signatário da UNFCCC e do Protocolo de Quioto, tendo assumido o compromisso voluntário de reduzir suas emissões de GEE entre 36,1% e 38,9% em comparação às emissões nacionais projetadas até 2020, compromisso respaldado pela Política Nacional de Mudança do Clima (PNMC) de 2009 (NICOLLETI; LEFÈVRE, 2016). Esse documento também estabelece, por meio do Artigo 4, a possibilidade do Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE). De acordo com o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2021), desde a regulamentação da PNMC, as emissões brasileiras de GEE aumentaram em 23,2% e o relatório da SEEG (2021) mostra que, em 2020, ano em que as emissões globais reduziram em 7%, impactadas, principalmente, pelos efeitos da pandemia da covid-19, as emissões brutas do Brasil foram de 2,16 bilhões de tCO₂e, representando aumento de 8% em relação ao ano de 2019.

O SEEG (2021) aponta que o país cumpriu no limite com suas metas de redução de GEE estabelecidas para o ano de 2020 na PNMC, mas ressaltou que os limites de emissões estabelecidos foram pouco ambiciosos. Além disso, o relatório da SEEG (2021) destaca uma tendência de aumento das emissões brasileiras, o que implica uma desvantagem inicial para o cumprimento das NDCs apresentadas no âmbito do Acordo de Paris e iniciadas em 2021, no qual o país se compromete, inicialmente, a reduzir 37% suas emissões até 2025, em relação a 2005, e em reduzir 43% até 2030, também em relação aos níveis de emissões de 2005

Ao submeter suas NDCs, o governo brasileiro não especificou as formas com que pretende atingir as metas assumidas, informando apenas que se reserva a utilizar qualquer mecanismo estabelecido sob o acordo de Paris (BRASIL, 2015). Entre os mecanismos possíveis está a implementação de um SCE nacional, sendo o PL 528/2021 e o Decreto 11.075/2022 as ações de caráter regulatório em estágios mais avançados atualmente no país.

3.3.1 Projeto de Lei 528/2021

O projeto de Lei 528/2021, apresentado em fevereiro de 2021, propõe, em sua versão inicial, a regulamentação do Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE), determinada pela Política Nacional de Mudança do Clima (PNMC), Lei nº 12.187 (BRASIL, 2021a). Essa proposta foi alterada por meio da emenda substitutiva apresentada em julho de 2021, que propõe a criação do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE) e do Sistema Nacional de Registro de Redução e Compensações de Emissões de Gases de Efeito (SNRC-GEE), também baseados na PNMC (BRASIL, 2021b).

O projeto estabelece que o SBCE deve ser regulamentado em até dois anos a partir da publicação da lei, sendo a autoridade competente pela implementação do sistema, ainda a ser estabelecida, responsável por determinar os setores regulados e desenvolver um plano nacional de alocação de Direitos de Emissão de GEEs (DEGEE), unidade de medida do sistema que equivale à permissão de emitir uma tonelada de CO₂e durante um período preestabelecido. O plano deve ser implementado em fases e gradualmente, de forma a garantir a previsibilidade dos compromissos e regras propostos.

O projeto não define uma meta ou limite quantificável de emissões e determina que alocação de DEGEEs deve contribuir para o atingimento dos compromissos internacionais aderidos pelo país, destacadamente os compromissos no âmbito do Acordo de Paris. Outras definições quanto ao plano nacional de alocação incluem: o orçamento agregado de licenças de cada setor deve corresponder a sua participação nas emissões totais do país (art. 9); as DEGEEs podem ser, inicialmente, distribuídas gratuitamente ou leiloadas aos entes regulados (art. 9); as licenças recebidas ou compradas pelos participantes podem ser transacionadas entre si (art. 9); setores com maior risco de competitividade internacional devem ser privilegiados na distribuição de licenças gratuitas, a fim de evitar o vazamento de emissões — *carbon-leaking* — (art. 9).

São previstos mecanismos de estabilização de preços das licenças, entre esses estão: a definição de uma banda de preços para o DEGEEs para cada período, prazos de validades das licenças alinhados com a banda de preços, leilões extraordinários e criação de reservas de contenção. Também é aberta a possibilidade

de utilização de créditos gerados por setores não regulados, que podem gerar unidades de Redução Verificada de Emissões (RVE), que equivalem à redução ou remoção de uma tonelada de CO₂e. Para serem validadas, as RVEs devem ser registradas no SNRC-GEE, que será responsável por assegurar a credibilidade e segurança das transações com esses ativos, servindo, também, como ferramenta para contabilidade nacional das transações nacionais e internacionais com RVEs originadas no país.

A proposta estabelece, ainda, a regulamentação de um sistema nacional de relato de emissões de GEEs obrigatório para as instalações reguladas pelo SBCE. Para o SNRC-GEE, define-se que ele deverá elaborar e implementar um padrão de certificação, monitoramento e divulgação das informações das RVEs registradas no sistema, subsidiando e compartilhando dados com Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE) ou outro sistema de inventário nacional de emissões que possa ser estabelecido.

3.3.2 Decreto 11.075

Assinado em 19 de maio de 2022, o decreto 11.075, de autoria do Governo Federal, estabelece os procedimentos para a elaboração dos Planos Setoriais de Mitigação das Mudanças Climáticas e institui o Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa - SINARE (BRASIL, 2022). O texto estabelece que os planos setoriais de mitigação serão operacionalizados por meio do Mercado Brasileiro de Redução de Emissões, em que os agentes sob regulação, assim como entidades não reguladas, poderão utilizar e transacionar seus créditos certificados de redução de emissões, que são descritos como créditos de carbono, equivalentes à emissão ou redução de uma tonelada de CO₂e. Também é estabelecido o Crédito de Metano, unidade que representa a emissão ou redução de uma tonelada de CH₄. Outra métrica apresentada é a Unidade de Estoque de Carbono, que equivale à manutenção ou estocagem de uma tonelada de CO₂e.

Aos setores regulados pelo decreto, previstos no artigo 11 da PNMC, é atribuído a necessidade de apresentação em um prazo de até 180 dias — prorrogáveis pelo mesmo período — das metas de redução de GEE do respectivo setor, que devem considerar o objetivo de longo prazo de neutralidade climática assumida na NDC brasileira. Os planos de reduções setoriais devem ser

apresentados e avaliados pelo Comitê Interministerial sobre a Mudança do Clima e o Crescimento Verde e devem estabelecer metas gradativas de redução de emissões antrópicas e por sumidouros de GEE, sendo possível a definição de tratamento diferenciado para agentes setoriais, considerando os critérios: categoria de empresa e propriedades rurais; faturamento; níveis de emissão; características do setor; região e localização do agente. Cronogramas diferenciados de adesão dos agentes aos planos setoriais também são previstos no decreto.

O SINARE é instituído como central única de registro de emissões, remoções, reduções, compensações de gases de efeito estufa e de atos de comércio, de transferências, transações e de aposentadoria de créditos certificados de redução de emissões. O SINARE também é responsável por estabelecer um padrão de certificação, critérios de compatibilização, mecanismos de integração com o mercado nacional e internacional para cada uma das unidades de quantificação de emissões apresentados no texto. O padrão de certificação do SINARE deverá incluir mecanismos de mensuração, relato e verificação das emissões a serem registradas no sistema, e é estabelecida a possibilidade de registro sem a necessidade de geração de créditos certificados de redução de emissões, de pegadas de carbono, carbono de vegetação nativa, carbono no solo, carbono azul e unidade de estoque de carbono.

O decreto foi assinado em 19 de maio de 2022 e até novembro de 2022 não foram definidos os Planos Setoriais de Mitigação das Mudanças Climáticas, cujo prazo para apresentação pode ser estendido até 19 de maio de 2023, e nem foram estabelecidos os critérios para registros das reduções de emissões de GEE atribuídos ao SINARE ou sua plataforma de operação.

3.4 Análise comparativa entre o EU-ETS, Decreto 11.075 e PL 528/2021

Esta seção apresenta quadro e análise comparativa entre o EU-ETS, PL 528/2021 e o Decreto 11.075. O EU-ETS é tomado como referência, por conta da estrutura legal e operacional estabelecida ao longo dos anos de operação e aprimoramento. O Quadro 6 apresenta treze categorias que não abrangem todos os pontos de funcionamento de um SCE, porém abordam estruturas consideradas pelo autor como importantes para a funcionalidade e efetividade SCE.

Quadro 6 – Quadro comparativo entre o EU-ETS, Decreto Nº 11.075 e o PL 528/2021 (Continua)

ITEM	EU-ETS	Decreto Nº 11.075	PL 528/2021 (MBRE → SBCE)
Implementação	Fase 1: 3 anos (2005-2007); Fase 2: 5 anos (2008-2012); Fase 3: 8 anos (2013-2020); Fase 4: 10 anos (2021-2030);	- Prazo de 180 dias prorrogáveis para mais 180 para apresentação de metas setoriais; - Metas de emissão devem ser aplicadas de forma gradativa.	Prevê a implementação gradual e faseada do sistema.
Tipo de sistema	<i>Cap-and-trade.</i>	Não definido.	Não definido.
Caráter legal	Mandatário para os setores definidos.	Mandatário para os setores definidos.	Mandatário em até 2 anos.
GEE cobertos	Fase 1: CO ₂ ,; Fase 2: CO ₂ , N ₂ O; Fase 3: CO ₂ , N ₂ O, PFC; Fase 4: CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFC, PFC, SF ₆ , NF ₃ . GEE convertidos em unidade de CO ₂ e.	- Especificados no decreto: CO ₂ e CH ₄ ; - O texto faz menção a uma unidade de CO ₂ e, porém não especifica quais GEEs podem ser conversíveis para tal unidade; - Crédito de Metano equivalente a uma tonelada de CH ₄ emitido ou abatido.	CO ₂ equivalente conforme definido pela UNFCCC, que engloba os seguintes GEE: CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFC, PFC, SF ₆ , NF ₃ .
Setores regulados	Fase 1: Centrais elétricas e outras instalações de combustão com potência nominal térmica >20 MW (exceto instalações de resíduos perigosos ou municipais), indústria (vários limites); Fase 2: Setores na fase 1 + Aviação introduzida em 2012 (>10.000 tCO ₂ /ano para aviação comercial; >1.000 tCO ₂ /ano para aviação não comercial desde 2013); Fase 3: Setores na fase 2 + Instalações de captura e armazenamento de CO ₂ , produção de produtos petroquímicos, amônia, metais não ferrosos e ferrosos, gesso, alumínio, bem como ácido nítrico, adípico e glioxílico (vários limites); Fase 4: Setores na fase 3 + Discussão de expansão para setor marítimo 2023.	Geração e distribuição de energia elétrica; transporte público urbano e sistemas modais de transporte interestadual de cargas e passageiros, indústria de transformação e bens de consumo duráveis; indústria química fina e de base; indústria de papel e celulose; mineração; indústria de construção civil; serviços de saúde e agropecuária.	Prevê que o plano nacional de alocação de Direitos de Emissão de GEEs (DEGEEs) deve definir os setores e os gases de efeito estufa das Instalações Reguladas cujas emissões terão que ser conciliadas anualmente com DEGEEs equivalentes.

Quadro 6 – Quadro comparativo entre o EU-ETS, Decreto Nº 11.075 e o PL 528/2021 (Continuação)

ITEM	EU-ETS	Decreto Nº 11.075	PL 528/2021 (MBRE → SBCE)
Teto de emissões (CAP) / Meta de redução de emissões	Fase 1: 2.096 MtCO _{2e} ao ano; Fase 2: 2.049 MtCO _{2e} ao ano; Fase 3: 2.084 MtCO _{2e} (2013); Fase 4: 1.572 MtCO _{2e} (2021).	Setores regulados deverão apresentar suas metas de redução em até 180 dias a partir da publicação do decreto (prorrogáveis por mais 180 dias) ao Comitê Interministerial sobre a Mudança do clima para aprovação.	A autoridade competente deverá estabelecer um limite de emissões.
Fator de redução do CAP	Fase 1: Não se aplica; Fase 2: Não se aplica; Fase 3: 1,74% ao ano; Fase 4: 2,2% ao ano;	Não se aplica.	Não se aplica.
Forma de alocação e atribuição de licenças	Fase 1: Alocação estabelecida por meio dos planos nacionais de atribuição dos Estados-Membros. <i>Grandparenting</i> como critério de distribuição. Alguns Estados-Membros recorreram à venda em leilão e outros à atribuição baseada em <i>benchmarks</i> de emissões; Fase 2: 90% das licenças atribuídas gratuitamente com base em <i>benchmarks</i> . Restante das licenças leiloadas; Fase 3: 57% das licenças leiloadas; restante das licenças alocadas gratuitamente com base em <i>benchmarks</i> ; Fase 4: Leilão (57%); Alocação gratuita (43%), com critérios de distribuição diferentes para o setor elétrico e o industrial.	Metas de redução e distribuição de créditos deverão ser definidos por meio de acordos entre os participantes de cada setor regulado.	Prevê que a autoridade competente deverá desenvolver um plano nacional de alocação de DEGEES, definindo a quantidade anual que pretende alocar aos setores da economia e como se propõe alocá-la, se por leilões ou de forma gratuita.

Quadro 6 – Quadro comparativo entre o EU-ETS, Decreto Nº 11.075 e o PL 528/2021 (Continuação)

ITEM	EU-ETS	Decreto Nº 11.075	PL 528/2021 (MBRE → SBCE)
Monitorado, Verificado e Relatado (MRV)	FREQUÊNCIA DE RELATÓRIOS: Autorrelato anual com base em modelos eletrônicos harmonizados preparados pela Comissão Europeia; VERIFICAÇÃO: A verificação por inspetores independentes credenciados é necessária antes do final de março do ano seguinte. Uma vez verificados, os operadores devem devolver o número equivalente de licenças até ao final de abril; ESTRUTURA DO MRV: Desde a fase 3, o sistema MRV para o EU-ETS foi aprimorado. Aplicam-se regulamentações específicas para monitoramento e relatórios de emissões, bem como para verificação e credenciamento de inspetores. Necessário um plano de monitoramento para cada instalação e operador de aeronave (aprovado por uma autoridade competente). Procedimentos de MRV foram atualizados em 2020.	Estabelece critérios preliminares para implementação do Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SINARE), central única de registro para o sistema. O padrão de certificação SINARE deverá estabelecer um conjunto de regras para mensuração, relato e verificação das emissões e abatimentos.	- Prevê o estabelecimento de um Padrão de Certificação, programa para a realização de monitoramento, reporte e verificação de conformidade de um projeto de redução ou remoção de emissões de GEE, com relação a uma metodologia e critérios de elegibilidade; - Prevê o estabelecimento do Sistema Nacional de Registro de Compensações de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SNRC-GEE): responsável pelo reconhecimento e registro de projetos de redução ou remoção de GEE e das Redução Verificada de Emissões (RVEs).
Utilização de offsets e créditos de carbono	Fase 1: Uso ilimitado de créditos do MDL e créditos de IC. Porém, nenhum crédito foi utilizado; Fase 2: Permitida utilização de IC e MDL até um determinado limite percentual determinado nos Planos Nacionais de Alocação. Créditos não utilizados transferidos para a Fase 3; Fase 3: Créditos internacionais gerados pós-2012 originados de projetos em países em desenvolvimento; Fase 4: Utilização não permitida.	- Serão reconhecidas como crédito certificado de redução de emissões as reduções e remoções de emissões registradas no SINARE adicionais às metas estabelecidas para os agentes setoriais, caso atendam ao padrão de certificação do Sistema; - SINARE registrará: pegadas de carbono; carbono de vegetação nativa; carbono no solo; carbono azul e unidade de estoque de carbono.	- Prevê a participação de Instalações Não Reguladas no SBCE nos períodos de compromisso por meio de uso de RVEs geradas com projetos de compensação com padrões específicos que garantam equivalência carbônica; - Prevê a integração com outros sistemas jurisdicionais de SCE desde que cumpra as regras que garantam a custo-efetividade do SBCE e a equivalência carbônica dos DEGEES.

Quadro 6 – Quadro comparativo entre o EU-ETS, Decreto Nº 11.075 e o PL 528/2021 (Conclusão)

ITEM	EU-ETS	Decreto Nº 11.075	PL 528/2021 (MBRE → SBCE)
Penalizações	Fase 1: 40€ por t/CO ₂ e em excesso; Fase 2: 100€ por t/CO ₂ e em excesso; Fases 3 e 4: 100€ por tonelada de CO ₂ e em excesso, obrigatoriedade de comprar e devolver o número equivalente de licenças. O nome do operador em não-conformidade é tornado público. Estados Membros podem aplicar sanções diferentes para outras formas de descumprimento.	Não definidas.	Não definidas.
Mecanismos de flexibilidade	Estoque: Sem limitações, exceto para Fase 1; Empréstimo: Não permitido explicitamente, no entanto possível de realizar dentro de períodos de negociação, ou seja, o uso de permissões alocadas no ano atual para cumprimento no ano anterior; Fase 4: Estabelecimento da Reserva de Estabilidade de Mercado (MSR, da sigla em inglês).	Não definidos.	Prevê mecanismos de leilões extraordinários, reservas de contenção e prazo de validade dos DEGEES que garantam que os preços dos DEGEES estejam dentro de uma banda previamente determinada para cada ano do período de compromisso.
Mercados e/ou plataformas de negociação	MERCADO PRIMÁRIO: Leilões de preço uniforme com rodadas únicas e lances selados, realizados diariamente pela <i>European Energy Exchange</i> (EEX). A Alemanha realiza leilões nacionais por meio do EEX; MERCADO SECUNDÁRIO: <i>Spot</i> , futuros, opções e contratos a prazo (OTC, da sigla em inglês) negociados nos mercados secundários. Além do EEX, os futuros são negociados no Intercontinental Exchange (ICE ENDEX) e Nasdaq.	- Indica apenas a existência de um mercado secundário, de negociação entre os agentes regulados, uma vez que não é apresentada a opção de uma venda inicial de licenças; - Não indica uma plataforma de negociação, define apenas que os atos de comércio e transferência, de transações e de aposentadoria de créditos certificados de redução de emissões serão registrados no SINARE.	- Indica a existência de um mercado primário, destinado aos leilões de licenças aos agentes regulados, e um mercado secundário de DEGEES e RVEs para transações entre os participantes; - Não indica explicitamente uma plataforma de negociação para o SBCE, indicando apenas que os atos de comércio e transferência, de transações e de aposentadoria de RVEs deverão ser registrados no SNRC-GEE.

Fonte: Elaboração própria. Fonte das Informações: ICAP (2022); EU (2018b); EU (2003); EC (2015); BRASIL (2021a); BRASIL (2021b); BRASIL (2022).

Optou-se aqui, para algumas das treze categorias apontadas no quadro, elencar as configurações do EU-ETS durante as suas diferentes fases, visando demonstrar a evolução legal e organizacional, as quais foram sendo revisadas durante os anos de operação mediante os resultados e problemas apresentados. Além disso, dado o estágio inicial das alternativas nacionais de um SCE, a comparação, não somente com a estrutura atual do sistema europeu, mas com o seu ponto de partida, é relevante.

A Diretiva 2003/87/CE, que cria e estabelece as regras iniciais do EU-ETS, foi publicada em outubro de 2003 e determinou o início da operação da primeira fase do sistema regulado para o ano de 2005. O período entre a publicação do texto e o início da operação serviu para a implementação e ajuste de aspectos técnicos e operacionais necessários para o funcionamento do sistema, assim como para definição dos limites de emissões e alocação de licenças entre os participantes por parte dos países (EU, 2003).

Mesmo estabelecendo a implementação para um período posterior, o texto inicial do EU-ETS estabelece, de maneira clara, a maioria dos critérios abordados no Quadro 6, como o tipo do sistema, seu caráter mandatório e os setores a serem regulados, os GEE cobertos, as possibilidades e critérios de alocação de licenças por parte dos países, as formas de monitoramento e verificação e divulgação das informações, as fontes de créditos externos ao sistema passíveis de serem utilizadas, os mecanismos de flexibilidade e as penalizações para o não cumprimento do teto estabelecido. A definição clara e prévia desses e outros parâmetros do programa proporciona um nível de previsibilidade para os agentes a serem impactados, o que pode facilitar a adaptação desses ao novo mercado a ser estabelecido.

O PL 528/2021, atualmente em tramitação no Congresso Nacional, aproxima-se relativamente com o modelo de implementação do sistema europeu, isso quando comparado com o decreto Nº 11.075, pois prevê uma implementação gradual e faseada do programa, cujo caráter mandatório para os setores regulados deverá ser estabelecido em até dois anos após a publicação da lei. O projeto de lei também estabelece previamente os GEE cobertos pelo sistema, assim como propõe e estabelece parâmetros para a instituição de um sistema de registro de emissões.

Outros aspectos do Quadro 6 são abordados no texto do PL 528/2021, sendo estabelecido que os setores a serem regulados serão definidos pela autoridade legal, assim como a forma de alocação das licenças para os agentes. Também estabelece

a necessidade de implementação de um sistema de MRV obrigatório e a possibilidade de utilização de créditos oriundos de setores não regulados. Apesar de abordar essas características do sistema, o projeto de lei não estabelece critérios técnicos e operacionais claros e detalhados como estabelecido no texto inicial do sistema europeu, deixando várias questões importantes em aberto, como, por exemplo, quais serão os setores impactados e as penalizações em caso de descumprimento. Essa indefinição tende a suscitar um certo grau de insegurança nos agentes, o que compromete o processo de adaptação das atividades para entrada no novo mercado, assim como tende a comprometer a confiabilidade dos agentes no próprio mercado.

Apesar das questões apontadas, o PL 528/2021 prevê, entre os mecanismos de flexibilidade, o estabelecimento de um sistema de reserva de licenças para manutenção da estabilidade dos preços das licenças, mecanismo implementado pelo EU-ETS durante as revisões de sua estrutura por conta da instabilidade de preços de licenças apresentadas durante as primeiras fases de operação do sistema. O decreto Nº 11.075 apresenta um grau ainda maior de indefinições quanto aos parâmetros legais e operacionais do sistema quando comparado ao PL 528/2021, mas a diferença fundamental no cenário atual é que o decreto está em vigor desde 19 de maio de 2021.

O texto estabelece os setores regulados, mas, diferentemente do EU-ETS, deixa a definição dos limites de emissões a cargo dos próprios setores, o que até o momento não foi feito, mesmo tendo expirado o prazo inicial de 180 dias para tal definição. Essa forma de estabelecimento de limites é problemática, uma vez que dificilmente os objetivos setoriais estarão em linha com os objetivos climáticos assumidos pelo país, o que pode acarretar a definição de limites setoriais elevados, aumentando a possibilidade de sobrealocação de licenças, o que tende a reduzir os custos de abatimentos de emissões a um nível no qual os incentivos para o corte de emissões de GEE se tornam muito baixos ou nulos.

Além disso, as indefinições quanto a critérios técnicos e operacionais apontados no PL 528/2021, no decreto Nº 11.075 são ainda maiores. Para além da definição das metas e alocação de licenças abordadas anteriormente, o texto estabelece duas métricas de contabilização de emissões, o crédito de carbono, equivalente a uma tonelada de CO₂ emitido ou abatido, e o crédito de metano, que equivale a uma tonelada de CH₄ emitido ou abatido. Essa segunda métrica estabelecida, atualmente, não é utilizada em nenhum SCE relevante, sendo o padrão

a utilização da métrica com base na unidade de CO₂e, como no EU-ETS e no texto do PL 528/2021. Essa nova unidade pode comprometer aquilo que se propõe como um dos princípios do decreto, o fomento à exportação de licenças para agentes ou nações estrangeiras que necessitem abater suas emissões, uma vez que essa métrica é incompatível com a maioria dos sistemas em operação.

Os parâmetros para o estabelecimento de um MRV também são pouco explorados no decreto, não é estabelecida nenhuma penalização para não conformidade, não são definidos ou previstos mecanismos de flexibilidade, assim como não é prevista a possibilidade de leilão de licenças como forma de alocação inicial para os participantes regulados do mercado. Outro ponto a se atentar é a possibilidade ampla de utilização de *offsets* previstas no decreto, o que, na prática, possibilita o cumprimento dos limites utilizando-se apenas de créditos obtidos fora do mercado regulado, esvaziando o caráter regulamentar do sistema e todos os incentivos econômicos para redução das emissões de GEE a que esse tipo de programa se propõe.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A crescente concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera é apontada como a principal causa do aquecimento global, fenômeno esse tido como causa maior das mudanças climáticas em curso no nosso planeta. Os efeitos negativos do câmbio climático provocaram movimentações nas mesas de negociações internacionais na direção de reduzir as emissões de GEE. A interação entre o meio ambiente e a atividade econômica também foi um tema presente na academia, sendo o entendimento da poluição como externalidade e uma das primeiras formalizações de uma ferramenta de precificação de poluição apresentada por Pigou.

Na esteira dessa discussão, a internalização das externalidades geradas pela poluição por meio de negociações de direitos de poluição via mercado, elaborado em detalhes por Dales, torna-se a base teórica dos SCEs atuais que, nas últimas duas décadas, são tomados como uma das ferramentas com maior potencial em reduzir as emissões de GEE a um custo menor do que as demais alternativas disponíveis, como, por exemplo, a taxação.

As experiências no desenvolvimento, implementações e os resultados estimados apresentados por alguns SCEs regulados em operação indicam que essas ferramentas de precificação de emissões de GEE, quando regulamentadas e implementadas de maneira adequada, são capazes de promover reduções nos níveis de emissões dos setores sob regulação, cabendo a ressalva sobre a dificuldade de se medir os efeitos diretos dos SCE sobre as quedas nas emissões verificadas. Entretanto, não são uma panaceia para resolver o problema do aquecimento global, apenas uma das muitas medidas possíveis e necessárias para se mitigar a crise climática que nosso planeta se encontra.

Os resultados estimados até o momento para o EU-ETS, apresentados majoritariamente na seção 3.2.2, indicam que o sistema é capaz de gerar incentivos econômicos para redução do nível de emissões por parte dos agentes sob regulação, ainda que os incentivos para investimentos e inovações não tenham se mostrado muito efetivos. Além disso, é possível se verificar que parte das limitações apresentadas pelo sistema europeu em suas diferentes fases de operação foram, se não resolvidas, ao menos abordadas em atualizações regimentais e operacionais, o que propicia ao EU-ETS um grau de maturidade que possibilita a sua utilização como parâmetro para implementação de sistemas semelhantes em outras regiões, como,

por exemplo, o Brasil, que possui o Decreto Nº 11.075 e o PL 528/2021, que tratam sobre o tema.

Apesar do relativo atraso em implementar um SCE regulado e das lacunas legais e operacionais presentes nos projetos nacionais, no Decreto Nº 11.075 e no PL 528/2021, as movimentações no âmbito legal indicam que a necessidade de ação em direção à implementação do sistema é cada vez mais perceptível no setor público. Há uma clara necessidade de aprimoramentos nos projetos nacionais de um SCE para que eles apresentem um nível de confiabilidade jurídica e sistêmica necessária para o bom funcionamento do programa como uma ferramenta de redução das emissões dos GEE. Nesse aspecto, utilizar um sistema maduro como o EU-ETS como parâmetro para a elaboração e implementação de um SCE regulado nacional é útil, na medida em que possibilita extrair os dois anos de funcionamento e aperfeiçoamento do sistema europeu experiências sobre o que pode funcionar e o que é recomendável evitar.

Mas, para além de olhar experiências internacionais como o EU-ETS, a discussão com a sociedade civil e do setor privado no processo de estabelecimento de um SCE é fundamental. Como exemplos de contribuições importantes para a questão, destaca-se a proposta de marco regulatório para um mercado de carbono nacional elaborada pelo Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (2021), assim como o programa de simulação de um SCE nacional do tipo *cap-and-trade* realizado pela Fundação Getúlio Vargas, que, em 2018, contou com a participação de 29 empresas (FGV, 2019).

A utilização de um SCE, mesmo sendo a possibilidade de abatimento de emissões a um menor custo um dos principais pontos de interesse no sistema, não deve ter nesse seu objetivo principal, mas é preciso estabelecer os SCE com vistas ao combate às mudanças climáticas, que impõem crescentes custos ambientais, sociais e econômicos que podem ser irrecuperáveis e, em parte, já são, caso os avanços na direção uma efetiva redução do GEE emitidos na atmosfera se mostrem limitados ou lentos frente ao cenário atual de emergência climática.

Mas vale ressaltar que a implementação de ferramentas de combate às emissões de GEE como um SCE não irá fazer diferença significativa caso os níveis de desmatamentos atuais, principalmente do bioma amazônico, não sejam drasticamente reduzidos, uma vez que a mudança do uso de solo, principalmente por conta do desmatamento ilegal e da expansão das áreas agrícolas, representa a maior

parcela das emissões de GEE brasileiras (SEEG, 2021). Dessa forma, assim como é importante a participação da sociedade civil e do setor privado na discussão sobre a elaboração e implementação de um SCE junto ao setor público, a participação de todos nas ações de combate ao desmatamento faz-se igualmente necessária.

Conclui-se que o SCE regulado é um mecanismo de precificação de GEE capaz de gerar incentivos na direção de reduzir os níveis de emissões por parte dos setores/agentes sob regulação, capacidade que é limitada aos setores regulados e fortemente impactada por sua estrutura regulatória e operacional. Além disso, os efeitos diretos do sistema sobre as reduções de emissões de GEE verificadas nos setores sob regulamentação só podem ser calculados de maneira indireta, o que impõe outra limitação para uma análise conclusiva sobre o grau de eficiência do sistema. Conclui-se, também, que as medidas apresentadas para um SCE nacional possuem lacunas legais e operacionais quando comparadas a um sistema mais bem estruturado, o EU-ETS, lacunas que podem ser preenchidas em parte tomando como parâmetro a estrutura regulatória e forma de implementação do EU-ETS.

REFERÊNCIAS

- ALDY, J. E.; STAVINS, R. N. The Promise and Problems of Pricing Carbon. **The Journal of Environment & Development**, v. 21, n. 2, p. 152–180, 18 abr. 2012.
- ANAC. **Carbon offsetting and Reduction Scheme for International Aviation**. Disponível em: <<https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/meio-ambiente/corsia>>. Acesso em: 27 ago. 2022.
- BAGCHI, C.; VELTEN, E. K. **The EU Emissions Trading System: Regulating the Environment in the EU**. Disponível em: <<https://climatepolicyinfohub.eu/eu-emissions-trading-system-introduction.html>>. Acesso em: 19 nov. 2021.
- BALIETTI, A. C. Trader types and volatility of emission allowance prices. Evidence from EU ETS Phase I. **Energy Policy**, v. 98, p. 607–620, 1 nov. 2016.
- BANZHAF, H. S. **A History of Pricing Pollution (Or, Why Pigouvian Taxes are not Necessarily Pigouvian)**. Massachusetts, National Bureau of Economic Research, 2020. Materiais Diversos.
- BAPTISTA, A. M.; OLIVEIRA, J. C. DE M. O Brasil em Fóruns Internacionais sobre Meio Ambiente e os Reflexos da Rio 92 na Legislação Brasileira. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, v. 102, p. 5–27, 2002.
- BARBADO, N.; LEAL, A. C. Cooperação global sobre mudanças climáticas e a implementação do ODS 6 no Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. 1–15, 16 mar. 2021.
- BAYON, R. **Making environmental markets work: lessons from early experience with sulfur, carbon, wetlands, and other related markets**. Washington. D.C., 25 ago. 2004. Disponível em: <<http://www.forest-trends.org>>. Acesso em: 28 set. 2021.
- BELCHIOR, G. P. N.; MATIAS, J. L. N. Protocolo de Quito, mecanismos de flexibilização e crédito de carbono. In: XVI CONPEDI, 2008, Belo Horizonte, **Anais do XVI Congresso Nacional do COPEDI**. Florianópolis: Fundação Boiteux, 2008. p. 4335- 4356. Disponível em: <http://www.publicadireito.com.br/conpedi/manaus/arquivos/anais/bh/germana_parente_neiva_belchior3.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2021.
- BERTA, N. Efficiency without optimality: Environmental policies and pollution pricing in the late 1960s. **Journal of the History of Economic Thought**, v. 42, n. 4, p. 539–562, 1 dez. 2020.
- BODANSKY, D. The Paris Climate Change Agreement: A New Hope? **American Journal of International Law**, v. 110, n. 2, p. 288–319, 2016.
- BRANGER, F.; LECUYER, O.; QUIRION, P. The European Union Emissions Trading Scheme: Should we throw the flagship out with the bathwater? **Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change**, v. 6, n. 1, p. 9–16, 1 jan. 2015.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES. **Intended Nationally Determined Contribution - Towards Achieving the Objective of the United Nations Framework Convention on Climate Change**. Brasília: Ministério das Relações Exteriores, 2015. Disponível em: <<https://www.gov.br/mre/pt-br/assuntos/desenvolvimento-sustentavel-e-meio-ambiente/meio-ambiente-e-mudanca-do-clima/contribuicao-apresentada-pelo-brasil-as-nacoes-unidas-cop-21>>. Acesso em: 15 out. 2021.

BRASIL. CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Projeto de Lei nº 528/2021, de 23 de fevereiro de 2021**. Regulamenta o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE), determinado pela Política Nacional de Mudança do Clima – Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Brasília: Câmara dos Deputados, 2021a. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1965628>. Acesso em: 10 out. 2021.

BRASIL. CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Emenda ao projeto de lei Nº 528 de 2021 (Do Sr. Zé Vitor)**. Estabelece diretrizes para a criação de um sistema de compensação de emissões de GEEs e para a criação do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões – SBCE, com base na Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída pela Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Brasília: Câmara dos Deputados, 2021b. Disponível em: <<https://infoleg-autenticidade-assinatura.camara.leg.br/CD215558987100>>. Acesso em: 10 out. 2021.

BRASIL. PODER EXECUTIVO. Decreto Nº 11.075, de 19 de maio de 2022. Estabelece os procedimentos para a elaboração dos Planos Setoriais de Mitigação das Mudanças Climáticas, institui o Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa e altera o Decreto nº 11.003, de 21 de março de 2022. **Diário Oficial da União**: edição 94-A, seção 1: Extra A, Brasília, DF, 19 mai. 2022. Disponível em: <<https://in.gov.br/web/dou/-/decreto-n-11.075-de-19-de-maio-de-2022-401425370>>. Acesso em: 10 ago. 2022.

BRUNINX, K.; OVAERE, M.; DELARUE, E. The long-term impact of the market stability reserve on the EU emission trading system. **Energy Economics**, v. 89, 1 jun. 2020.

BUCHANAN, J. M. **The Coase Theorem and the Theory of the State**. Natural Resources Journal, v. 13, n. 4, p. 579-594, 1973. Disponível em: <<https://digitalrepository.unm.edu/nrj/vol13/iss4/4>>. Acesso em: 9 out. 2021.

Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. **Proposta de marco regulatório para o mercado de carbono brasileiro**. Rio de Janeiro: CEBDS, 2021. Disponível em: <<https://cebds.org/wp-content/uploads/2021/08/cebds.org-mercado-de-carbono-marco-regulatorio-mercado-carbono-marco-regulatorio-sem-olhos.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2021.

COASE, R. H. The problem of social cost. **Law & Economics**, v. III, p. 1–44, 1960.

CONVERY, F. J. Origins and development of the EU ETS. **Environmental and Resource Economics**, v. 43, n. 3, p. 391–412, 2009.

COSTA, S. S. T. Introdução à economia do meio ambiente. **Análise**, v. 16, n. 2, p. 301–323, 2005.

DALES, J.H. **Pollution, property & prices**: an essay in policy-making and economics. 1. ed. Toronto: University of Toronto Press, 1968.

DEMSETZ, H. The core disagreement between Pigou, the profession, and Coase in the analyses of the externality question. **European Journal of Political Economy**, v. 12, p. 565-579.1996.

European Comission. **EU ETS Handbook**. Bruxelas: EC, 2015. Disponível em: <https://www.sallan.org/pdf-docs/ets_handbook_en.pdf>. Acesso em: 8 set. 2021.

European Environment Agency. **Application of the EU Emissions Trading Directive**: Analysis of national responses under Article 21 of the EU ETS Directive in 2016. Luxemburgo: EEA, 2016. Disponível em: <<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d256e917-4b2a-11e7-aea8-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-275245306>>. Acesso em: 11 ago. 2021.

European Environment Agency. **Emissions, allowances, surplus and prices in the EU ETS, 2005-2020**. EEA. Disponível em: <<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/emissions-allowances-surplus-and-prices>>. Acesso em: 19 out. 2022.

EICHHAMMER, W. et al. Impacts of the allocation mechanism under the third phase of the European emission trading scheme. **Energies**, v. 11, n. 6, 1 jun. 2018.

Environmental Protection Agency. **Summary of the Clean Air Act**. EPA. Disponível em: <<https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-clean-air-act>>. Acesso em: 27 ago. 2022.

Empresa de Pesquisa Energéticas. **Precificação de carbono: riscos e oportunidades para o Brasil**. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: EPE, 2020. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/nota-tecnica-precificacao-de-carbono-riscos-e-oportunidades-para-o-brasil>>. Acesso em: 17 out. 2021.

EUROPEAN UNION. PARLAMENTO EUROPEU E CONSELHO. **Directiva 2003/87/CE do Parlamento Europeu e do conselho**. EU, 2003. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=celex%3A02003L0087-20180408>>. Acesso em: 17 out. 2021.

EU. PARLAMENTO EUROPEU E CONSELHO. Decisão (UE) 2015/1814 do parlamento Europeu e do Conselho. **Jornal Oficial da União Europeia**, 6 de out. 2015. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015D1814&from=en>>. Acesso em: 28 out 2021.

European Union. **Summaries of EU legislation** - Regime de comércio de licenças de emissão de gases com efeito de estufa. EU, 2021a. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=LEGISSUM%3AI28012>>. Acesso em: 23 out 2021.

EUROPEAN UNION. PARLAMENTO EUROPEU E CONSELHO. **Directiva 2003/87/CE do Parlamento Europeu e do conselho**. EU, 2018b. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=celex%3A02003L0087-20180408>>. Acesso em: 23 out. 2021.

FACHIN, O. **Fundamentos de metodologia**. 5. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2005.

Fundação Getúlio Vargas. **Simulação de sistema de comércio de emissões: relatório final do ciclo 2018**. São Paulo: FGV, 2019. Disponível em: <<https://eaesp.fgv.br/producao-intelectual/sistema-comercio-emissoes-sce-relatorio-final-ciclo-2018>>. Acesso em: 16 nov. 2022.

GENIN, C.; FRASSON, C. M. R. **O saldo da COP26: o que a Conferência do Clima significou para o Brasil e o mundo**. Disponível em: <<https://wribrasil.org.br/pt/blog/clima/o-saldo-da-cop26-o-que-conferencia-do-clima-significou-para-o-brasil-e-o-mundo>>. Acesso em: 22 jun. 2022.

GÓMEZ-BAGGETHUN, E. et al. The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes. **Ecological Economics**, v. 69, n. 6, p. 1209–1218, 1 abr. 2010.

HERMWILLE, L.; OBERGASSEL, W.; ARENS, C. The transformative potential of emissions trading. **Carbon Management**, v. 6, n. 5–6, p. 261–272, 2016.

International Carbon Action Partnership. **Comercio de emisiones en la práctica: manual sobre el diseño y la implementación de sistemas de comercio de emisiones**. Washington, DC: ICAP, 2016. Disponível em: <www.worldbank.org>. Acesso em: 5 set. 2021.

International Carbon Action Partnership. **ICAP ETS Map**. ICAP. Disponível em: <<https://icapcarbonaction.com/en/ets>>. Acesso em: 27 ago. 2022.

Inter-American Development Bank; International Carbon Action Partnership; International Emissions Trading Association. **Status and trends of compliance and voluntary carbon markets in Latin America**. IDB; ICAP; IDB, 2021. Disponível em: <www.ieta.org>. Acesso em: 16 set. 2021.

Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. **CO2 equivalente (CO2e)**. IPAM. Disponível em: <<https://ipam.org.br/glossario/co2-equivalente-co2e/>>. Acesso em: 22 out. 2021.

Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis - Summary for Policymakers**. IPCC, 2021. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>>. Acesso em: 12 set. 2021.

Intergovernmental Panel on Climate Change. **The Intergovernmental Panel on Climate Change**. IPCC. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/>>. Acesso em: 24 abr. 2022.

KEOHANE, R. O. The global politics of climate change: Challenge for political science. **PS - Political Science and Politics**. v.48, n.1, 31 dez. 2015.

KNOLL, L. The hidden regulation of carbon markets. **Historical Social Research**. v. 40, n. 1, p. 132-149, 2015.

LAI, L. W. C.; LORNE, F.; DAVIES, S. N. G. A reflection on the trading of pollution rights via land use exchanges and controls: Coase Theorems, Coase's land use parable, and Schumpeterian innovations. **Progress in Planning**, v. 137, 1 abr. 2020.

LAING, T. *et al.* The effects and side-effects of the EU emissions trading scheme. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change**; 2014.

MACKERRON, G. J. *et al.* Willingness to pay for carbon offset certification and co-benefits among (high-)flying young adults in the UK. **Energy Policy**, v. 37, n. 4, p. 1372–1381, abr. 2009.

MARCOVITCH, J. Mudanças climáticas e multilateralismo. **Revista USP**, n. 72, p. 16–27, 2007.

MAY, P. H (org.). **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2010.

MICHAELOWA, A. *et al.* Evolution of international carbon markets: lessons for the Paris Agreement. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change**, v.10, n. 6, p.1-24, ago. 2019.

MUELLER, C. Economia e meio ambiente na perspectiva do mundo industrializado: uma avaliação da economia ambiental neoclássica. **Est. Econ.**, v. 26, n. 2, p. 261–304, 1996.

NARASSIMHAM, E. *et al.* Carbon pricing in practice: a review of existing emissions trading systems. **Climate Policy**, v. 18, n. 8, 6 mai. 2018.

NICOLLETI, M. X.; LEFÈVRE, G. B. Precificação de carbono no Brasil: perspectivas e aprendizados a partir de uma simulação de mercado cap-and-trade. **Cadernos Adenauer**, v. 2, n. XVII, p. 145–169, 2016.

Organização das Nações Unidas. **Guia para a COP26: O que é preciso saber sobre o maior evento climático do mundo**. ONU. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/156377-guia-para-cop26-o-que-e-preciso-saber-sobre-o-maior-evento-climatico-do-mundo>>. Acesso em: 19 set. 2021.

PERMAN, R. *et al* (org.). **Natural Resource and Environmental Economics**. 3. ed. Pearson Education Limited, 2003.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. 8. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.

POPE, J.; OWEN, A. D. Emission trading schemes: potential revenue effects, compliance costs and overall tax policy issues. **Energy Policy**, v. 37, n. 11, p. 4595–4603, 2009.

SANTOS, L. M.; PORTO, A. J. M.; SAMPAIO, R. S. DA R. Direitos de propriedade e instrumentos econômicos de regulação ambiental: uma análise das atribuições implícitas. **Revista Brasileira de Políticas Públicas**, v. 7, n. 2, p. 98–121, 2017.

Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. **Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas de clima do Brasil 1970-2020**. Brasil: SEEG, 2021. Disponível em: <<https://seeg.eco.br/documentos-analiticos>>. Acesso em: 20 de nov. 2022.

SOUZA, M. C. O.; CORAZZA, R. I. Do Protocolo Kyoto ao Acordo de Paris: uma análise das mudanças no regime climático global a partir do estudo da evolução de perfis de emissões de gases de efeito estufa. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 42, 24 dez. 2017.

SCHNEIDER, S.; SCHIMITT, C. J. O uso do método comparativo nas Ciências Sociais. **Cadernos de Sociologia**, v. 9, p. 49–87, 1998.

United Nations Framework Convention on Climate Change. **Adoption of the Paris Agreement**. Paris: UNFCCC, 2015. Disponível em: <<https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf>>. Acesso em: 08 de out. 2022.

United Nations Framework Convention on Climate Change. **Nationally Determined Contributions (NDCs)**. UNFCCC. Disponível em: <<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/nationally-determined-contributions-ndcs/nationally-determined-contributions-ndcs>>. Acesso em: 12 jun. 2022.

WANG, J. et al. The impact of industry on european union emissions trading market—from network perspective. **Energies**, v. 13, n. 21, 1 nov. 2020.

ZHANG, L.; ZENG, Y.; LI, D. China's Emissions Trading Scheme: First Evidence on Pilot Stage. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 28, n. 2, 20 dez. 2018.