

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

**SUSTENTARE  
& WIPIS2023**  
WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO  
DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

## AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DE POLÍTICAS REGULADAS DE PRECIFICAÇÃO DE CARBONO NA REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA SOB A ÓTICA DO CENÁRIO BRASIL E UNIÃO EUROPEIA DENTRO DO CONTEXTO DO SETOR DE ENERGIA

Rone Felipe Amaral da Silva<sup>1</sup>, UFRJ, felippe.amaral.silva@gmail.com  
DSc. Bettina Susanne Hoffmann<sup>2</sup>, UFRJ, susanne@eq.ufrj.br

### Resumo

A energia é um recurso chave na sobrevivência do ser humano e nos progressos sociais e econômicos. Porém o uso de combustíveis fósseis na geração de energia e suas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) representam um grande problema no cenário das mudanças climáticas. Debates sobre precificação de carbono para redução das emissões de GEE estão surgindo à medida que são desenvolvidos programas e políticas neste tema. Diante deste contexto, o presente artigo visa analisar as políticas reguladas de precificação de carbono no Brasil e na União Europeia (UE) e suas tendências. Foi realizada pesquisa de análises exploratórias e interpretativas, de caráter teórico-fundamentado, com coleta de dados da bibliografia sobre mudanças climáticas, setor de energia e precificação de carbono no Brasil e UE. A pesquisa apontou que na comparação entre Brasil e UE, o continente europeu está na frente do Brasil nas políticas de carbono, fato que explica que a UE vem apresentando uma curva descendente de emissões de GEE proveniente do setor de energia. Também foi constatado que a implementação de políticas reguladas esbarra na resistência quanto a implementação de novos custos.

**Palavras-chave:** mudanças climáticas, energia, precificação de carbono.

### 1. Introdução

A energia é um recurso da natureza essencial para o ser humano e para o progresso social e econômico. Sua matriz passou por duas transformações: a primeira foi a revolução energética, com a migração do uso predominante da madeira para o carvão, e a segunda foi a transição do carvão para o petróleo e o gás natural. Atualmente, a matriz energética está passando por uma terceira transformação significativa, que exige o abandono dos combustíveis fósseis em favor de alternativas mais limpas e com menos impactos ambientais (ZOU *et al.*, 2021).

No que diz respeito aos impactos ambientais causados pelo uso de combustíveis fósseis, as emissões de GEE representam o problema mais urgente. Desde a Revolução Industrial, as emissões de GEE aumentaram drasticamente e atingiram níveis alarmantes, provocando a elevação

<sup>1</sup>Discente do mestrado profissional em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

<sup>2</sup>Docente do mestrado profissional em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)



da temperatura média do planeta de forma significativa (NASSAR *et al.*, 2022; RAHMAN *et al.*, 2022).

O CO<sub>2</sub> é um dos quatro principais GEE, juntamente com o metano (CH<sub>4</sub>), o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e o hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>). Esses gases permanecem na atmosfera por períodos que variam de alguns anos a milhares de anos, dependendo do tipo de emissão (QUREITEM; AL-KHATIB; ANAYAH, 2020).

O Banco Mundial aponta que em 2020 as emissões globais per capita de CO<sub>2</sub> foram de 4,3 toneladas, sendo 1,9 toneladas no Brasil e 5,5 toneladas UE, e seguem agravando a crise climática mundial (BANCO MUNDIAL, 2023).

As mudanças climáticas configuram um problema global preocupante; por isso, em outubro de 2018, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas das Nações Unidas (*The Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC) propôs a meta de carbono neutro, com o objetivo de limitar o aumento da temperatura global a 1,5 °C até o final do século (IPCC, 2023). Isso significa reduzir as emissões globais de CO<sub>2</sub> em cerca de 45% até 2030, em comparação com 2010, e atingir emissão líquida igual a zero até 2050 (ZOU *et al.*, 2021).

De acordo com a Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana (*Environmental Protection Agency*, EPA) as principais fontes de emissões de GEE são oriundas da produção de eletricidade e calor, o que coloca o setor de energia como um dos principais desafios na transição para uma economia de baixo carbono (CHOVANCOVÁ; TEJ, 2020; QUREITEM *et al.*, 2020).

Neste cenário, debates sobre os custos e a precificação do carbono para acelerar a redução das emissões de GEE estão aumentando à medida que programas e políticas são desenvolvidos para alcançar a neutralidade do carbono (FERREIRA; DIAS; LIU, 2022).

Desde que o Acordo de Paris estimulou o envolvimento de atores subnacionais e definiu a próxima geração de mercados de carbono, cujas regras foram aprovadas seis anos depois na COP26, a precificação do carbono ganha força como um instrumento de política eficiente e eficaz para reduzir as emissões de GEE (FERREIRA; DIAS; LIU, 2022).

Diante do que foi exposto, o presente artigo tem como objetivos discorrer as políticas reguladas de precificação de carbono no Brasil e na UE e suas tendências nestas regiões.

## 2. Fundamentação teórica

### 2.1 Matriz energética mundial e sua transição

A energia e seu suprimento representam um recurso presente na natureza que é impulsionado, principalmente, pelo progresso tecnológico e pelo desenvolvimento de civilizações, que por sua vez fomentam o crescimento do setor energético mundial por meio do comércio de energia fóssil (ZOU *et al.*, 2021; ZHANG; TANG, 2023).

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

A transição energética é um conceito associado às mudanças de matrizes energéticas. Recentemente, o uso desse termo tem sido associado principalmente às transformações do setor energético que resultariam, na segunda metade do século XXI, em drástica redução no uso de fontes fósseis de energia. A principal razão para essa esperada transição é a necessidade urgente de redução das emissões de GEE; mas também são fatores determinantes a diversificação dos agentes econômicos no setor energético, os desenvolvimentos tecnológicos e as reduções de custos associadas a tecnologias alternativas, além dos rápidos avanços das tecnologias (IRENA, 2002 *apud* WALTER, 2021).

A humanidade está vivenciando a terceira transformação da matriz energética, onde o recurso energético evoluiu de alto teor de carbono (madeira e carvão) e médio-baixo teor de carbono (petróleo e gás natural) para uma composição livre de carbono (energia renováveis modernas) (ZOU *et al.*, 2021; ALMEIDA *et al.*, 2022).

## 2.2 Modelo global energético

O modelo global energético abarca três principais aspectos do sistema energético: demanda de energia (primária e final), transformação de energia e fornecimento de energia. Este modelo emprega uma abordagem de equilíbrio parcial, incorporando também a sensibilidade aos preços (IEA, 2022a).

A energia primária compreende os produtos energéticos providos pela natureza em sua forma direta, como petróleo, gás natural, carvão mineral, resíduos vegetais e animais, energia solar, eólica etc. O setor de transformação agrupa todos os centros de transformação nos quais a energia que entra se converte em uma ou mais formas de energia secundária, tal como querosene, óleo diesel, nafta etc., com suas correspondentes perdas na transformação (EPE, 2023a).

Os diversos aspectos do modelo responsáveis pelo fornecimento, transformação e demanda, estão dinamicamente conectados: o consumo de eletricidade, biocombustíveis, produtos derivados do petróleo, carvão e gás natural no setor de uso final impulsionam os módulos de transformação e fornecimento, os quais, por sua vez, retroalimentam os preços da energia para o módulo de demanda, em um processo interativo (IEA, 2022a).

De acordo com dados da IEA (2022b), os setores que mais demandam uso de energia mundialmente são, nesta ordem: indústria (incluindo o uso de calor e eletricidade), edificações (residenciais, comerciais e institucionais) e transporte.

## 2.3 Matriz energética no Brasil

Ao longo dos anos a matriz energética brasileira tem participação relevante de combustíveis fósseis, ainda que se tenha observado uma pequena queda de contribuição entre 2013 e 2022. A variação entre 2013 e 2022 da oferta interna de energia renovável oscilou de forma não tão significativa, mas continua tendo uma menor contribuição, ainda que quase próxima das fontes de energias renováveis nos últimos três anos (EPE, 2023a).



PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

De forma mais expressiva, no ano de 2022, essas fontes tiveram maior contribuição pelo uso de petróleo e derivados (35,7%), gás natural (10,5%) e carvão mineral e coque (4,6%) (figura 1).

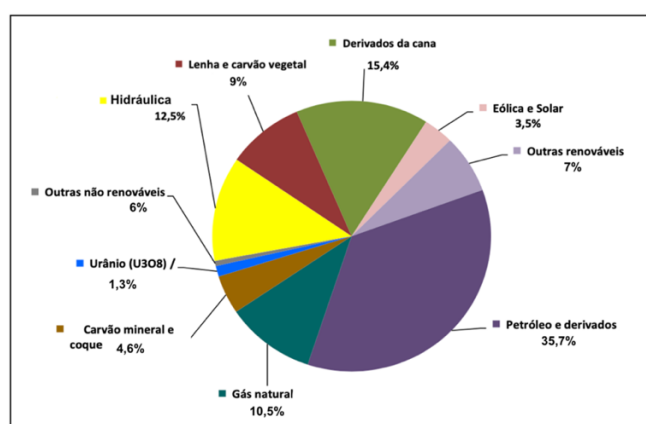


Figura 1 - Oferta interna de energia no Brasil em 2022 (%)

Fonte: EPE (2023a)

O Brasil encontra-se em um estágio avançado de sua transição no setor energético e possui uma matriz energética onde aproximadamente metade de sua energia primária provém de fontes renováveis (47,5% em 2022). Além disso, destaca-se como um dos líderes na adoção de uma economia de baixo carbono, pois sua capacidade de renovabilidade é três vezes superior à média global (14% em 2019). No entanto, as projeções para os próximos 30 anos indicam mudanças significativas em relação aos padrões observados nas últimas três décadas (EPE, 2023a; WORLD ENERGY DATA, 2023).

Ainda que o consumo de energias renováveis no Brasil seja maior do que no resto do mundo, isso não anula as críticas acerca da sustentabilidade do modelo energético do país; e embora o compromisso internacional assumido para redução de emissões de GEE e aumentar o uso de energias renováveis em 18% até 2030, em 2021, somente o setor de energia juntamente com o setor de processos industriais e uso de produtos (PIUP), emitiram 542,6 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e) (figura 2) (WORLD ENERGY DATA, 2023; OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2023).

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

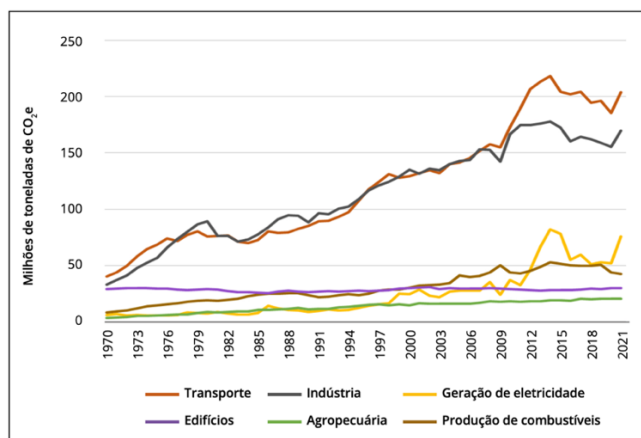


Figura 2 - Emissões de CO<sub>2</sub>e nas atividades dos setores de energia e PIUP

Fonte: Observatório do clima (2023)

## 2.4 Matriz energética na UE

A Agência Internacional de Energia (*International Energy Agency*, IEA) apontou que o uso de energia aumentou rapidamente em economias de baixa e média renda, mas as economias de alta renda ainda consomem quase cinco vezes mais energia por pessoa (IEA, 2021 *apud* QUITO *et al.*, 2023).

Apesar de serem líderes globais na redução de emissões, a UE e o Reino Unido representam apenas cerca de 12% do consumo mundial de energia, ao mesmo tempo em que seus setores energéticos ainda enfrentam carência de recursos energéticos próprios, tornando a UE altamente dependente de importações, que equivalem a aproximadamente 53% do total de energia bruta disponível (ROSA *et al.*, 2022).

Ao longo dos anos, a matriz energética na UE tem sido majoritariamente fóssil (figura 3), no entanto o consumo de energia e a intensidade energética estão em declínio, sendo que a última está diminuindo a um ritmo mais rápido, o que indica um uso mais eficiente de energia e uma desconexão entre o consumo de energia e o crescimento econômico (COMISSÃO EUROPEIA, 2023a).

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

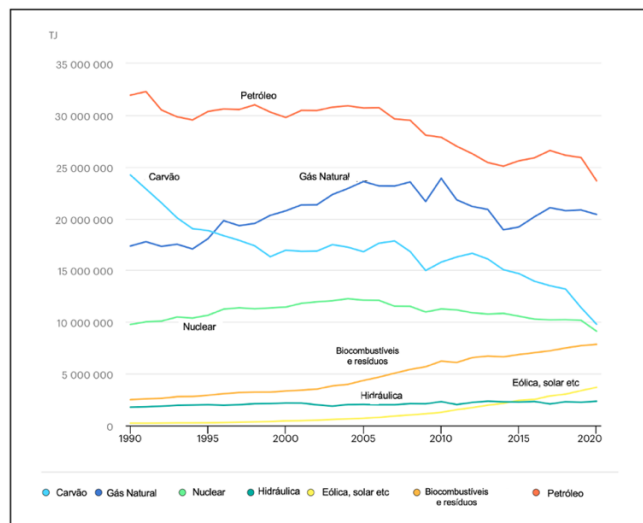


Figura 3 - Oferta interna de energia na EU entre 1990 e 2020 (%)

Fonte: IEA (2022c)

Em 2020, UE utilizou uma variedade de fontes de energia, incluindo petróleo e derivados (34,5%), gás natural (23,7%), energias renováveis (17,4%), energia nuclear (12,7%) e combustíveis fósseis sólidos (10,5%). Ao longo das últimas décadas, houve mudanças nesse *mix* de energia, com uma diminuição notável no uso de produtos petrolíferos e gás natural, enquanto as energias renováveis continuaram a crescer. Isso se deve, em parte, aos esforços para tornar o sistema energético mais ecológico (EUROSTAT, 2023a),

O setor de energia renovável da UE continuou a crescer, mesmo durante a pandemia, superando a economia geral em termos de receita gerada e valor agregado bruto. Enquanto a economia da UE encolheu 4% em 2020, o valor agregado bruto do setor de energia renovável aumentou 8%, e a receita cresceu 9% entre 2019 e 2020, com as cadeias de valor de energia eólica e de bombas de calor liderando o caminho (COMISSÃO EUROPEIA, 2023a).

Com a contribuição crescente das energias renováveis na matriz energética, as intensidades de emissões de GEE também diminuíram; a UE é uma das principais economias globais com menores emissões (COMISSÃO EUROPEIA, 2023a) (figura 4).

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

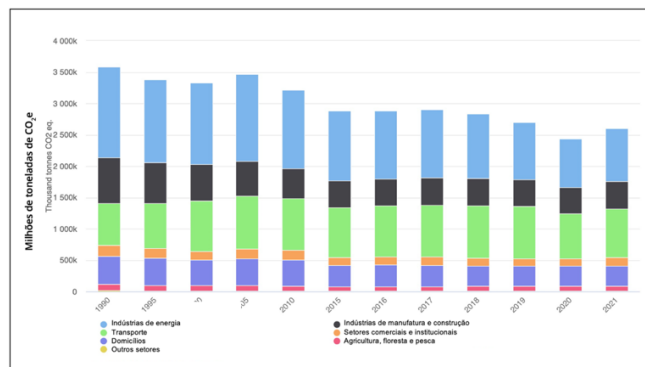


Figura 4 - Intensidade de emissões de CO<sub>2</sub>e no consumo de energia na UE  
Fonte: EUROSTAT (2023b)

## 2.5 Emissões de GEE e as mudanças climáticas

De acordo com as estatísticas, desde o ano de 1850, a concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera aumentou de  $280 \times 10^{-6}$  para  $450 \times 10^{-6}$ , a temperatura global aumentou cerca de 0,9 °C a 1,2 °C e o nível do mar subiu 20 cm (MILLAR et al., 2017 *apud* ZOU et al., 2021). Dados mais recentes da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (*National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA*) apontam que a média da superfície global para o CO<sub>2</sub> aumentou 2,13 partes por milhão (ppm) para 417,06 ppm, aproximadamente a mesma taxa observada durante a última década. O CO<sub>2</sub> atmosférico é agora 50% superior aos níveis pré-industriais. 2022 foi o 11º ano consecutivo de aumento de CO<sub>2</sub> em mais de 2 ppm, a maior taxa aumentos de CO<sub>2</sub> nos 65 anos desde o início do monitoramento. Somente as emissões de CO<sub>2</sub> provenientes das atividades de energia duplicaram entre 1971 e 2021 (figura 5), o que acentua cada vez mais a crise das mudanças climáticas.

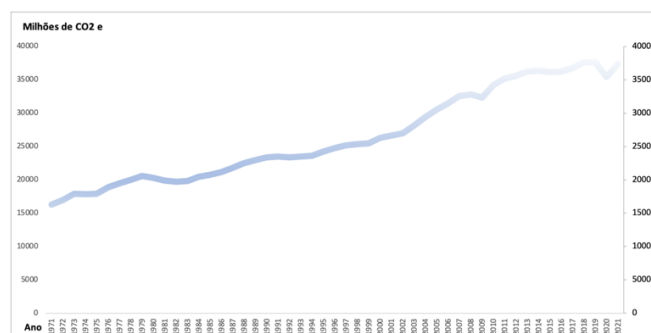


Figura 5 - Emissões de CO<sub>2</sub>e provenientes das atividades e energia  
Fonte: elaboração própria a partir de dados da EPE (2023b)



PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

Mudança climática se refere a um conjunto de modificações nas condições climáticas da Terra resultantes da acumulação de seis gases ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , HFCs, PFCs e  $\text{SF}_6$ ) na atmosfera. Esses gases têm sido liberados em quantidades excessivas por pelo menos 150 anos, desde a Revolução Industrial, devido à queima de combustíveis fósseis como petróleo e carvão, além do uso inadequado da terra que envolve a transformação de florestas e vegetação natural em pastagens, plantações, áreas urbanas ou terrenos degradados. Esses gases são direcionados para a atmosfera favorecendo o aquecimento da terra (RICARDO; CANPINILI, 2005 *apud* ARRUDA, 2018; SILVEIRA, 2018).

## 2.6 Emissões de GEE no setor de energia

O setor energético, responsável por cerca de três quartos das emissões de GEE no mundo, desempenha um papel central nos debates sobre as mudanças climáticas em função da intensa preocupação da comunidade internacional com o meio ambiente (DELGADO; FIGUEIRAS, 2022).

As emissões de  $\text{CO}_2$  relacionadas à energia em nível global contribuíram com 87% do total recorde de 34,4 bilhões de toneladas de  $\text{CO}_2\text{e}$  emitidos por todos os setores e experimentaram um aumento de 0,9%. Esse aumento representou um acréscimo de 321 milhões de toneladas métricas em 2022 nas emissões globais (IEA, 2023; ENERGY INSTITUTE, 2023).

Os combustíveis fósseis são apontados como os principais vilões das emissões de GEE no setor energético, por isso é crucial priorizar a redução das emissões neste setor (KUMI; MAHAMA, 2023). Todavia o setor de energia encontra dificuldades para implementar processos de descarbonização de suas cadeias produtivas, uma vez que a competitividade regional ou global depende da adoção dos mesmos padrões pelos concorrentes internacionais, ou seja, uma resolução complexa que dependente de acordos climáticos internacionais (ARAÚJO; COSTA; MAKUCH, 2022).

No Brasil, os dados das estimativas de emissão de GEE publicados pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) apontaram que o setor de energia emitiu em 2020 o volume de 0,38 Gt  $\text{CO}_2\text{e}$ , o que representa 23,2% do total de emissões brasileiras. As emissões do setor em 2020 foram predominantemente de gás carbônico (94,2%), a qual ocorre pelo processo de combustão de combustíveis fósseis (MCTI, 2022).

Já na UE, os dados de emissão de GEE publicados pela Comissão Europeia apontaram que em 2020 que o setor de energia emitiu o volume de 2,47 Gt  $\text{CO}_2\text{e}$ . Tal qual no Brasil, as emissões do setor em 2020 foram predominantemente de gás carbônico (77,9%), a qual ocorre pelo processo de combustão de combustíveis fósseis (CLIMATE WATCH, 2023).

## 2.7 Precificação de carbono

Quase a totalidade das nações industrializadas e a maior parte das principais economias emergentes têm lançado ou estão em vias de lançar medidas com o propósito de diminuir as emissões



PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

de GEE. Entre os mais de 160 países que ratificaram o pacto climático de Paris e que se comprometeram a reduzir suas emissões, mais da metade planeja empregar instrumentos de precificação do carbono (STAVINS, 2022).

Os diferentes instrumentos de precificação de carbono internalizam os custos sociais gerados pelas emissões de GEE nos custos dos negócios, nos custos privados de produção e consumo, gerando um preço para cada tonelada de CO<sub>2</sub>e emitida e se configuram como uma estratégia fundamental para as medidas de combate às mudanças climáticas (CEBDS, 2021; INTERNATIONAL MONETARY FUND, 2022).

Os dois principais formatos de instrumentos de precificação direta de carbono são: tributo sobre carbono, em inglês, *carbono tax*, e sistemas de comércio de emissões (SCE), em inglês, *emissions trading systems*, ETS) (BALDWIN *et al.*, 2012 *apud* EPE, 2020).

O tributo sobre o carbono tem como objetivo estabelecer um preço para as emissões, incentivando os poluidores a reduzirem sua dependência de energias fósseis. Dessa forma, torna-se mais vantajoso investir em inovação tecnológica do que manter as emissões habituais. A redução não é determinada por um limite fixo de emissões, mas sim pelo custo associado à emissão de carbono (GONÇALVES; VECCHIA, 2021). Nesta abordagem é determinado um preço fixo para cada unidade de emissão, aplicável a todas as emissões produzidas. Essa taxa é destinada ao governo atuando como imposto e seu montante é estipulado para alcançar o nível de emissões considerado socialmente ideal (CEBDS, 2015).

O SCE, por sua vez, determina limites de emissões de GEE dentro de um ano para uma atividade específica, aplicando medidas punitivas àqueles que não os respeitam (GONÇALVES; VECCHIA, 2021). Esse sistema opera de modo que o órgão regulador define um teto (*cap*) total de emissões permitidas para as entidades sob sua regulamentação. Esse limite é garantido pela emissão e distribuição controlada de licenças, cuja quantidade é equivalente ao teto estipulado. A partir desse ponto, os entes regulados podem realizar transações entre si (*trade*), buscando alinhar suas emissões reais com as licenças correspondentes. Em uma comparação com a tributação, é estabelecida uma taxa a ser recolhida por cada tonelada de carbono liberada no ambiente (IBGC, 2022).

O tributo sobre o carbono e o SCE são considerados equivalentes teóricos, pois partem do mesmo princípio que é a precificação do carbono para alcançar o mesmo fim, a redução das emissões de GEE, por meio da equalização dos custos marginais de abatimento dos diferentes agentes do mercado, custos agregados de redução e efeitos sobre competitividade (EPE, 2020; STAVINS, 2022).



### 3. Metodologia

Apresenta-se neste trabalho um modelo teórico-conceitual, com base em análises exploratórias e interpretativas.

Para a coleta de dados, foram utilizadas informações em base de dados de artigos científicos agregados no Portal da Fundação CAPES, tais como publicações em artigos e livros, além de consultas às normas e legislações vigentes referentes ao tema de precificação de carbono.

A consulta de bases setoriais e associações nacionais e internacionais do setor de energia, bem como de bases de agências e órgãos do governo também constituíram fonte de pesquisa.

Os dados do setor de energia utilizados na pesquisa foram limitados até o ano de 2022, onde possível, comparando indicadores quando necessário.

Para analisar e contextualizar os dados apresentados no estudo, foi realizado embasamento teórico com base na revisão bibliográfica (revisão da literatura).

### 4. Resultados

#### 4.1 Avaliação de Políticas Reguladas de precificação de carbono no Brasil

A estratégia do Brasil sobre mudanças climáticas está centralizada no Plano Nacional sobre Mudança do Clima de 2008 e na Lei Nacional de 2009 que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC). O país possui políticas públicas relacionadas com o objetivo de mitigação das mudanças climáticas, no entanto, não possui diretrizes estabelecidas para o mercado de carbono especificamente (FLOOTHUIS; JAKOVAC, 2023).

A PNMC não estabelece diretrizes relacionadas ao mercado de carbono, ela é uma Lei ampla, que envolve ações de redução de emissões de GEE (FLOOTHUIS; JAKOVAC, 2023).

A publicação do Decreto 11.075/2022, que 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), define bases iniciais sobre o mercado de carbono regulado nacional (FIESP, 2023).

No Brasil, políticas de precificação de carbono são ocasionalmente consideradas: primeiro com o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (um dos mecanismos flexíveis do Protocolo de Kyoto), depois com a possibilidade de conduzir projetos relacionados à florestamento e reflorestamento e a negociação de créditos de carbono na bolsa de valores brasileira. Apesar dos debates ainda não foi instituída nenhuma política de precificação nacional ou regional no Brasil (GONÇALVES; VECCHIA, 2021).

Em 2023 o Brasil deu um passo importante com a aprovação pela Comissão de Meio Ambiente do Senado do projeto de lei 412/2022, que cria o Sistema Brasileiro do Comércio de Emissões (SBCE) e regulamenta o mercado de carbono no país (MDIC, 2023).

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

O SBCE é um sistema de precificação do carbono criado por governos para contribuir para o alcance dos compromissos de redução de emissões de gases de efeito estufa assumidos sob a Convenção-Quadro de Mudanças Climáticas das Nações Unidas e o Acordo de Paris (MDIC, 2023).

#### 4.2 Avaliação de Políticas Reguladas de precificação de carbono na UE

No âmbito do processo de neutralização de carbono, a União Europeia tem sido um dos participantes mais ativos, com a ambição de estabelecer o primeiro continente carbono neutro. O Pacto Verde Europeu, lançado pela Comissão Europeia em dezembro de 2019, estabelece a meta de reduzir as emissões de GEE em 50% a 55% até 2030, em comparação com os níveis de 1990, e alcançar a neutralidade de carbono até 2050 (ZOU *et al.*, 2021).

O maior e mais conhecido sistema de limitação e comércio é o Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia, em inglês *EU Emissions Trading System* (EU ETS), que foi estabelecido pela Diretiva 2003/87/CE de 13 de outubro de 2003. O EU ETS faz parte da estratégia da União Europeia para a redução de emissões e incentiva ações tomadas por seus Estados-Membros, buscando um equilíbrio entre ações nacionais, regionais e internacionais (GONÇALVES; VECCHIA, 2021).

O próximo passo regulatório na UE é a implementação de um Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira (CBAM, da sigla em inglês) para os próximos anos. O CBAM foi anunciado pela Comissão Europeia em 2021 e em 2022 o Conselho e o Parlamento Europeu chegaram a um acordo provisório sobre o dispositivo que, antes de ser definido, precisa ser confirmado pelos embaixadores dos Estados-membros e o Parlamento. A fase transitória do CBAM iniciou em 01 de outubro de 2023 e vai até 31 de dezembro de 2025 (UNIÃO EUROPEIA, 2023).

O CBAM visa mensurar a pegada de carbono do processo produtivo de bens importados de outros países pela UE, e exigirá dos importadores europeus o pagamento de uma taxa como condição para a entrada de produtos intensivos em carbono no bloco (UNIÃO EUROPEIA, 2023).

#### 4.3 Discussão

Neste momento a energia global está imersa em uma revolução de busca por baixa emissão de carbono. Uma revolução em larga escala por busca de novas fontes energéticas para combater a maior externalidade do nosso século: as mudanças climáticas.

Muitos governos e instituições se comprometeram em enfrentar os desafios e mitigar os efeitos das mudanças climáticas, mas muitos deles, como o Brasil, ainda estão com processos em desenvolvimento; principalmente quando comparado a UE.

No Brasil ainda existem grandes desafios, como fatores políticos, base regulatória e instrumentos de monitoramento e controle de emissões que devem ser eficazes.



PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

As projeções para os próximos anos indicam mudanças significativas em relação a diversos setores da economia, entre eles, o setor de energia, dada sua grande contribuição nas emissões de GEE e a pressão e necessidade de descarbonização.

A precificação de carbono regulada pode impactar o setor de energia do Brasil na medida que enfrentar novos custos em uma dada região, uma empresa poderá perder participação de mercado ou ver diminuídas suas margens de lucro, ou mesmo ambos, caso seus concorrentes não enfrentem custos semelhantes em seus locais de produção.

O cenário de perda de competitividade por custos gera um incentivo para que empresas migrem, aumentando as emissões de GEE em países ou regiões onde os setores regulados não estejam sujeitos a restrições ambientais.

Uma vulnerabilidade para o Brasil dentro das políticas reguladas de precificação de carbono está no âmbito legal, onde peças legislativas pouco se aprofundam em como os planos setoriais serão estabelecidos e auditados, por exemplo.

Outro obstáculo é o político, visto que novos impostos são indesejáveis. Os países que obtiveram sucesso são os que apresentam alta confiança política e baixos níveis de corrupção, e cujas políticas implementadas proporcionam custos difusos e benefícios concentrados.

## 5. Conclusões

O presente artigo procurou discorrer sobre as políticas reguladas de precificação de carbono no Brasil e EU e suas tendências. Dentro do contexto das questões das mudanças climáticas e setores da economia, como por exemplo, o setor energético, durante o estudo foi possível analisar que a EU possui uma regulamentação mais robusta para políticas regulamentadas de precificação de carbono, bem como detém o maior e mais conhecido Sistema de Comércio de Emissões. Tanto os avanços de regulamentações quanto o pioneirismo em comércio de emissões se refletem na curva decrescente de emissões de GEE na EU. No que diz respeito ao Brasil caminho semelhante ainda precisa ser percorrido para alcançar protagonismo nas regulamentações e abatimento da sua curva de emissões.



## 6. Referências bibliográficas

ALMEIDA, J. R. et al. Energia e Sustentabilidade. **Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente: Avanços, Retrocessos e Novas Perspectivas**, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/358844520\\_Sociedade\\_Tecnologia\\_e\\_Meio\\_Ambiente\\_avancos\\_retrocessos\\_e\\_novas\\_perspectivas\\_-\\_Volume\\_2](https://www.researchgate.net/publication/358844520_Sociedade_Tecnologia_e_Meio_Ambiente_avancos_retrocessos_e_novas_perspectivas_-_Volume_2). Acesso em: 30 out. 2023.

ARRUDA, H. B. O. Mapeamento das Emissões de Gases de Efeito Estufa em uma Empresa do Setor Energético. **Conexões - Ciência e Tecnologia**, v. 12, n. 3, p. 108-118, jul. 2018.

BANCO MUNDIAL. **Carbon Pricing Dashboard**. 2023. Disponível em: <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/>. Acesso em: 29 out. 2023. Base de dados.

CEBDS - Conselho Empresarial Brasileiro para Desenvolvimento Sustentável. Mercado de carbono – Guia CEBDS. 2021. Disponível em: < <https://cebds.org/publicacoes/mercado-de-carbono-guia-cebds/>. Acessado em: 21 out. 2023.

CEBDS - Conselho Empresarial Brasileiro para Desenvolvimento Sustentável. Navegando por cenários de precificação de carbono. 2015. Disponível em: [https://www.carlupe.com/wp-content/uploads/2017/03/CDP\\_Cebds\\_Guia\\_precificacao\\_carbono.pdf](https://www.carlupe.com/wp-content/uploads/2017/03/CDP_Cebds_Guia_precificacao_carbono.pdf). Acessado em: 22 out. 2023.

CHOVANCOVÁ, J.; TEJ, J. Decoupling economic growth from greenhouse gas emissions: the case of the energy sector in V4 countries. *Equilibrium. Quarterly Journal of Economics and Economic Policy*, v. 15, n. 2, p. 235–251, jun. 2020.

CLIMATE WATCH. **GHG emissions**. 2023. Disponível em: [https://www.climate-watchdata.org/countries/EUU?end\\_year=2020&filter=2216&source=Climate%20Watch&start\\_year=1990](https://www.climate-watchdata.org/countries/EUU?end_year=2020&filter=2216&source=Climate%20Watch&start_year=1990). Acesso em: 21 out 2023.

COMISSÃO EUROPEIA. **Shedding light on energy - 2023 edition**. 2023a. Disponível em: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/interactive-publications/energy-2023#types-energy-consumed>. Acesso em: 02 set. 2023.

DELGADO, F.; FILGUEIRAS, R. A crise do setor de óleo e gás e os desafios da transição energética brasileira. **Conjuntura Econômica**. 2022. Disponível em: [https://ibre.fgv.br/sites/ibre.fgv.br/files/arquivos/u65/04ce2022\\_fernanda\\_delgado.pdf](https://ibre.fgv.br/sites/ibre.fgv.br/files/arquivos/u65/04ce2022_fernanda_delgado.pdf). Acesso em: 30 out. 2023.

EUROSTAT. **Archive: EU energy mix and import dependency**. 2023a. Disponível em: [https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=Archive:EU\\_energy\\_mix\\_and\\_import\\_dependency#cite\\_note-1](https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=Archive:EU_energy_mix_and_import_dependency#cite_note-1). Acesso em 20 out. 2023.

EUROSTAT. **Energy Dashboard**. 2023b. Disponível em: [https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy\\_dashboard/en-dash.html?geo=EU27\\_2020&year=2021&language=EN&detail=1&nrg\\_bal=&unit=MTOE&chart=chart\\_one,chart\\_two,chart\\_tree,chart\\_four,chart\\_five,chart\\_eight&modal=0](https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy_dashboard/en-dash.html?geo=EU27_2020&year=2021&language=EN&detail=1&nrg_bal=&unit=MTOE&chart=chart_one,chart_two,chart_tree,chart_four,chart_five,chart_eight&modal=0). Acesso em: 02 set. 2023.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Precificação de carbono: riscos e oportunidades para o Brasil**. Rio de Janeiro. 2020. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-549/NT%20EPE-DEA-GAB-014-2020%20-%20Precifica%C3%A7%C3%A3o%20de%20C\\_final\\_05012021.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-549/NT%20EPE-DEA-GAB-014-2020%20-%20Precifica%C3%A7%C3%A3o%20de%20C_final_05012021.pdf). Acesso em 30 out. 2023. Base de dados.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Balço energético nacional. Ano base 2022**. Rio de Janeiro. 2023a. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-748/topico-687/BEN2023.pdf>. Acesso em 30 out. 2023. Base de dados.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética). **Neutralidade de carbono até 2050: Cenários para uma transição eficiente no Brasil**. Rio de Janeiro. 2023b. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-726/PTE\\_RelatorioFinal\\_PT\\_Digital\\_.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-726/PTE_RelatorioFinal_PT_Digital_.pdf). Acesso em 30 out. 2023. Base de dados.

ENERGY INSTITUTE. **Statistical Review of World Energy**. 2023. Disponível em: <https://www.energyinst.org/statistical-review>. Acesso em: 19 out. 2023. Base de dados.

FERREIRA, L. J.; DIAS, L. P.; LIU, J. Adopting Carbon Pricing Tools at the Local Level: A City Case Study in Portugal. **Sustainability**, v. 14, n. 3, fev. 2022.

FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Modelos de Mercado de Carbono e Desafios para o Brasil. Nota Técnica 2**. 2023. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/arquivo-download/?id=286561>. Acesso em: 30 out. 2023.

FLOOTHUIS, J. M.; JAKOVAC, A. C. O mercado de carbono como possibilidade de financiamento de restauração ambiental. Repositório institucional da UFSC. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/249550/TCC%20Juliana%20de%20Melo%20Floothuis.pdf?sequence=1>. Acesso em: 30 out. 2023.

GONÇALVES, V. K.; VECCHIA, V. D. Limits of carbon pricing in a climate-changing world. **Revista Direito e Práxis**, v. 13, n. 4, p. 2504–2528. 2022, fev. 2021.

IEA - International Energy Agency. **Global Energy and Climate Model Documentation**. 2022a Disponível em <https://www.iea.org/reports/global-energy-and-climate-model>. Acesso em: 26 ago. Base de dados.

IEA - International Energy Agency. **World Energy Outlook 2022**. 2022b. Disponível em <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>. Acesso em: 26 ago. 2023b. Base de dados.

IEA - International Energy Agency. **Energy Statistics Data Browser**. 2022c. Disponível em < <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=WEOEUR&fuel=Energy%20supply&indicator=TESbySource>. Acesso em: 02 set. 2023. Base de dados.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

IEA - International Energy Agency. **Greenhouse Gas Emissions from Energy**. 2023. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/3c8fa115-35c4-4474-b237-1b00424c8844/CO2Emissionsin2022.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2023.

IBGC - Instituto Brasileiro de Governança Corporativa. **Governança Climática no Brasil: contexto e desafio dos Conselhos de Administração**. 2022. Disponível em: <https://conhecimento.ibgc.org.br/Paginas/Publicacao.aspx?PubId=24586>. Acesso em: 22 out. 2023.

INTERNATIONAL MONETARY FUND. **Carbon Taxes or Emissions Trading Systems? Instrument Choice and Design**. 2022. Disponível em: <https://www.imf.org/en/Publications/staff-climate-notes/Issues/2022/07/14/Carbon-Taxes-or-Emissions-Trading-Systems-Instrument-Choice-and-Design-519101>. Acesso em: 26 out. 2023.

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. **Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. 2023. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>. Acesso em: 29 out. 2023.

KUMI, B. E.; MAHAMA, M. Greenhouse gas (GHG) emissions reduction in the electricity sector: Implications of increasing renewable energy penetration in Ghana's electricity generation mix. **Scientific African**, v. 21, set. 2023.

STAVINS, R. N. The Relative Merits of Carbon Pricing Instruments: Taxes versus Trading. **Review of Environmental Economics and Policy**, v. 16, n. 1, p. 62–82, jan. 2022.

MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/estimativas-anuais-de-emissoes-gee/arquivos/6a-ed-estimativas-anuais.pdf>. Acesso em: 19 out. 2023.

MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. **Comissão de Meio Ambiente do Senado aprova PL do mercado regulado de carbono**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/2023/outubro/comissao-de-meio-ambiente-do-senado-aprova-pl-do-mercado-regulado-de-carbono>. Acesso em: 30 out. 2023.

NASSAR, Y. F. *et al.* Estimation of CO2 emission factor for the energy industry sector in Libya: a case study. **Environment, Development and Sustainability**, v. 23, p. 13998-14026, fev. 2021.

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. **Greenhouse gases continued to increase rapidly in 2022**. Disponível em: <https://www.noaa.gov/news-release/greenhouse-gases-continued-to-increase-rapidly-in-2022>. Acesso em: 31 out. 2023.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Análise das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas de mudanças climáticas do Brasil**. Brasília. 2023 Disponível em: <https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2023/03/SEEG-10-anos-v4.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2023.



PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

QUITO, B. et al. (2023). Spatiotemporal influencing factors of energy efficiency in 43 european countries: A spatial econometric analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 182, mai. 2023.

QUREITEM, G.; AL-KHATIB, I. A.; ANAYAH, F. Inventory of main greenhouse gas emissions from energy sector in Palestine. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 192, n. 63, dez. 2019.

RAHMAN, M. M. *et al.* A Critical, Temporal Analysis of Saudi Arabia's Initiatives for Greenhouse Gas Emissions Reduction in the Energy Sector. **Sustainability**, v. 14, n. 19, out. 2022.

ROSA, M. Diversification, concentration and renewability of the energy supply in the European Union. **Energy**, v. 253, ago. 2022.

STAVINS, R. N. The Relative Merits of Carbon Pricing Instruments: Taxes versus Trading. **Review of Environmental Economics and Policy**, v. 16, n. 1, p. 62–82, jan. 2022.

SILVEIRA, G, P. Energia e mudanças climáticas: impactos socioambientais das hidrelétricas e diversificação da matriz energética brasileira. **Opinião Jurídica**, v. 17, n. 33, p. 123–148, jan. 2018.

UNIÃO EUROPEIA. Regulamento (EU) 2023/956 do Parlamento Europeu e do Conselho de 10 de maio de 2023 (Cria um mecanismo de ajuste de carbônico fronteiriço). **Jornal oficial da União Europeia**. Estrasburgo. p. L30/52-L30/104, 10 mai. 2023.

WALTER, A. Emissões de gases de efeito estufa no setor de energia, no Brasil. **Revista Brasileira de Energia**, v. 27, n. 3, p. 155-188, 2023.

WORLD ENERGY DATA. **World Final Energy**. 2023. Disponível em <https://www.worldenergydata.org/world-final-energy/>. Acesso em: 23 ago. 2023. Base de dados.

ZHANG, Y.; TANG, K. Analysis on evolution characteristics and influencing factors of global energy pattern under anti-globalization background. **Heliyon**, v. 9, n. 8, jul. 2023.

ZOU, C. *et al.* The role of new energy in carbon neutral. **Petroleum Exploration and Development**, v. 48, n. 2, p. 480-491, abr. 2021.