

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

**ANÁLISE DO IMPACTO REGULATÓRIO DO MERCADO DE  
CARBONO NO SETOR INDUSTRIAL E VAREJISTA: ESTRATÉGIAS  
DE MITIGAÇÃO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA**

**FERNANDO LEME ZANLUQUI**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Departamento de Engenharia Química da  
Universidade Federal de São Carlos, para obtenção  
do título de bacharel em Engenharia Química.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Paula Rúbia Ferreira Rosa

SÃO CARLOS - SP

2025

## BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Paula Rúbia Ferreira Rosa, DEQ/UFSCar

Convidado: Carlos Henrique Magalhães Fernandes, IQSC/USP

Professor da Disciplina: Ernesto Antonio Urquieta-Gonzalez, DEQ/UFSCar

Trabalho de Graduação apresentado no dia 17 de Fevereiro de 2025 perante a seguinte banca examinadora:

## AGRADECIMENTO

A conclusão deste Trabalho de Conclusão de Curso é um marco significativo em minha trajetória acadêmica, e não teria sido possível sem o apoio e a dedicação de muitas pessoas, às quais expresso minha mais profunda gratidão.

A Deus, por me dar força e perseverança nos momentos difíceis, e pelas oportunidades que surgiram ao longo do caminho.

À minha família, especialmente aos meus pais e irmã, que sempre acreditaram no meu potencial e me ensinaram o valor do esforço e dedicação. Agradeço pelo amor incondicional, pelo incentivo constante e pela compreensão em todos os momentos.

À minha orientadora, Paula Rúbia Ferreira Rosa, por sua paciência, conhecimento e orientação essencial para o desenvolvimento deste trabalho. Suas sugestões e *feedbacks* foram fundamentais para a consolidação deste estudo.

Aos amigos e colegas de curso, que compartilharam comigo os desafios e conquistas dessa jornada acadêmica. O apoio mútuo, as discussões enriquecedoras e as trocas de conhecimento tornaram essa caminhada mais significativa.

A todos os professores que contribuíram para minha formação, transmitindo conhecimento e inspirando a busca pelo aprendizado contínuo. Suas orientações foram essenciais para o meu crescimento acadêmico e pessoal.

Por fim, a todos que, direta ou indiretamente, estiveram ao meu lado e contribuíram para a realização deste trabalho, o meu muito obrigado! Cada palavra de incentivo, cada gesto de apoio e cada contribuição foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

## RESUMO

No Brasil, observa-se uma preocupação do setor público e empresarial com relação a redução das emissões de carbono, sendo que 77% das 80 empresas líderes brasileiras já possuem metas específicas de corte de emissões. Dentro desse contexto, este projeto de pesquisa teve como objetivo primordial aprofundar a análise do impacto das regulamentações do mercado de carbono nos setores industrial e varejista, mais especificamente no setor de Energia da subsidiária Siemens Gamesa considerando ações e estratégias de mitigação de emissões de gases de efeito estufa associados a um custo de carbono. O estudo buscou fornecer indicadores-chave e melhores práticas em um estudo de caso em relação ao avanço em descarbonização em consonância com as regulamentações atuais e, mais amplamente, para a promoção e ampliação da sustentabilidade nos demais setores da economia. Para isso, a proposta envolveu uma revisão bibliográfica abrangente, explorando as bases conceituais e práticas relacionadas ao mercado de carbono, políticas ambientais e medidas de combate a mudanças climáticas em um cenário de transição energética. Por fim, revelou-se medidas estratégicas de mitigação e da conformidade com regulamentações específicas através do mapeamento de transparência da *Carbon Disclosure Project* (CDP), a qual revelou a liderança da empresa espanhola-alemã nos temas de compromisso e divulgação de resultado para emissões diretas de CO<sub>2</sub>, uso de Crédito de Carbono aliada ao projeto mexicano dentro da iniciativa da UNFCC (Convenção-Quadro das Nações Unidas) e governança sustentável dentro de diretrizes internacionais consolidadas. Além disso, pretendeu-se contribuir para o caso Brasil, no sentido de incorporar uma crescente discussão do mercado de carbono, na qual a mitigação das mudanças climáticas passa por políticas públicas e medidas corporativas em diversos eixos, como: Pesquisa e Desenvolvimento, Transparência na divulgação de Relatórios Sustentáveis, Aumento de Segurança Jurídica e Alinhamento em um Plano de Transição Energético de empresas consideradas líderes de mercado, associando-as aos desafios já enfrentados por esses setores internacionalmente à melhores práticas já adotadas pelo mercado.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento Econômico, Emissões de Gases, Regulamentações de Carbono, Setores Industrial e Varejista, Sustentabilidade, Mitigação de Emissões, Transição Energética

## ABSTRACT

In Brazil, there is a growing public and corporate commitment to reducing carbon emissions, with 77% of the country's 80 major companies having already set specific emission reduction targets. Within this context, this research project aimed to deepen the analysis of the impact of carbon market regulations on the industrial and retail sectors, specifically focusing on the Energy sector of Siemens Gamesa's subsidiary, considering actions and strategies for mitigating greenhouse gas emissions in a carbon pricing logic. The study sought to provide key indicators and best practices through a case study on progress in decarbonization, aligned with current regulations and, more broadly, to promote and expand sustainability across other sectors of the economy. To achieve this, the research involved a comprehensive literature review, exploring conceptual and practical foundations related to the carbon market, environmental policies, and climate change mitigation measures within the energy transition framework. Furthermore, strategic mitigation measures and regulatory compliance efforts were revealed through transparency mapping conducted by the Carbon Disclosure Project (CDP). This analysis highlighted the Spanish-German company's leadership in commitments and reporting on direct CO<sub>2</sub> emissions, the use of carbon credits linked to a Mexican project under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) initiative, and sustainable governance in accordance with international consolidated guidelines. Additionally, it aims to contribute to the Brazilian context by incorporating an expanding discussion on the carbon market, where climate change mitigation depends on public policies and corporate measures across various pillars, such as Research & Development, Transparency in Sustainability Reporting, Increased Legal Security, and Alignment with an Energy Transition Plan for market-leading companies. This approach connects Brazil's challenges with international best practices already adopted in the sector.

**Keywords:** Economic Development, Gas Emissions, Carbon Regulations, Industrial and Retail Sectors, Sustainability, Emission Mitigation, Energy Transition Plans

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Média de Temperatura Global de 1880 até 2024	1
Figura 1.2	Planejamento e divisão de estudos para implementação da precificação e de emissões no Brasil	3
Figura 1.3	Fatores que impactam na precificação do carbono e seus métodos de cálculo	4
Figura 2.1	Componentes da PMR e seus objetivos específicos	10
Figura 2.2	Programas de Comércio de Emissão e Setores Regulados	16
Figura 2.3	Agentes responsáveis pela governança do mercado de carbono europeu	18
Figura 4.1	Curva de Precificação sobre relação Custo versus Quantidade de emissões abatidas	28
Figura 4.2	Benefícios da Precificação de Carbono	31
Figura 5.1	Escolha da Empresa do Estudo de Caso	34
Figura 5.2	Processo de obtenção dos indicadores-chave da empresa Siemens Gamesa	35
Figura 5.3	Documentação de Projeto Desenvolvido no banco de projeto da UNFCC	38

## LISTA DE TABELA

Tabela 2.1	Programas Internacionais de mercado de carbono	6
Tabela 4.1	Principais estratégias de mitigação de carbono emitido	30
Tabela 5.1	Indicadores organizacionais relacionados <i>framework</i> da <i>Carbon Disclosure Project</i>	51
Tabela 7.1	Resultados concretos das medidas adotados por escopo (ANEXO E – SIEMENS GAMESA REPORT)	57

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivos Específicos.....	5
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Mercado de Carbono.....	6
2.2 Mercado de Carbono Brasileiro.....	7
2.3 Comprometimento de Redução.....	8
2.4 Impacto Regulatório.....	9
2.4.1 Análise Jurídica.....	11
2.4.2 Modelos Jurídico e Fiscais Internacionais.....	16
<b>3. DESCARBONIZAÇÃO.....</b>	<b>19</b>
3.1 Indústria.....	19
3.2 Varejo.....	21
3.3 Mecanismos de Ajuste de Mercado.....	22
3.4 Potenciais do Mercado no Setor Industrial e de Energia.....	23
3.5 Melhores Práticas.....	25
3.5.1 Jornada de Redução de Carbono.....	25
<b>4. ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO.....</b>	<b>27</b>
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>33</b>
5.1 Escolha da Empresa.....	33
5.2 Escopo de Estudo.....	35
5.3 Metodologia DEFRA + ACM0002.....	36
5.3.1 Metodologia DEFRA.....	36
5.3.2 Metodologia ACM0002.....	37
5.4 Indicadores de Transição Energética.....	40
<b>6. ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>42</b>
6.1 Introdução.....	42
6.2 Siemens.....	42
6.3 Siemens Gamesa.....	42
6.4 Panorama.....	42
6.5 Análise De Emissões.....	45
<b>7. RESULTADOS.....</b>	<b>47</b>
7.1 Classificação.....	50
7.2 Implicações e Oportunidades.....	52
<b>8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>54</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>57</b>

ANEXO A – DEFRA METHODOLOGY

ANEXO B – ACM002 METHODOLOGY

ANEXO C – CDP TRANSITION PLAN

ANEXO D – TABELA SIEMENS GAMES

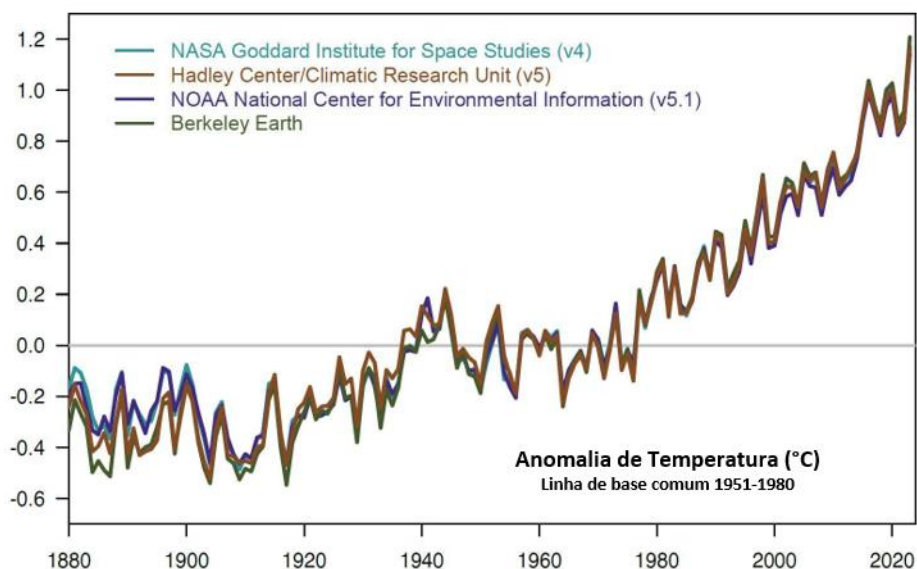
ANEXO E – SIEMENS GAMES REPORT

ANEXO F – BII NEE STIPA PROJECT DESIGN DOCUMENT

## 1. INTRODUÇÃO

A fim de se avaliar os impactos regulatórios dentro do mercado de carbono, é notório que as transformações climáticas mundiais têm se tornado um assunto cada vez mais relevante na agenda política e econômica global, tanto devido aos impactos sociais e econômicos atuais quanto ao seu potencial destrutivo a longo prazo (NASA, 2024). Segundo o Painel Internacional sobre Mudanças Climáticas, isto é, *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), há clara existência de provas de que o clima global está se tornando mais quente, o que demonstra um efeito anômalo ilustrado na Figura 1.1 – registrado via Instituto Goddard para Estudos Espaciais. Além disso, há um amplo consenso na comunidade científica sobre a relação entre esse aumento de temperatura e as emissões antrópicas de gases do efeito estufa (NASA, 2024).

**Figura 1.1 - Média de Temperatura Global de 1880 até 2024**



Fonte: NASA, 2024 Adaptado

Nesse sentido, a compreensão dos impactos das mudanças climáticas torna-se um pilar estratégico fundamental para o desenvolvimento de planos e metas tanto no âmbito das políticas públicas quanto nas estratégias empresariais.

Para as empresas, adotar práticas sustentáveis pode resultar na redução de custos operacionais, no aumento da competitividade e no acesso a mercados e financiamentos que

priorizam critérios ambientais, sociais e de governança (do inglês: *environmental, social and governance* ou somente ESG). No entanto, o modelo de negócios tradicional e a presença de incentivos regulatórios difusos ainda limitam a adoção de práticas sustentáveis, criando um cenário de desafios relacionados ao uso ineficiente de recursos, à baixa eficiência energética e à vulnerabilidade a riscos climáticos. (IPCC, 2023).

No campo das políticas públicas, a integração de estratégias climáticas contribui para o aprimoramento do planejamento regulatório, o fomento ao mercado nacional de carbono e o cumprimento das metas climáticas assumidas pelo Brasil em acordos internacionais, promovendo um ambiente mais resiliente e sustentável (IPCC, 2023).

Logo, a precificação do carbono é uma ferramenta crucial na estratégia global para reduzir as emissões de gases de efeito estufa. De acordo com o Banco Mundial, cerca de 21,5% das emissões globais de GEE são compreendidas por 64 medidas de valoração do carbono, incluindo sistemas de comércio de emissões e taxas sobre o carbono, com valores que variam de US\$ 1 a US\$ 137 por tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2021).

Por conseguinte, incentivos econômicos fortes para as mudanças necessárias são criados nos padrões de investimento, produção e consumo, e permitem induzir avanços tecnológicos, reduzindo a extensão do investimento público adicional necessário. O que na situação atual, mais da metade das emissões feitas possuem um valor médio de apenas US\$ 10/tCO<sub>2</sub>e, destacando a importância de uma implementação mais sólida e eficiente desses mecanismos (WORLD BANK GROUP, 2023).

Nesta temática, para elaborar uma avaliação dos impactos regulatórios dentro do mercado de carbono, métodos de cálculo de preço de carbono que se baseiem na realidade brasileira são estudados (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2021). Logo, regiões como a União Europeia (EU-ETS), México, Canadá/Califórnia (WCI), Japão (Tóquio-CaT) e Coreia do Sul (KETS) fornecem informações valiosas sobre os obstáculos enfrentados e as soluções adotadas em diferentes cenários.

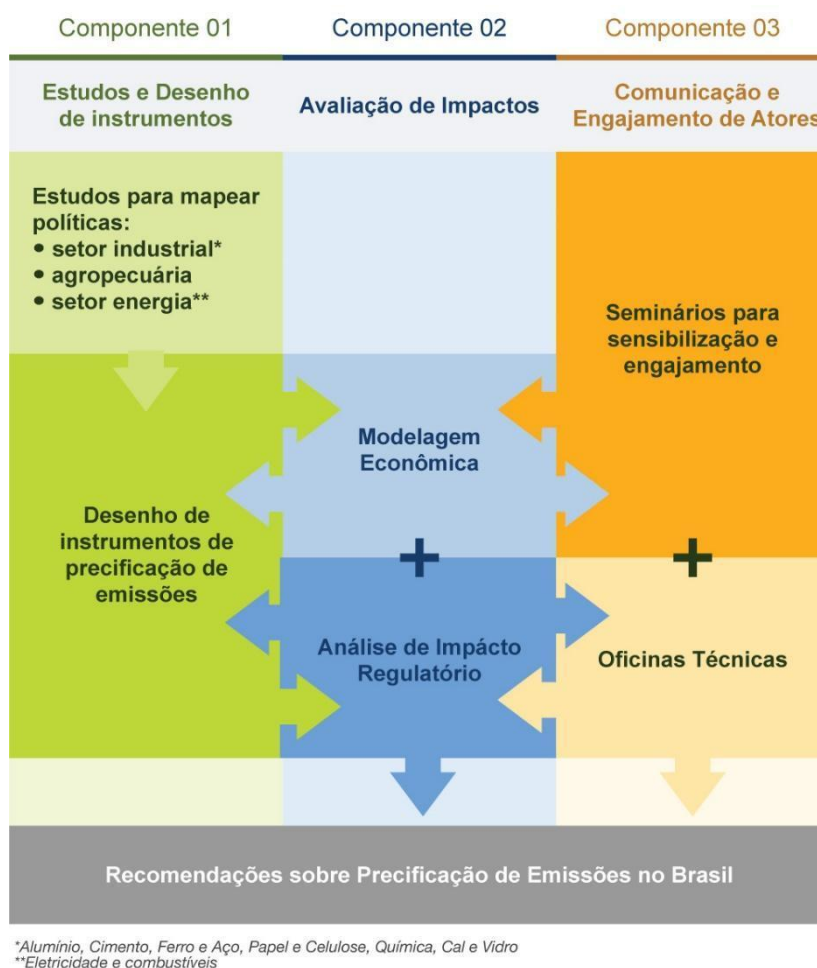
Ao analisar essas vivências, abre-se oportunidades para criação de instrumentos e medidas de internalização nacional para a problemática pluri-jurisdicional descentralizada dos GEE's, na qual:

“Trata-se de um problema de escala global – [...] na qual as emissões de GEE em qualquer parte do mundo causam impactos a nível mundial;

E também [...] são causadas por uma externalidade negativa – de modo que [...] as emissões de GEE são um subproduto da atividade econômica cujos custos não são internalizados pelo emissor” (BRASIL, 2017, p.3)

No Brasil – foi no ano de 2011 que oficialmente este interesse pela implementação de métodos de precificação de carbono teve início, logo após a adesão ao programa Partnership for Market Readiness (PMR) do Banco Mundial, assim demonstrada na Figura 1.2 seguinte.

**Figura 1.2 – Planejamento e divisão de estudos para implementação da precificação e de emissões no Brasil**



Fonte: BRASIL, 2017

No sentido de avaliar a viabilidade e os impactos de diferentes instrumentos de precificação de emissões de gases de efeito estufa (GEE), o PMR mapeou os principais setores da economia para criar uma base sólida na qual envolveu o aprofundamento para adoção de mecanismos de regulação de preços alinhados com as metas nacionais e modelo econômico atual brasileiro.

Para tanto, estendeu-se a análise sobre o controle e implementação em uma dinâmica de precificação particular do carbono e criação de boas práticas em um sistema regulatório.

Assim, setores como: energia (geração elétrica e combustíveis); e sete subsetores do Plano Setorial de Mitigação e Adaptação na Indústria de Transformação (quais sejam, siderurgia, cimento, alumínio, química, cal, vidro e papel e celulose); e agropecuária, são alvos principais de um ambiente de político, econômico, ambiental e de governança sustentável, assim como ilustrado à seguir na Figura 1.3 (BRASIL, 2024).

**Figura 1.3 – Fatores que impactam na precificação do carbono e seus métodos de cálculo**



Fonte: WORLD BANK GROUP, 2023 Adaptado

Sendo assim, um sistema de gestão sólido e eficiente, que esteja alinhado não só com as leis nacionais, mas também com as locais, como a Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC) e a Política Estadual de Mudanças Climáticas de São Paulo (PEMC), caminha para alcançar metas de descarbonização e de aquecimento global traduzidas em um menor custo total de implementação.

O que em perspectiva, mostra-se atual e em execução em projetos internacionais em líderes de mercado, como o sistema de descarbonização da Siemens Gamesa, sendo este o objeto de estudo de caso escolhido.

Logo, mediante este estudo, busca-se em aprofundar a compreensão sobre o impacto das regulamentações do mercado de carbono nos setores industrial e varejista, especificamente

no partindo do ponto de vista do campo de energia e possíveis métricas de emissão. Para isso, oferece um balizamento de melhores práticas internacionais e insights valiosos com as estratégias práticas para a mitigação de emissões de gases de efeito estufa (GEE), essencial para empresas de diferentes setores da economia.

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo analisar o impacto das regulamentações do mercado de carbono nos setores industrial e varejista, em um estudo de caso da Divisão de Energia da empresa Siemens – i.e., Siemens Gamesa, utilizando o *CDP Framework* (ANEXO C – CDP TRANSITION PLAN JOURNEY) para promover a transparência e controle de emissões em documentos auditáveis, além de sugerir estratégias eficazes de mitigação, com base nas melhores práticas globais de sustentabilidade.

Para isso, serão identificados os indicadores-chave na formulação de um campo de vantagens competitivas para as empresas que adotarem essas práticas de forma assertiva e consciente.

### **1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar uma revisão das regulamentações e acordos globais relacionados ao mercado de carbono, com foco nos impactos para os setores industrial e de varejo.
- Analisar as emissões de GEE nos setores industrial e de energia, destacando as principais fontes e desafios relacionados à conformidade regulatória.
- Avaliar as melhores práticas de mitigação de emissões adotadas por empresas líderes, com ênfase na aplicação do *CDP Framework* associadas ao relatório auditado da empresa espanhola, além de documentos de emissões e fiscais.
- Identificar os indicadores-chave para a elaboração de estratégias de mitigação de emissões de GEE, a partir da análise integrada de relatórios ESG e fiscais, para revelar as medidas de transparência e eficiência nas operações da Siemens Gamesa.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. MERCADO DE CARBONO

Os mercados de carbono desempenham um papel fundamental no combate às mudanças climáticas, possibilitando que nações e organizações adquiram e vendam créditos de carbono para diminuir suas emissões de gases do efeito estufa. Neste sentido, é importante salientar que a implementação de instrumentos de mitigação de pegada de carbono apresenta-se em diferentes patamares de avanço jurídico e prático ao redor do planeta.

Logo, faz-se necessário expor as experiências a nível internacional pelas quais os protocolos de redução dos GEEs estão sendo avaliados e implementados reunidos na Tabela 2.1 seguinte (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2021).

**Tabela 2.1 - Programas Internacionais de mercado de carbono**

<b>Região/País</b>	<b>Programa/Projeto</b>	<b>Descrição</b>
<b>Europa</b>	<b>EU-ETS (Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia)</b>	Maior mercado de carbono global, com restrições de emissões para empresas nos setores industrial e energético. Permite negociação de permissões de emissão.
<b>Japão</b>	<b>Iniciativa Local de Tóquio para Redução de Emissões de Carbono</b>	Projeto regional com sistema de limitação e comércio de créditos de carbono para empresas em Tóquio. Visa diminuir as emissões na região metropolitana.
<b>Coreia do Sul</b>	<b>KETS (Programa de Troca de Emissões Sul-Coreano)</b>	Implementado em 2015, abrange mais de 500 empresas nos setores de energia, siderurgia e petroquímica. Visa reduzir as emissões e incentivar a transição para uma economia sustentável.
<b>México</b>	<b>Programa de Compensação de Emissões do México (PCM México)</b>	Mercado voluntário de compensação de carbono, permitindo às empresas e pessoas compensarem suas emissões por meio de projetos de diminuição de emissões e energia limpa.
<b>América do Norte</b>	<b>Programa de Ação Climática no Ocidente</b>	Iniciativa que reúne estados e províncias para diminuir as emissões e promover fontes de energia limpa, operando com sistema de <i>cap and trade</i> em regiões como Califórnia, Oregon e Quebec.

Este mercado de carbono pode ser operado em três vias estratégicas principais para mitigação do carbono emitidos: Imposto de Carbono, Sistema de Comércio de Emissões, ou do inglês *Emission Trade System* (ETS), e Créditos de Carbono (GOLLIER & TIROLE, 2017).

- **Imposto de Carbono:** Define um preço para as emissões de GEE por meio de um imposto direto sobre a combustão de combustíveis fósseis, vinculando as emissões de um produto ou processo ao imposto pago.
- **Sistema de Comércio de Emissões (ETS):** Estabelece um limite (*cap*) para a quantidade total de emissões de GEE, exigindo que entidades entreguem licenças para cada unidade de emissão pela qual são responsáveis.
- **Créditos de Carbono:** Reconhece reduções de emissões por meio da emissão de unidades para projetos elegíveis, considerando reduções reais, adicionais, permanentes e abaixo de um cenário de referência.

## 2.2. MERCADO DE CARBONO BRASILEIRO

Nessa temática, é importante ressaltar que o mercado de créditos de carbono no Brasil ainda é incipiente com criação do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE), via Lei 15.042/24, na qual afasta o país em sistema de mercado voluntário de crédito e aproxima do exemplo internacional de países já em avanço em relação a medidas regulatórias (BRASIL, 2024).

Ainda em perspectiva nacional, o país tem-se demonstrado um dos pioneiros no desenvolvimento de políticas e na criação de instituições voltadas para as questões das mudanças climáticas, como a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima (CIMGC), que atua como Autoridade Nacional Designada (AND) para o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Protocolo de Quioto (MIGUEZ, 2008).

Em um primeiro plano, o histórico jurídico brasileiro se dá pelo marco legal a incentivar o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE), via Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei nº 12.187/2009) permitindo a negociação de títulos vinculados à redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) em bolsas de valores e entidades regulamentadas pela CVM (Comissão de Valores Mobiliários). Posteriormente, o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) definiu os créditos de carbono como bens intangíveis e transacionáveis (SABBAG, 2013).

Nesse campo, o Brasil assumiu as metas do Protocolo de Quioto, no qual 141 países se comprometeram a reduzir, em média, 5,2% de suas emissões de gases de efeito estufa. A base para essa redução foram os níveis de 1990, durante o período de 2008 a 2012.

Esse protocolo tornou-se o primeiro acordo global vinculante para a redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE). Além disso, ele introduziu um mecanismo de mercado que incluía países em desenvolvimento em um mercado global de carbono, ainda que incipiente (UNFCCC, 1997).

Segundo elaborado no Boletim Responsabilidade Social e Ambiental do Sistema Financeiro, o Banco Central Brasileiro alinharia as tendências de um mercado mais sustentável de comercialização da unidade de medida conhecida como tonelada de carbono equivalente já estrategicamente analisando a viabilidade de um mercado regulado mais forte e benéfico a longo prazo (BANCO CENTRAL, 2010).

Logo, essa recente regulamentação mostra o novo desafio para criação de um mercado sólido, transparente e eficiente, abrindo assim as oportunidades do país para aproveitar esse mecanismo global de mitigação das emissões de gases de efeito estufa. O que então exige que a lei em vigor, via SBCE, prove-se uma estrutura regulatória mais clara e coesa para assegurar a credibilidade do mercado de carbono no Brasil e possibilitar uma integração eficaz com outros mercados internacionais.

### **2.3. COMPROMETIMENTO DE REDUÇÃO**

Evidenciado sob comunicado à Secretaria da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) no ano de 2024, o governo brasileiro revelou seu empenho na redução de emissões líquidas de gases-estufa no país de 59% a 67% até 2035, em comparação aos níveis de 2005, isto é, eliminar entre 850 milhões e 1,05 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (BRASIL, 2024).

Ressalta-se ainda, que a implementação do Acordo de Paris propõe seguir à risca os princípios e diretrizes das Secretaria Climática das Nações Unidas, especialmente o princípio das responsabilidades comuns, porém diferenciadas, e das capacidades individuais. O Brasil, sendo um país em desenvolvimento, teve uma contribuição histórica reduzida para as mudanças climáticas globais, o que revela uma Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) mais ambiciosa do que o usual para nações com menor responsabilidade no passado pelas emissões de gases de efeito estufa (BRASIL, 2024).

## 2.4. IMPACTO REGULATÓRIO

De 2016 a 2020, o PMR Brasil concentrou esforços na elaboração de fundamentos metodológicos e técnicos para estabelecer um sistema de comércio de emissões, em colaboração com o Ministério da Economia e o Banco Mundial (BRASIL, 2024).

Essa fase preparatória fez despertar grande interesse no mercado, visto que representa um avanço significativo rumo à possível implementação de uma política nacional de precificação de carbono, sendo estes esforços baseados em modelos de governança eficazes e influenciada por experiências internacionais de sucesso.

Nesse contexto, o Projeto PMR Brasil visou apoiar o processo de tomada de decisão, subsidiando o governo brasileiro com informações acerca da conveniência de adoção de instrumentos de precificação de carbono como parte das políticas de mitigação de emissões de GEEs (Gases de Efeito Estufa) brasileiras. Tais subsídios foram gerados por meio do estudo detalhado e avaliação dos impactos dos diferentes instrumentos de mitigação de mudanças climáticas na economia, sociedade e meio ambiente. Há de se notar que uma avaliação relativa à adoção de um instrumento de precificação de emissões (ou instrumentos) deve ser coordenada, sempre que possível, com o processo de melhoria regulatória e preparação para a implementação da NDC brasileira, para assegurar que os instrumentos desempenhem um papel efetivo e identificável dentro da ampla gama de instrumentos necessários para alcançar metas de redução de emissões nacionais pós-2020 (PMI CLIMATE, 2023).

O Projeto PMR Brasil abordou questões fundamentais, orientando-se por perguntas norteadoras específicas:

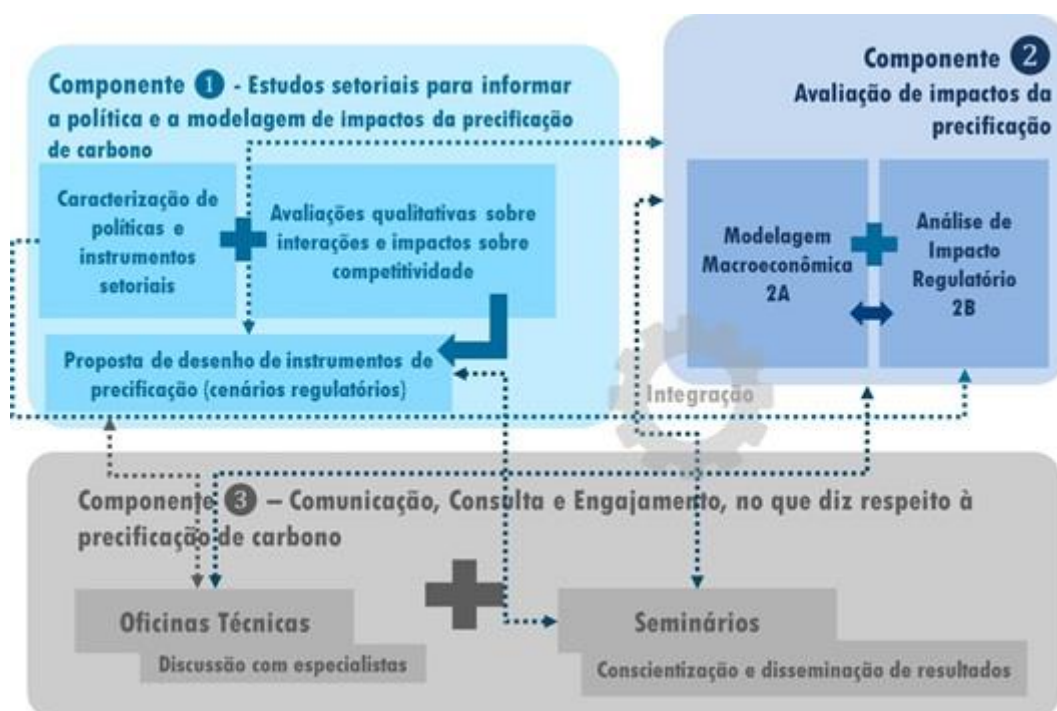
**Viabilidade e Conveniência:** Seria a adoção de um instrumento de precificação de carbono viável e conveniente como parte da política climática nacional no período pós-2020.

**Características do Instrumento:** Caso afirmativo, quais seriam as características essenciais que um instrumento dessa natureza deveria possuir para otimizar a relação entre o cumprimento dos objetivos climáticos e o desenvolvimento socioeconômico do país?

Além dessas indagações centrais, o projeto também considerou questões específicas, incluindo distribuição de ônus, aceitação política e outros aspectos relevantes para a implementação eficaz das políticas climáticas.

Para responder a essas questões, o Projeto PMR Brasil adotou uma abordagem multifacetada, integrando múltiplos componentes de análise. Essa metodologia permitiu uma avaliação completa e detalhada dos possíveis impactos e benefícios associados à adoção de instrumentos de precificação de carbono no Brasil pós-2020 assim demonstrado na Figura 2 .1.

**Figura 2.1 – Componentes da PMR e seus objetivos específicos**



Fonte: BRASIL, 2020

O projeto de precificação de carbono foi estruturado em três componentes principais (BRASIL, 2020):

**Componente 1 – Elaboração de Estudos Setoriais e Proposição de Instrumentos:** Esse componente se concentrou em analisar as estruturas econômicas e tecnológicas dos setores brasileiros mais importantes, levando em conta tecnologias para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, além do ambiente institucional e regulatório. Com base nessas análises e em uma revisão de práticas internacionais, foram sugeridas opções de mecanismos de precificação de carbono para alcançar as metas estabelecidas no NDC brasileiro.

**Componente 2 – Avaliação de Impactos:** Dividido em dois subcomponentes:

- **2A – Modelagem:** Estimou os impactos socioeconômicos da implementação dos instrumentos propostos, utilizando modelagem econômica.
- **2B – Análise de Impacto Regulatório (AIR):** Realizou uma análise regulatória dos pacotes de instrumentos sugeridos.

**Componente 3 – Comunicação e Engajamento de Stakeholders:** Esse elemento teve como

objetivo principal divulgar os resultados das pesquisas por meio de seminários abertos ao público e workshops especializados, além de envolver partes interessadas e oferecer suporte técnico à equipe do projeto.

Os dados obtidos nas pesquisas por setores (Componente 1) serviram como sustentação para as avaliações de consequências (Componente 2), garantindo a consistência dos resultados conclusivos. Por último, o Componente 3 assegurou a divulgação e participação essenciais para o êxito do projeto.

#### **2.4.1. ANÁLISE JURÍDICA**

A venda das Emissões Certificadas de Redução (ECRs) em um mercado de carbono pode ser uma tática muito vantajosa para nações em desenvolvimento. Esse mercado possibilita o financiamento de projetos em países em desenvolvimento, captando recursos e promovendo medidas efetivas contra as mudanças climáticas (PEDRO, 2024).

Logo, a implantação de um sistema de comercialização de carbono no Brasil proporciona oportunidades para ganhos econômicos e organizacionais relevantes, exigindo leis específicas nesse sentido. Os projetos de lei Nº 528/2021 e Nº 412/2022 buscam estabelecer regras, padrões e estratégias para o mercado de carbono, além de inseri-lo no contexto tributário do país, com o intuito de garantir maior estabilidade legal (PEDRO, 2024).

Após a implementação da Política Nacional de Mudanças Climáticas em 2009, de acordo com a Lei Federal 12.187/2009, o Brasil passou a trabalhar na criação de um mercado de carbono, voltado principalmente para os segmentos de energia elétrica, transporte público urbano, indústria, mineração, construção civil, saúde e agropecuária.

No ano de 2022, o governo nacional lançou breves regras para esta área por intermédio do Decreto Federal 11.075/2022. Porém, o decreto apresentava problemas de organização ao transferir a responsabilidade de sua regulamentação para empresas privadas, sem criar uma estrutura administrativa sólida, selo de aprovação de crédito ou métodos bem definidos. Em junho de 2023, o Decreto Federal 11.075/2022 foi anulado (Decreto Federal 11.550/2023).

No dia 04 de outubro de 2023, todos os membros da Comissão de Meio Ambiente do Senado Federal votaram a favor do Projeto de Lei Substitutivo 412/2022 (PL), que estabelece diretrizes para o mercado de carbono no Brasil, criando o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE) (FUND. GETÚLIO VARGAS, 2024).

Nesse sentido, a Lei Complementar 412/2022, aprovada pelo Congresso Nacional, tem como principal finalidade estabelecer e normatizar o mercado nacional de recursos ambientais.

Abaixo lista-se alguns aspectos importantes:

O presente Projeto de Lei tem como objetivo estabelecer os fundamentos jurídicos para a operação do Mercado Nacional de Redução de Emissões (MNRE), de acordo com o que foi traçado pela Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC). A PNMC, instituída pela Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009, estabelece orientações para reduzir os efeitos das mudanças climáticas no país (BRASIL, 2023).

#### **Definições e Conceitos:**

- **Crédito de Emissão de Carbono:** São certificados que simbolizam a diminuição ou exclusão de uma tonelada de gases de efeito estufa equivalente a dióxido de carbono (1 tCO<sub>2</sub>e). Esses certificados são imateriais, negociáveis e intercambiáveis.
- **Certificação Padrão:** Diz respeito aos programas de certificação de organizações que avaliam se os projetos de diminuição ou eliminação de emissões de gases do efeito estufa (GEE) estão de acordo com os métodos e critérios definidos.
- **Aposentadoria:** Ocorre quando um crédito de carbono é removido definitivamente do mercado, impossibilitando sua negociação.
- **Compensação de Emissões:** Processo pela qual pessoas ou organizações buscam compensar suas emissões de Gases do Efeito Estufa, comprando créditos de carbono.
- **Mercado de Emissões Voluntárias:** Trata-se de um sistema em que ocorre a comercialização de créditos de carbono sem a exigência de uma legislação específica relacionada à redução ou remoção das emissões de gases de efeito estufa.
- **Diminuição e Eliminação de GEE:** Diz respeito à efetiva redução das emissões de gases de efeito estufa em períodos distintos, assim como à captura ou armazenamento desses gases da atmosfera.

#### **Objetivos do MBRE (Mercado Brasileiro de Redução de Emissões):**

- **Confirmação do Acordo Nacional:** O MBRE confirma o compromisso do Brasil com a diminuição e eliminação de gases de efeito estufa da atmosfera, em conformidade com sua autonomia e compromisso ambiental.
- **Educação e Sensibilização Ambiental:** Estimula a aprendizagem sobre o meio ambiente e sensibiliza a sociedade a respeito da relevância da diminuição das emissões de gases de efeito estufa e adoção de práticas sustentáveis.
- **Promoção da Resiliência Florestal e Manejo Sustentável do Solo:** O objetivo é promover a resiliência do setor florestal e incentivar o manejo sustentável do solo, com a meta

de atingir a neutralização de carbono na Amazônia brasileira até 2030.

- **Estímulo às Empresas Eco-friendly:** Tem como objetivo aumentar a presença de empresas sustentáveis na produção de energia e no setor da construção, diminuindo as emissões de gases de efeito estufa.
- **Desenvolvimento de Procedimentos para Certificação e Venda:** Tem como objetivo criar diretrizes para a aprovação, análise e certificação de iniciativas de diminuição de poluentes, e também incentivar a comercialização de créditos de carbono.

#### **Preceitos Gerais:**

- **Benefício Fiscal das Contribuições Sociais:** A participação no mercado de carbono é incentivada através da isenção de determinadas contribuições sociais em transações que envolvem créditos de carbono.
- **Possibilidade de participação no MBRE:** Os créditos de carbono originados no território nacional, provenientes de iniciativas de diminuição ou eliminação de gases de efeito estufa, podem ser incluídos no MBRE, desde que sejam verificados e certificados de acordo com as normas estabelecidas.
- **Ferramentas de Implementação e Administração:** O MBRE terá sua execução realizada por diferentes entidades e organizações, tais como o Conselho Nacional de Regulação de Emissões de Gases de Efeito Estufa, a Agência de Regulação de Mercado de GEE, o Cadastro Nacional de Mercado de GEE, dentre outros.

Assim, para o projeto regulatório em questão, propõe-se a criação do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE) inspirado em modelos já aplicados na Califórnia e na União Europeia, conhecidos como cap-and-trade. O intuito deste sistema é determinar um limite para as emissões de gases do efeito estufa, sendo que empresas que ultrapassem esse limite estarão sujeitas a medidas regulatórias. Para cumprir com as normas, as empresas precisarão reduzir suas emissões ou comprar créditos de carbono.

Vale salientar que depois de ter sido aprovado na Comissão de Meio Ambiente do Senado de forma definitiva, o conteúdo do Projeto de Lei foi enviado para a Câmara dos Deputados, onde foi incluído no PL 2.148/2015 e aprovado pelo plenário em 27 de dezembro de 2023. Mesmo com a maior parte do texto mantida, os parlamentares fizeram algumas modificações, sobretudo relacionadas ao REDD+ (BRASIL, 2023).

O REDD+ é uma modalidade de crédito de carbono gerado apenas pela diminuição do desmatamento, um tema que não foi abordado no texto inicial do Senado. Essa falta de

consideração resultou em pedidos de inserção de diferentes setores da sociedade, como organizações não governamentais e o Ministério Público Federal, levando assim à inclusão desses elementos pelos parlamentares (AGUIAR, 2018).

É importante destacar que o REDD+ tem desempenhado um papel significativo nos créditos de carbono transacionados voluntariamente no Brasil. No ano de 2023, por exemplo, foram gerados 1.080.257 créditos de carbono em 3 iniciativas de REDD+ no país, com empreendimentos distribuídos em regiões como Rondônia, Amazonas e Pará. Em contraste, houve um aumento considerável na quantidade de créditos de REDD+ concedidos em 2021, totalizando 20.654.195 em 8 projetos distintos (FUND. GETÚLIO VARGAS, 2024).

Adicionalmente, o plano contempla diversas estratégias do REDD+, como a abordagem baseada em mercado e não mercado, assim como o REDD+ em nível de jurisdição e nacional. A participação da Comissão Nacional para o REDD+ (CONAREDD+) será de extrema importância ao ser informada acerca dos projetos de redução de emissões do REDD+ e das metodologias associadas que serão certificadas para participar no mercado regulamentado (BRASIL, 2023).

Para além disso, o texto da proposta de projeto de lei proíbe a troca de créditos do mercado voluntário por Certificados de Redução Verificada de Emissões do mercado regulado nacional, a menos que seja comprovado tecnicamente que esses créditos são realmente adicionais. A adicionalidade é uma exigência do Protocolo de Quioto, que assegura que as reduções de emissões sejam extras às que ocorreriam naturalmente sem a interferência das atividades humanas. Além disso, o projeto de lei também propõe a conexão do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE) com mercados regulados em nível internacional, como o EU-ETS, e com tratados globais, como o Acordo de Paris, com o objetivo de promover a colaboração global na redução das mudanças climáticas (FUND. GETÚLIO VARGAS, 2024).

Assim, as alterações evidenciam não só a progressão das discussões sobre a redução das alterações climáticas, como também a relevância cada vez maior de iniciativas como o REDD+ na procura por estratégias eficazes para diminuir a liberação de gases de efeito estufa e preservar as florestas tropicais.

O texto ainda apresentado pela Câmara detalhou a formação do Órgão Superior do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE), que inclui diversos ministérios e um novo Ministério de Povos Indígenas. No entanto, é importante ressaltar que o Órgão Gestor ainda necessita de mais informações para garantir sua efetividade. Mesmo com alguns avanços, a estrutura de governança precisa de uma regulamentação adicional para evitar possíveis

problemas de falta de transparência. Em relação aos créditos de carbono, foi estipulado que a União, os estados, os municípios e os povos indígenas possuem direitos sobre os créditos em suas respectivas áreas, desde que determinadas condições, como a realização de consultas prévias e a divisão justa dos benefícios, sejam cumpridas. Uma mudança relevante proposta é considerar o crédito de carbono como um certificado de recebíveis para o Certificado de Recebíveis de Créditos Ambientais (CRAM), no entanto, ainda há desafios a serem superados, como a oscilação nos preços e a falta de liquidez (BRASIL, 2023).

## 2.4.2. MODELOS JURÍDICO E FISCAIS INTERNACIONAIS

Os modelos jurídico-fiscais internacionais voltados para a regulação do mercado de emissões de gases de efeito estufa têm evoluído significativamente ao longo dos últimos anos. Diversas regiões implementaram sistemas de comércio de emissões (Emissions Trading Systems - ETS) como mecanismo para reduzir a pegada de carbono e incentivar a transição para uma economia de baixo carbono, indo ao contrário da tributação de carbono que estabelece diretamente uma taxa de gases de efeito estufa – mais especificamente sobre o conteúdo de carbono nos combustíveis (BANCO MUNDIAL, 2023).

Nesse sentido, dentre os principais sistemas apontados na Figura 2.2, destaca-se o Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia (EU-ETS), pioneiro e referência mundial para programas relevantes em diferentes regiões (LUI, 2024).

**Figura 2.2 - Programas de Comércio de Emissão e Setores Regulados**

China (nacional), Massachusetts e RGGI	■							
Cazaquistão, México e Montenegro	■	■						
Califórnia, Oregon, Washington, Nova Escócia e Québec	■	■	■	■				
EU ETS	■	■		■				
Tóquio		■	■					
Alemanha			■	■				
Reino Unido e Suíça	■	■			■			
China (pilotos)	■	■	■	■	■			
Coreia do Sul	■	■	■	■	■	■		
Nova Zelândia	■	■	■	■	■	■	■	
Áustria		■	■	■				■
	Energia	Indústria	Construção	Transportes	Aviação doméstica	Resíduos	Florestas	Agricultura

Fonte: ICAP, 2023

## **EU-ETS:**

Atualmente, o EU-ETS (Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia) abrange cerca de 40% das emissões dos 27 países-membros, além de Liechtenstein e Noruega. Desde 2019, também está formalmente associado ao programa de comércio de carbono da Suíça. A regulação do EU-ETS abrange os setores de energia, indústria e aviação. A meta estabelecida para esses setores é uma redução de 55% das emissões até 2030, em comparação aos níveis de 1990. (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2021).

Além disso, os setores não regulados pelo EU-ETS, como agricultura, edificações e transporte terrestre, também possuem metas de mitigação. O Regulamento de Esforço Comum, aprovado em 2013, atribui a esses setores não regulados a meta de reduzir as emissões em 30% até 2030, em relação a 2005 (UNIÃO EUROPÉIA, 2018).

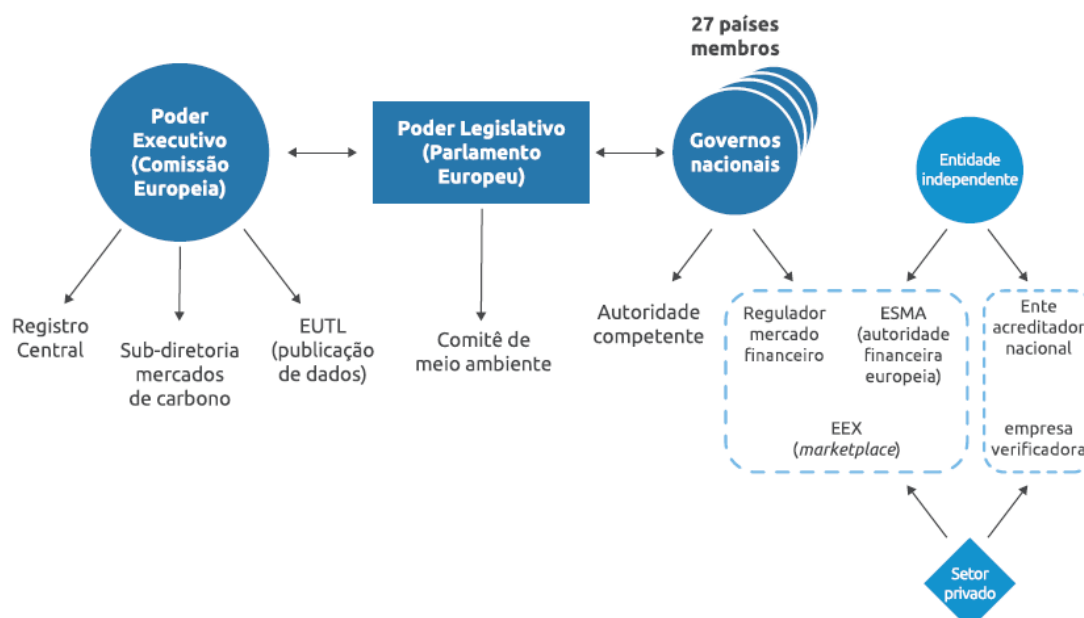
## **Periodização e Fases:**

- **Primeira Fase (Piloto):** Foi um período inicial de aprendizado, onde cada país determinou seus próprios limites de emissão. O limite global do EU-ETS era igual à soma dos limites individuais de cada país, e as permissões eram alocadas conforme a preferência de cada nação. A principal regra era que os limites nacionais estivessem alinhados com os objetivos do Protocolo de Quioto. (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2021)
- **Segunda Fase:** Durante essa fase, a principal dificuldade foi a volatilidade dos preços das permissões, que foram severamente impactados pela crise financeira de 2008. Um dos fatores para essa instabilidade foi a distribuição gratuita de permissões. Para lidar com isso, a legislação foi revisada em 2009, e, a partir da Fase 3, as permissões passaram a ser, em sua maior parte, leiloadas, em vez de distribuídas gratuitamente. (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2021)
- **Terceira Fase (Iniciada em 2013):** Essa fase trouxe mudanças importantes, como a padronização do formato dos planos de redução de emissões, aumentando a transparência e reduzindo a complexidade. Em 2009, o Parlamento Europeu aprovou uma reforma legislativa, transferindo para a esfera europeia a definição do limite global de emissões e as regras para a alocação das permissões. (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2021)
- **Quarta Fase (Iniciada em 2021):** A Fase 4 do EU-ETS, que começou em 2021, trouxe novas ambições para a redução das emissões e novas regras para fortalecer o sistema. Um dos principais ajustes foi a taxa de redução anual das permissões emitidas, que aumentou para 2,2%

por ano, em comparação aos 1,74% anteriores da Fase 3. Esse aumento na taxa de redução visa acelerar a transição para uma economia com menor emissão de carbono. Além disso, o volume de permissões gratuitas foi mantido no mesmo nível da Fase 3, representando cerca de 43% do limite de emissão, com a intenção de preservar a competitividade da indústria europeia em um mercado global de carbono. Outro aspecto importante da Fase 4 foi o reforço da Reserva de Estabilidade de Mercado (MSR), com o objetivo de melhorar a estabilidade do mercado de carbono e garantir que o número de permissões em circulação seja ajustado automaticamente, para evitar tanto a escassez quanto o excesso de permissões no mercado. A Fase 4 também focou em aumentar a inclusão de novos setores e possibilitar uma transição justa para os países e indústrias que dependem fortemente de atividades de alta emissão, com o objetivo de alcançar as metas climáticas da União Europeia e impulsionar os esforços de mitigação de emissões. (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2021)

Nesta temática, foi desenvolvido um modelo de governança descentralizado (Figura 2.3 – Agentes responsáveis pela governança do mercado de carbono europeu) para apresentar medidas de pesos e contrapesos em um mercado que sofre com preços deprimidos a fim de mitigar a perda de valor e garantir uma robustez entre os setores e os participantes deste mercado.

**Figura 2.3 – Agentes responsáveis pela governança do mercado de carbono europeu**



Fonte: CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2021

Logo, por meio do mercado, da governança e do planejamento com base no

monitoramento, relato e verificação (MRV), é notório que as fases mais avançadas do programa de permissões alcançaram uma estabilidade. Dessa forma, as ações tomadas em conjunto fortaleceram a demanda e a recuperação de preços em um mercado onde os credores validam os esquemas de compensação, ao mesmo tempo em que se aproximam das licenças. (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2021)

Cabe salientar ainda que devida a estratégia de preços, houve a criação da reserva de estabilidade do mercado, estabelecida por volta de 2014, na qual um sistema automático regulamenta a quantidade de permissões em circulação. Logo, se o total de permissões ultrapassar um limite estabelecido, uma quantidade pré-determinada é removida do mercado via leilões. Por outro lado, se a quantidade de permissões cair abaixo de um limite mínimo, uma quantidade fixa é incluída no calendário de concorrências destas permissões (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2021).

### **3. DESCARBONIZAÇÃO**

Visando a descarbonização, medidas como a transição energética envolvem a redução de emissões como um pilar de mudança. Neste sentido, o setor de indústrias e varejo enfrentam o impacto frente a uma nova conjuntura de sociedade e políticas públicas e ambientais (LIMA, 2022).

#### **3.1. INDÚSTRIA**

As regulamentações do mercado de carbono representam um impacto significativo para o setor industrial, que representa uma das maiores fontes de emissões de gases de efeito estufa. Em 2021, o setor de energia e processos industriais foi responsável por aproximadamente 19% das emissões totais do Brasil, equivalente a cerca de 418 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (SEEG, 2022).

Identifica-se, via *IPCC 2011*, que os principais poluentes e fontes de emissão na indústria são:

- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) – Queima de combustíveis fósseis (petróleo, carvão, gás natural) em processos industriais e geração de energia.
- Metano (CH<sub>4</sub>) – Produção e refino de petróleo e gás, processos químicos e descarte de resíduos orgânicos.
- Óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) – Processos de combustão em caldeiras, fornos e motores industriais.
- Óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>) – Queima de combustíveis contendo enxofre, como carvão e

óleo combustível.

- Material particulado (MP) – Processos metalúrgicos, cimenteiras, siderurgia e combustão industrial.
- Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) – Indústrias químicas, petroquímicas e de tintas.
- Perfluorocarbonos (PFCs) e Hexafluoreto de Enxofre (SF<sub>6</sub>) – Produção de alumínio, semicondutores e equipamentos elétricos.

Não obstante, dado Lei nº 15.042, de 11 de dezembro de 2024, que além do papel da Resoluções CONAMA nº 003/1990 e nº 008/1990 realmente complementam o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR), no sentido de impor um limite específico para as emissões industriais no Brasil (BRASIL, 2018).

Empresas que emitirem acima de 10.000 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente por ano são obrigadas a submeter um plano de monitoramento e relatar suas emissões e remoções de gases de efeito estufa. Para aquelas que ultrapassarem 25.000 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente anuais, aplicam-se todas as obrigações do SBCE, incluindo limites de emissões e regras de transação de Certificados de Redução ou Remoção de Emissões (BRASIL, 2024).

Nesse contexto, a necessidade de cumprir limites rígidos de emissões impõe custos diretos, como a aquisição de créditos de carbono para compensar emissões excedentes e o investimento em tecnologias de descarbonização.

Por exemplo, a transição para fontes de energia renovável, como solar e eólica, exige investimentos iniciais que podem variar de R\$ 3 a R\$ 6 milhões por megawatt instalado (ABEEÓLICA, 2022).

Por outro lado, a adaptação às regulamentações pode gerar benefícios econômicos. Empresas que lideram a transição para práticas mais sustentáveis têm maior acesso a mercados internacionais, especialmente na União Europeia, que adota o Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira (CBAM). Esse mecanismo exige que importações para o bloco sejam acompanhadas de certificados de carbono, o que impacta diretamente a competitividade de produtos com alta pegada de carbono (COMISSÃO EUROPEIA, 2023).

Além disso, a inovação tecnológica impulsionada pelas regulamentações pode tornar processos produtivos mais competitivos a longo prazo, resultando em economias operacionais. Um exemplo é a adoção de processos de captura e armazenamento de carbono (CCS), com custo estimado entre US\$ 30 e US\$ 100 por tonelada de CO<sub>2</sub> capturada, dependendo da escala e da localização (IEA, 2022). Contudo, é essencial que políticas públicas ofereçam suporte ao setor industrial, com incentivos fiscais e financiamento, para mitigar os impactos financeiros

sobre empresas, principalmente as de menor porte.

### 3.2. VAREJO

No varejo, o impacto econômico das regulamentações do mercado de carbono está amplamente associado às emissões indiretas. Essas emissões incluem aquelas provenientes do transporte de mercadorias, consumo de energia e gerenciamento de resíduos. Em 2021, as emissões relacionadas ao transporte no Brasil somaram 220 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, representando 10% das emissões nacionais (SEEG, 2022).

A necessidade de transitar para operações mais sustentáveis pode aumentar custos operacionais, especialmente em relação à logística. Soluções como a implementação de frotas de veículos elétricos demandam investimentos iniciais elevados, com custo médio de um veículo comercial elétrico variando entre R\$ 300 mil e R\$ 700 mil, dependendo do modelo e da capacidade (ANFAVEA, 2023).

Conforme identificado pelo IPCC (2011), as principais fontes de emissão no setor de varejo incluem:

- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) – Consumo de energia em lojas e centros de distribuição, incluindo aquecimento, iluminação e refrigeração.
- Metano (CH<sub>4</sub>) – Emissões associadas ao descarte inadequado de resíduos orgânicos nas operações de varejo e no processo de logística.
- Óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) – Queima de combustíveis em frotas de transporte de mercadorias e operações de veículos de entrega.
- Material particulado (MP) – Emissões decorrentes do transporte de mercadorias, especialmente em ambientes urbanos congestionados.
- Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) – Uso de solventes e produtos químicos em produtos de limpeza e itens de consumo.
- Emissões indiretas – Relacionadas ao ciclo de vida dos produtos vendidos, como produção, transporte e descarte de produtos de consumo.

Analogamente, de acordo com a Lei nº 15.042, de 11 de dezembro de 2024, e complementada pelas Resoluções CONAMA nº 003/1990 e nº 008/1990, as empresas de varejo que operam com emissões superiores a 10.000 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente por ano devem submeter um plano de monitoramento e relatar suas emissões e remoções de gases de efeito estufa. As empresas com emissões anuais superiores a 25.000 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente estarão sujeitas a todas as obrigações do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE),

incluindo a necessidade de cumprir limites de emissões e regras de transação de Certificados de Redução ou Remoção de Emissões (BRASIL, 2024).

Por outro lado, o varejo pode se beneficiar do aumento da conscientização ambiental entre os consumidores, que valorizam produtos e empresas com práticas sustentáveis. Pesquisas indicam que 62% dos consumidores brasileiros preferem comprar de marcas que adotam medidas para reduzir o impacto ambiental (NIELSEN, 2023). Iniciativas como a redução do uso de plásticos, otimização de embalagens e parcerias com fornecedores comprometidos com a sustentabilidade podem gerar maior fidelidade do cliente e diferenciação de mercado.

Além disso, o cumprimento de regulamentações ambientais pode abrir novas oportunidades comerciais. Mercados internacionais, como o europeu e o norte-americano, exigem conformidade com padrões ambientais, o que pode ser um diferencial competitivo para empresas brasileiras. Contudo, o desafio de equilibrar os custos da adaptação às regulamentações com a competitividade dos preços finais ao consumidor permanece crítico. Programas de incentivo e parcerias com setores industriais podem auxiliar o varejo a mitigar esses impactos, garantindo que a sustentabilidade se torne um diferencial econômico, e não apenas um custo.

### **3.3. MECANISMOS DE AJUSTE DE MERCADO**

Somado a isto, o alinhamento de eficiência energética, investimento, financiamento e infraestrutura são elementos das novas medidas regulatórias na atualidade. Nesse sentido, em busca de alcançar a neutralidade no mercado, a União Europeia lança continuamente um conjunto de medidas de combate a emissões de gases de efeito estufa em um Pacto de Objetivo 55 (GARCIA, 2023). Assim, vale salientar que medidas de descarbonização são postas mediante a um sistema europeu de preços limitados por entidades existentes como CELE (Sistema de Comércio de Licenças de Emissões da EU) e a adoção de mecanismo contrários a fuga de carbono em um novo rearranjo fiscal e competitivo CBAM (Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira) (SCHLEE, 2020).

#### **Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira (CBAM)**

Para evitar a fuga de carbono (transferência de produção para países com regulamentação ambiental mais branda), a UE implementou o Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira (CBAM). Esse mecanismo impõe uma taxa de carbono sobre produtos importados, como: Ferro e Aço; Cimento; Fertilizantes; Alumínio; Hidrogênio e a eletricidade.

Desta forma, há garantia que produtos importados estejam alinhados com os padrões de emissão da UE e proporciona incentivo para que outros países adotem regulações ambientais mais rígidas.

Ademais, esse regulamento impõe a emissão de relatórios de emissão para importadores. As empresas podem escolher entre três métodos de divulgação de pegada de carbono:

- **Método da UE (*full reporting*):** segue integralmente a nova metodologia de cálculo da União Europeia, exigindo dados detalhados sobre emissões ao longo da cadeia produtiva.
- **Método equivalente:** permite que as empresas utilizem um método alternativo, desde que seja reconhecido como equivalente à abordagem da UE. Há três opções aceitas, mas os critérios exatos dependem da regulamentação.
- **Valores de referência padrão (*default values*):** opção temporária disponível apenas até julho de 2024, na qual permite que empresas utilizem valores padrão estabelecidos pela UE em vez de dados específicos de sua produção.

#### **Sistema de Comércio de Licenças de Emissão da União Europeia (CELE):**

O CELE é outro mecanismo de mercado que regula as emissões de gases de efeito estufa, impondo limites para setores de alta emissão e promovendo a compra e venda de licenças de emissão (MACHADO, 2024).

O sistema abrange aproximadamente 10.000 empresas e atualmente cobre cerca de 40% do total de emissões da União Europeia. Nesse mercado, estabelece-se um limite para as licenças de emissão, cuja aquisição é regulada de acordo com as emissões de gases de efeito estufa (GEE) das empresas. Esse mecanismo evidencia um certo protecionismo contra a fuga de carbono, ao oferecer licenças gratuitas para setores estratégicos, visando aumentar a competitividade e facilitar a transição para um novo modelo regulatório europeu (PEREIRA, 2022).

### **3.4. POTENCIAIS DO MERCADO NO SETOR INDUSTRIAL E DE ENERGIA**

A descarbonização industrial no Brasil oferece diversas oportunidades para empresas que buscam se adaptar às novas regulamentações do mercado de carbono e contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa. Nesse sentido, a oferta brasileira poderia cobrir até 37,5% da demanda no cenário potencial do Brasil global só mercado voluntário (em MtCO<sub>2</sub>e) até 2030 (ICC, 2022), sendo que a transição para um sistema de baixo carbono está sendo impulsionada principalmente pela venda de créditos de carbono. O mercado brasileiro,

especialmente nos setores de combustíveis e indústrias, estão se estruturando de forma gradual para implementar o sistema, com ênfase na adoção de soluções que favoreçam a redução das emissões a um custo marginal reduzido (CEDS, 2023).

O Brasil tem um grande potencial no mercado voluntário de carbono, especialmente com o desenvolvimento de soluções de descarbonização nas indústrias e no setor de energia. O país está bem-posicionado para ser um líder regional e uma fonte significativa de créditos de carbono. Esse processo é favorecido pela matriz energética diversificada do Brasil, com aproximadamente 80% da energia proveniente de fontes limpas e renováveis (MME, 2023).

Ao passo, que revela grandes exemplos unidades de geração de energia carbono intensivas como Termelétricas a carvão, óleo e gás natural, principais fontes de CO<sub>2</sub>, da mesma forma que a indústria química e petroquímica consomem matrizes energética carbono dependentes e liberam mais gases de efeito estufa (DOS SANTOS, 2021).

Os créditos de carbono originados pelo mecanismo REDD+ (Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal) são uma ferramenta importante na luta contra o desmatamento ilegal e na promoção da conservação e manejo sustentável das florestas. O Brasil, com sua vasta cobertura florestal, especialmente na Amazônia, tem um papel central na mitigação das mudanças climáticas globais (IPCC, 2011). Projetos de preservação e reflorestamento resultam em créditos de carbono que podem ser comercializados no mercado voluntário, proporcionando uma oportunidade para as indústrias compensarem suas emissões de carbono enquanto contribuem para a proteção dos biomas brasileiros (BRASIL, 2024).

A combinação entre a descarbonização da indústria e o uso de créditos de carbono provenientes do REDD+ apresenta uma estratégia vantajosa para empresas que buscam reduzir suas emissões de forma econômica e eficaz. Em vez de depender exclusivamente de investimentos elevados em tecnologias para redução de suas próprias emissões, as indústrias podem adquirir créditos de carbono de projetos REDD+, obtendo uma forma acessível de compensar suas emissões, enquanto promovem benefícios ambientais e sociais (BRASIL, 2024).

Essas oportunidades fazem do mercado de carbono uma peça-chave para a transição energética no Brasil. É essencial que as regulamentações e políticas públicas criem um ambiente propício para que as empresas se adaptem e aproveitem as vantagens dessa transição (MME, 2023). A implementação e expansão do mecanismo REDD+ no país contribui para a conservação de ecossistemas críticos, enquanto oferece uma solução viável para as empresas compensarem suas emissões de maneira eficaz (IPCC, 2011).

A integração dos créditos de carbono no mercado de carbono fortalece o Brasil como

um líder global na mitigação das emissões e na promoção de práticas industriais mais sustentáveis. A estratégia de descarbonização do setor industrial com a ajuda de REDD+ torna-se não apenas uma forma de atender às demandas de redução de emissões, mas também uma oportunidade de investimento no futuro sustentável (SEEG, 2022).

### **3.5. MELHORES PRÁTICAS**

Visando aplicar as melhores práticas para uma transição energética para uma economia de baixo carbono, os frameworks de sustentabilidade desempenham um papel crucial. Eles oferecem diretrizes estruturadas para empresas, governos e instituições financeiras, auxiliando na integração de práticas climáticas em operações e estratégias organizacionais (SOUSA, 2024). Esses frameworks, como o Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD), Science Based Targets Initiative (SBTi) e o Carbon Disclosure Project (CDP), têm se tornado fundamentais no mercado de carbono.

No mercado de carbono, os frameworks ajudam a padronizar a medição, reporte e verificação de emissões de gases de efeito estufa (GEE). Além disso, eles fornecem ferramentas para avaliar riscos climáticos e identificar oportunidades para redução de emissões. A adoção desses instrumentos é impulsionada por regulamentações crescentes e pela pressão de investidores e consumidores por maior transparência climática (TCFD, 2022).

Empresas que seguem frameworks reconhecidos não apenas garantem conformidade regulatória, mas também conquistam vantagens competitivas. Por exemplo, instituições financeiras utilizam essas estruturas para avaliar a viabilidade de investimentos em setores alinhados com a economia verde. Da mesma forma, organizações industriais e do varejo empregam frameworks para estruturar planos de transição climática, otimizando processos e minimizando custos relacionados às emissões (SBTi, 2023).

Embora haja avanços significativos, a implementação de frameworks ainda enfrenta desafios. A falta de dados precisos, a dificuldade de rastrear emissões na cadeia de suprimentos e os custos associados à adaptação às diretrizes são obstáculos comuns. No entanto, o progresso contínuo na padronização de práticas, como os critérios ESG (Environmental, Social, and Governance), sugere um cenário futuro mais promissor (CDP, 2024).

#### **3.5.1. JORNADA DE REDUÇÃO DE CARBONO**

O CDP (Carbon Disclosure Project), como projeto que revela o nível de

descarbonização oferece uma abordagem estruturada para ajudar as organizações a desenvolver e divulgar seus planos de transição climática (CDP, 2024). Essa jornada é baseada na experiência de diversas empresas globais e apresenta um roteiro claro com ações e divulgações essenciais que devem ser realizadas durante a criação e comunicação de um plano de transição climática. Abaixo, os cinco passos da CDP são detalhados, juntamente com os indicadores-chave solicitados nos questionários da organização para ganho de reputação no mercado (ANEXO A – CDP TRANSITIONS PLAN).

### **Passo 1: Estabelecer o Compromisso com a Transição Climática**

No primeiro passo, as organizações devem demonstrar comprometimento público com a redução de suas emissões de gases de efeito estufa (GEE) e com o alinhamento de suas operações às metas climáticas globais, como os objetivos do Acordo de Paris.

#### **Indicadores-chave:**

- Declaração de metas líquidas zero com prazos específicos.
- Alinhamento com limites de aumento da temperatura global abaixo de 1,5°C.
- Identificação dos responsáveis internos pela implementação do plano.

### **Passo 2: Avaliar os Riscos e Oportunidades Climáticas**

A avaliação detalhada de riscos e oportunidades climáticas é essencial para entender como as mudanças climáticas podem impactar os negócios e identificar áreas onde a organização pode se beneficiar.

#### **Indicadores-chave:**

- Identificação de riscos físicos (como eventos climáticos extremos) e de transição (como mudanças regulatórias).
- Avaliação do impacto financeiro de cada risco identificado.
- Descrição das oportunidades, como economia de custos com eficiência energética ou expansão de mercados sustentáveis.

### **Passo 3: Desenvolver um Roteiro Detalhado**

O plano de transição deve incluir um roteiro detalhado, com ações específicas e cronogramas claros para alcançar as metas de redução de emissões.

#### **Indicadores-chave:**

- Descrição dos investimentos em tecnologias limpas e renováveis.
- Metas de curto, médio e longo prazo para redução de emissões, divididas por escopos (1, 2 e 3).
- Estratégias de engajamento da cadeia de suprimentos e redução de emissões indiretas.

### **Passo 4: Implementar Ações de Transição**

- Esse passo foca na execução do plano, garantindo que as ações previstas no roteiro sejam implementadas de forma eficaz.

**Indicadores-chave:**

- Relatórios regulares de progresso em relação às metas estabelecidas.
- Evidências de realocação de capital para iniciativas sustentáveis.
- Resultados obtidos em iniciativas de eficiência energética e substituição de fontes fósseis por renováveis.

**Passo 5: Divulgar e Atualizar os Resultados**

A transparência é fundamental para o sucesso de um plano de transição. A CDP enfatiza a importância de divulgar os resultados, visitar o plano com base em novas informações e ajustar as estratégias conforme necessário.

**Indicadores-chave:**

- Publicação de relatórios alinhados a padrões internacionais, como o *Task Force on Climate-related Financial Disclosures* (TCFD).
- Inclusão de informações sobre emissões evitadas ou mitigadas.
- Atualização do plano para refletir mudanças regulatórias ou novas tecnologias disponíveis.

#### 4. ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO

A precificação do carbono é uma política que estabelece um preço para as emissões de gases de efeito estufa. Assim, é necessário adicionar que esta valoração do carbono é a ferramenta de política mais eficaz e de menor custo que governos e empresas podem usar como parte de sua estratégia climática mais ampla. Logo, se bem projetada e suficientemente ambiciosa, a precificação do carbono pode criar fortes incentivos econômicos para as mudanças necessárias em investimentos, produção e padrões de consumo, além de induzir avanços tecnológicos, reduzindo a necessidade de investimento público adicional (MOTTA, 2018).

Nesta temática, a precificação do carbono pode ser implementada de várias maneiras, respondendo a uma variedade de fatores, circunstâncias e objetivos de política. As emissões podem ser precificadas explicitamente, por exemplo, por meio de um imposto sobre o carbono, um sistema de comércio de emissões (ETS) ou um mecanismo de crédito. O preço para o carbono também pode ser implícito, como na remoção de subsídios aos combustíveis fósseis ou na diferenciação da precificação/tributação da energia (WORLD BANK GROUP, 2023).

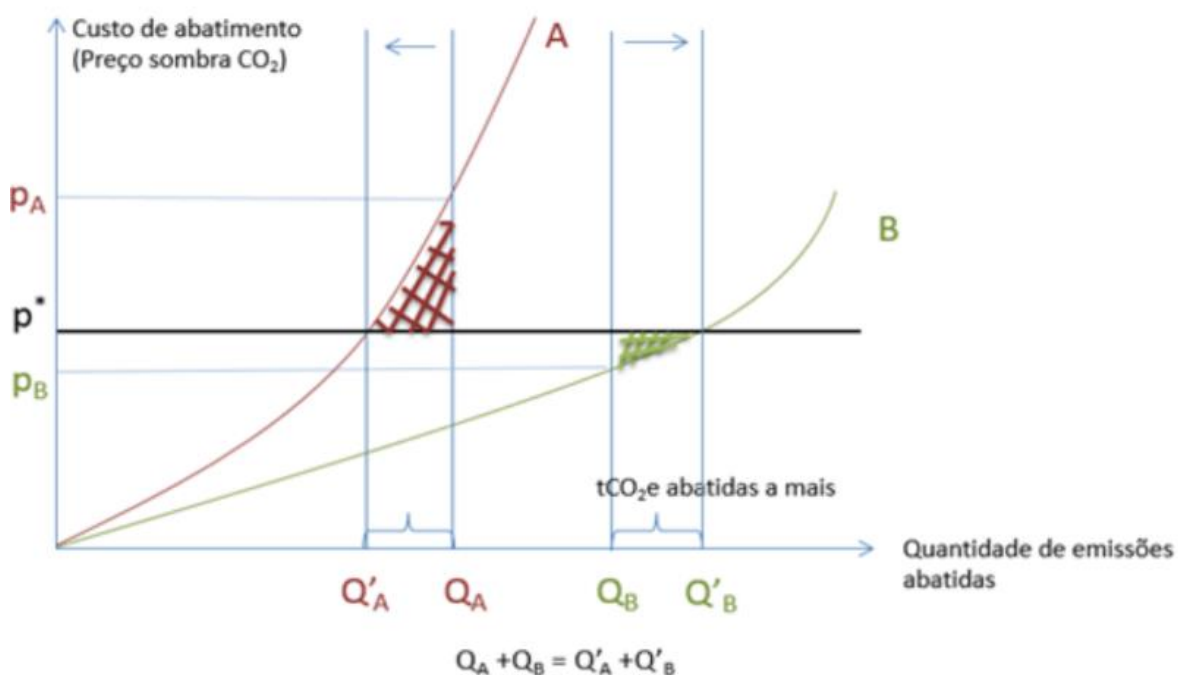
Do ponto de vista teórico, a precificação é o resultado de maneira custo-efetiva de se alcançar objetivos de mitigação, ou seja, é um instrumento que permite a redução de emissões ao menor custo agregado possível. Ao introduzir um sinal de preços no mercado, a precificação dá a flexibilidade necessária aos entes regulados, que podem escolher entre pagar o preço de carbono ou reduzir suas emissões, dependendo de seu custo marginal de abatimento (MAC) e do referido (WORLD BANK GROUP, 2023).

Ao alterar os preços relativos em favor de produtos e processos menos carbono-intensivos, a precificação de carbono ainda:

- Direciona demandas de consumidores para produtos menos carbono intensivos;
- Direciona investimentos a projetos e tecnologias menos carbono intensivas;
- Incentiva a inovação tecnológica.

O esquema abaixo, Figura 4 .1, ilustra o ganho de eficiência de um instrumento de precificação de carbono em relação a uma política alternativa Mudanças Climáticas e a Precificação de Carbono: Desafios e Oportunidades de Mercados de Carbono para o Brasil 22 de mitigação de emissões como, por exemplo, a definição mandatória de um padrão tecnológico.

**Figura 4.1 – Curva de Precificação sobre relação Custo versus Quantidade de emissões abatidas**



Fonte: ELLERMAN E DECAUX, 1998

Neste caso, para ambos os agentes A e B, o custo de abatimento é resultado da inclinação para dada quantidade de emissões abatidas. Nesse sentido, ganho de eficiência da política no modelo precificação de carbono é dado pela soma das áreas hachuradas. O que então, para uma maior a heterogeneidade de custos e diversidade de atores, maiores os ganhos de eficiência da precificação de carbono em relação a instrumentos alternativos de política climática - uma vez que alinha e equaliza os custos.

Logo, evidencia-se que estratégias de mitigações se tornam essencial no sentido de envolver participantes regulador/emissor em uma dinâmica de tributação de carbono (CTax) e/ou comércio de emissões (Cap & Trade)

Compilou-se as estratégias na seguinte Tabela 4.1 .

**Tabela 4.1- Principais estratégias de mitigação de carbono emitido**

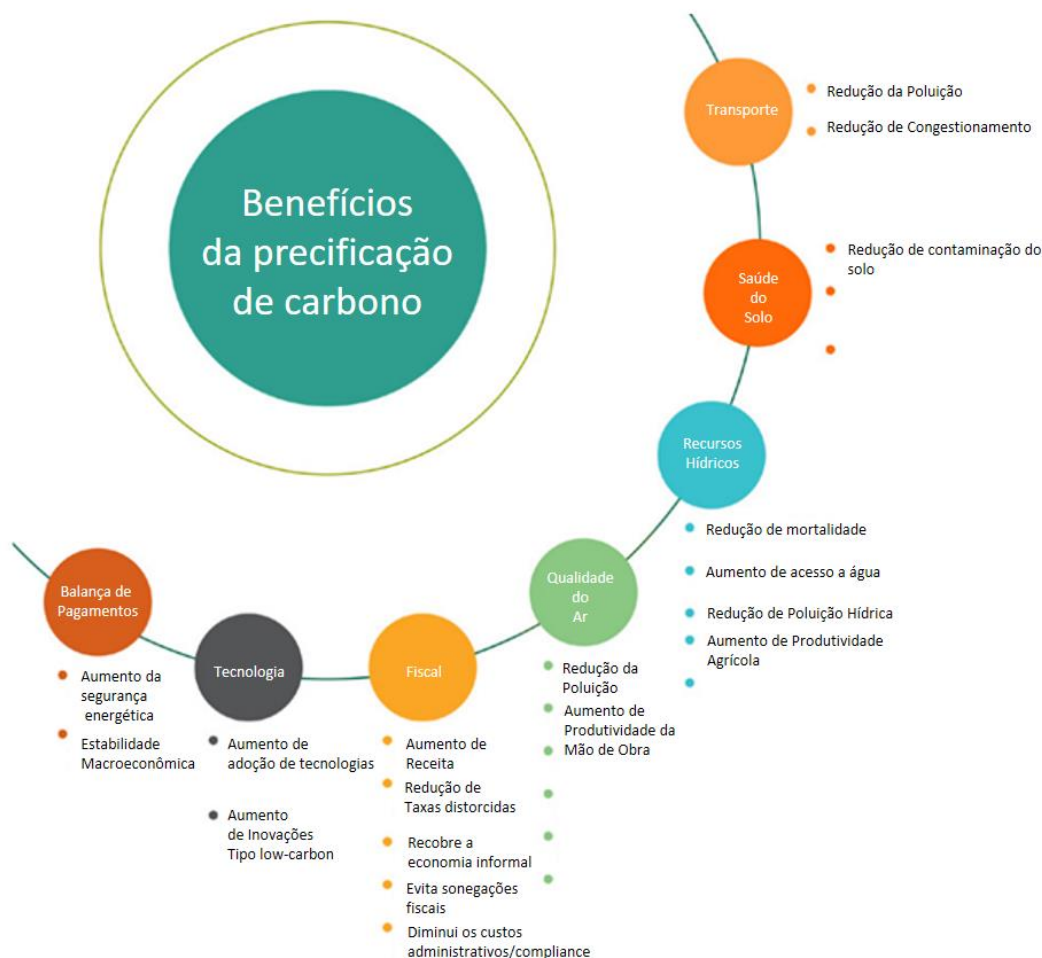
<b>Critério</b>	<b><i>Carbon Tax</i></b>	<b><i>Emissions Trading System (ETS)</i></b>	<b><i>Crediting Mechanism</i></b>
<b>Definição</b>	Imposto direto vai emissão de GEE de um produto ou processo a ser pago.	Sistema de emissão com limite quantitativo (cap) via aquisição de licença das partes reguladas	Mecanismo de emissão de unidades de redução de emissões ('créditos') para atividades de projetos elegíveis (reais, adicionais, permanentes e abaixo de um cenário de base)
<b>Como o preço é estabelecido</b>	Taxa de imposto sobre as emissões de GEE (cronograma de aumentos de impostos predefinido ou regras de ajuste)	Mercado das licenças de emissão, determinado pela rigidez do cap em relação à demanda por emissões	Mercado de compra de crédito (fonte externa de demanda para ter valor)
<b>Níveis de redução de emissões</b>	Menos certeza, depende da resposta do mercado à mudança de preço (elasticidade de preço)	Mais certeza, nível máximo estabelecido ao definir a trajetória do cap de emissões.	Menos certeza, depende do número de projetos e da robustez e integridade das reduções de emissões quantificadas.
<b>Compliance</b>	Pagamento do imposto com base nas emissões reportadas	Licenças e participação na alocação direta ou mercado secundário.	Frequentemente usado para complementar o imposto de carbono ou ETS (por exemplo, usado em vez de pagamento de imposto ou entrega de licença).
<b>Papel do mercado</b>	Não necessita necessariamente	Mecanismo para leilão de licenças e supervisão do mercado secundário	Mecanismo para emissão de créditos e supervisão do mercado secundário
<b>Agência líder típica</b>	Ministérios de Finanças	Ministérios do Meio Ambiente	Ministérios do Meio Ambiente.
<b>Condições favoráveis</b>	Economias menores, de baixa capacidade, e jurisdições com estruturas fiscais bem estabelecidas e transparentes.	Economias/setores maiores, mais estabelecidos e liberalizados, barreiras políticas à reforma tributária e/ou economias buscando oportunidades de ligação internacional.	Para atividades onde outros instrumentos de precificação de carbono enfrentam desafios (por exemplo, setor de terras) e/ou onde as jurisdições querem construir capacidade e desbloquear opções para investimentos/financiamento de mercados internacionais de carbono.

Fonte: GOLLIER & TIROLE, 2017

Assim, a escolha do instrumento depende das circunstâncias jurisdicionais, e cada instrumento tem suas vantagens. Um imposto sobre o carbono é geralmente uma opção preferida se a certeza de receita for uma prioridade e/ou se houver restrições institucionais ou de capacidade técnica.

Por outro lado, um sistema de comércio de emissões (ETS) é geralmente mais adequado quando atingir uma meta de emissões é uma prioridade e/ou quando há barreiras à aceitação pública de um imposto sobre o carbono. Instrumentos obrigatórios amplos, como um imposto sobre o carbono ou um ETS, são melhores ferramentas para incentivar reduções em toda a economia do que o crédito de carbono. No entanto, o crédito de carbono tem suas vantagens em algumas situações, incluindo quando existem obstáculos (por exemplo, do tipo legais ou de resistência política) para implementar um ETS ou um imposto sobre o carbono (CRAMTON et al., 2017), sendo os benefícios ilustrados na Figura 4.2.

**Figura 4.2 – Benefícios da Precificação de Carbono**



Fonte: WORLD BANK GROUP, 2023 Adaptado

Além disso, existem sistemas regulados, normalmente setoriais, que preveem a compra e venda de reduções de emissões a partir de uma linha de base, como é o caso do Low-Carbon Fuel Standard (LCFS) da Califórnia. Neste sistema, agentes regulados que performam melhor do que a linha de base definida pode gerar créditos correspondentes ao seu diferencial em relação à linha de base, enquanto os agentes que performam pior do que a linha de base devem comprar créditos que compensam sua distância relativa à mesma (CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2021).

Para isso, o Banco Mundial denomina tais sistemas de ‘Linha de base e crédito’ e os classifica como versões modificadas dos sistemas de comércio de emissões, tal denominação e classificação ainda são controversas. Outros especialistas denominam tais sistemas de ‘Tradable Performance Standards’ (TPS).

## **5. MATERIAIS E MÉTODOS**

Haja visto a pertinência internacional do tema, os impactos regulatórios do mercado de carbono oferecem um campo de soluções para estudo que associam uma ferramenta fiscal precursora com novas práticas limpas ao meio ambiente em uma lógica de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa para desafios atuais.

Nesse sentido, este trabalho inclui uma revisão bibliográfica dos principais agentes e medidas regulatórios associados ao tema de mercado de carbono para setores da economia de varejo até indústria.

Além disso, este estudo contempla o caso prático e executivo de uma empresa líder na transição energética e preocupações com mudanças climáticas, escolhida via lista da organização CDP Score (Carbon Disclosure Project) e seu posicionamento no ranking de melhores empresas globais com nota A no tema de mudanças climáticas (CDP, 2022).

Logo, estão associadas a este trabalho, a seleção e análise de uma das principais empresas reconhecidas no mercado atual. Para que, enfim, medidas de descarbonização possam ser avaliadas via relatórios de transparência e eficiência na gestão de emissão de GEE da companhia (ANEXO E – SIEMENS GAMESA REPORT).

Ademais, de um processo de convergência de projetos de mitigação de mudanças climáticas – torna-se possível extrair indicadores-chaves associados as melhores práticas corporativas e do setor mediante riscos e oportunidades do mercado de carbono via mapeamento de transição energética definido pela CDP (Carbon Disclosure Project), presentes no ANEXO A - CDP TRANSITION PLAN JOURNEY.

### **5.1. ESCOLHA DA EMPRESA**

Com o objetivo de obter os melhores insights disponíveis no mercado, foi realizada uma busca na lista das 400 principais empresas internacionais classificadas quanto à transparência ambiental e ao desempenho em áreas como mudanças climáticas, desmatamento e segurança hídrica, de acordo com o CDP Score — um ranking internacional que avalia o desempenho ambiental de empresas e cidades (CDP, 2022).

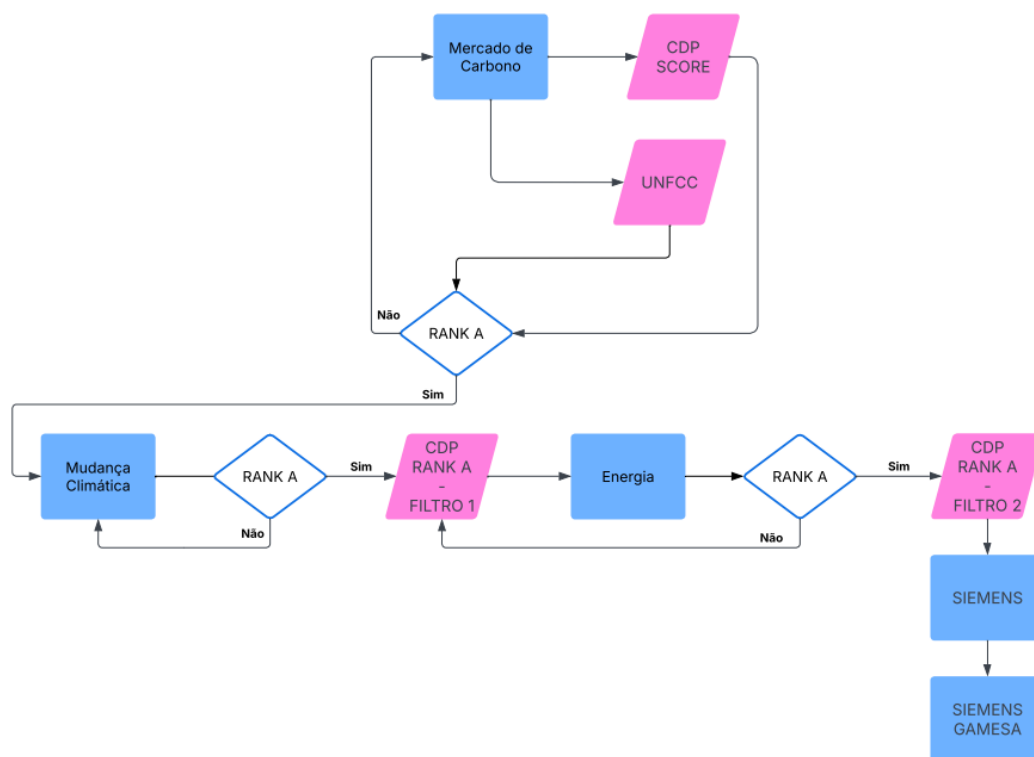
Foram compilados dados de empresas de diferentes setores, considerando suas classificações nesses três aspectos (CDP, 2022). Além disso, foram analisados projetos da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), com foco em iniciativas apoiadas pelo Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (CDM), a fim de selecionar um setor estratégico para estudo.

Dentre as empresas mais bem posicionadas no ranking do CDP, foi escolhida a Siemens, integrante da A-List e participante de projetos da UNFCCC por meio de sua divisão de energia sustentável, a Siemens Gamesa Renewable Energy, que se torna, portanto, o objeto de estudo desta pesquisa.

Por fim, destaca-se a integração da planta eólica da empresa no desenvolvimento do mercado de energia da UNFCCC (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima) e sua contribuição para a redução da pegada de carbono direta da companhia.

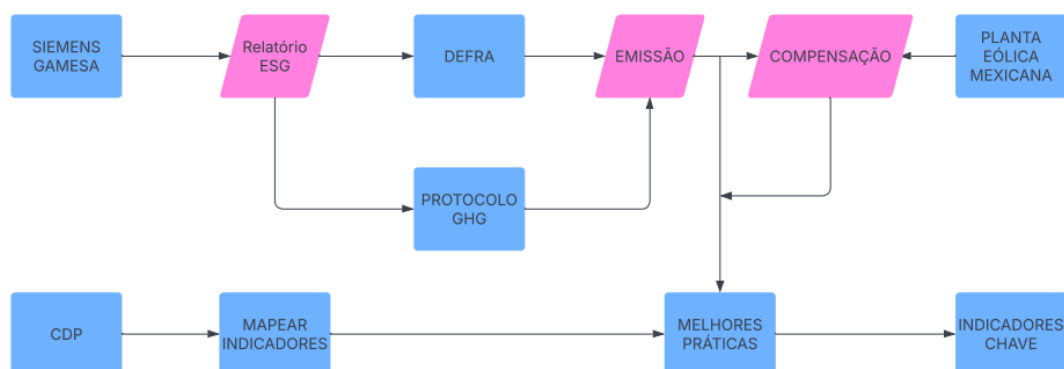
Logo, a etapa de seleção foi sintetizada dentro das Figuras 5.1 e 5.2.

**Figura 5.1 – Fluxograma de Escolha da Empresa do Estudo de Caso**



Fonte: Elaboração Própria

**Figura 5.2 – Fluxograma de Processo de obtenção dos indicadores-chave da empresa Siemens Gamesa**



Fonte: Elaboração Própria

## 5.2. ESCOPOS DE ESTUDO

O estudo baseia-se nos dados de gestão e controle de emissões da Siemens Gamesa (ANEXO E – SIEMENS GAMESA REPORT). Para isso, aplica-se uma análise de lacunas na estrutura fiscal e política da companhia, considerando como eixo principal: Medidas de Controle de Emissões de Gases de Efeito Estufa.

Para tanto, utiliza-se a contabilização de emissão anual da empresa em um ano fiscal a ser avaliado e discutido. Segundo relatório de emissão de 2022 (ANEXO E – SIEMENS GAMESA REPORTS), temos:

### **Inventário de Emissões e Compensações**

Período Base:

- Período: Exercício financeiro de 2019 da Siemens Gamesa
- Período de Referência: 1 de outubro de 2018 a 30 de setembro de 2019.

Período de Avaliação:

- Período: Exercício financeiro de 2022 da Siemens Gamesa
- Período de Tempo: 1º outubro 2021 - 30 setembro 2022

Nesse sentido, a pesquisa se dá 3 passos:

- i) Em um primeiro momento, busca compreender e justificar o modelo adotado pela Siemens Gamesa para controle de emissões, por meio de uma diligência técnica sobre as metodologias e diretrizes utilizadas. (Seção 5.3.1;5.3.2)
- ii) Avaliar como as medidas implementadas podem ser classificadas considerando o posicionamento da empresa como referência (nota A) em gestão de emissões frente ao mercado regulatório inserido (ANEXO - E).
- iii) Para que então, consolide-se a análise da empresa mediante framework do CDP de maturidade (Seção 5.4).

Cabe ressaltar ainda que, os valores de pegada de carbono são medidos em cenário de de emissão e compensação, esta via projeto de planta eólica das Nações Unidas no México (Seção 6.3.2), mediante 3 escopos:

- Escopo 1: Liberações provenientes de fontes sob controle da empresa.
- Escopo 2: Liberação secundária derivada de energia.
- Escopo 3: Emissões secundárias ao longo da cadeia de produção

Segue ainda, que uma vez organizacionalmente presente no setor de energia , cabe utilizar a métrica como toneladas de dióxido de carbono aplicado na a capacidade elétrica instalada comissionadas e o número de colaboradores da empresa.

### **5.3. METODOLOGIA DEFRA + ACM0002**

#### **5.3.1. METODOLOGIA DEFRA**

DEFRA é um departamento britânico que fornece uma base metodológica e de controle para mensuração de emissão de carbono no mercado europeu definindo fatores de conversão e variáveis extensivas para valoração da pegada de carbono (DEFRA, 2024). O método utilizado pela Siemens Gamesa incorpora ferramentas para facilitar os cálculos, incluindo:

- Planilhas de Fatores de Emissão: Atualizadas anualmente com dados específicos.
- Guias de Metodologia: Explicações detalhadas sobre como aplicar os cálculos.
- Calculadoras Online: Simplificam o processo para organizações que não possuem expertise técnica.

A mensuração das liberações de gases de efeito estufa requer a utilização de duas

metodologias fundamentais que se baseiam em cálculos, variando de acordo com a origem das emissões: Fonte de emissão com processos de transformação química e Fonte de emissão sem Processo de Transformação Química.

Em suma, são apresentados valores de combustíveis fósseis, eletricidade, cadeia logística e conversão de unidades de gases de efeito estufa (ANEXO C – DEFRA METHODOLOGY), a fim de chegar:

- Consumo de energia e volume de combustível
- Consumo de eletricidade
- Transporte e distribuição (a montante e a jusante)
- Quantidade de resíduos gerados nas operações (t)
- Viagens aéreas, ferroviárias e de carro
- Força de trabalho da Siemens Gamesa Renewable Energy


Em termos equivalentes, cada processo da Siemens resume os dados via relatório do tipo Streamlined Energy and Carbon Reporting (SECR) aliado a controle interno balizado no modelo europeu para empresas, além de usar o relatório de gastos do fornecedor (Siemens, 2022).

### **5.3.2. METODOLOGIA ACM0002**

O projeto da planta mexicana de crédito de carbono da Siemens Gamesa utiliza uma das metodologias desenvolvidas no livro guia das Nações Unidas para geração e fornecimento de energia renovável em larga escala denominado ACM0002: GRID - CONNECTED ELECTRICITY GENERATION FROM RENEWABLE SOURCE.

É de tratativa da UNFCCC o reconhecimento de projetos sustentáveis, como o BII NEE STIPA base, prevendo um alinhamento metodológico e resultados comprobatórios de redução de emissão, assim como é demonstrado na Figura 5.3 seguinte:

**Figura 5.3 - Documentação de Projeto Desenvolvido no banco de projeto da UNFCCC**

<b>CDM-PDD-FORM</b>	
 <p><b>Project design document form for CDM project activities (Version 06.0)</b></p>	
<p><i>Complete this form in accordance with the Attachment "Instructions for filling out the project design document form for CDM project activities" at the end of this form.</i></p>	
<b>PROJECT DESIGN DOCUMENT (PDD)</b>	
<b>Title of the project activity</b>	Bii Nee Stipa
<b>Version number of the PDD</b>	7
<b>Completion date of the PDD</b>	13/10/2015
<b>Project participant(s)</b>	Gamesa Energia S.A.
<b>Host Party</b>	Mexico
<b>Sectoral scope and selected methodology(ies), and where applicable, selected standardized baseline(s)</b>	<p><b>Sectoral scope:</b> 01- Energy industries (renewable / non-renewable sources)  <b>Methodology:</b> ACM0002 "Consolidated baseline methodology for grid-connected electricity generation from renewable sources" Version- 2</p>
<b>Estimated amount of annual average GHG emission reductions</b>	205,756 tCO <sub>2</sub> e

Fonte: UNFCCC,2015

Segundo o registro da planta mexicana de energia eólica a ser analisada, tem-se três passos para formar um plano de investimento e receita a fim de englobar toda projeção de emissão a ser reduzida.

1) **Definição da linha de base:**

A linha de base do projeto refere-se ao cenário em que a eletricidade seria gerada por plantas conectadas à rede que utilizam combustíveis fósseis. Para identificar a linha de base, a metodologia ACM0002 utiliza o conceito de Margem de Operação (OM) e Margem de Construção (BM), que representam as plantas existentes e novas que seriam responsáveis pela geração de eletricidade caso o projeto não fosse implementado.

2) **Cálculo da Margem de Operação (OM):**

O cálculo da Margem de Operação (OM) pode ser realizado por meio de quatro

métodos. Neste exemplo, sendo o Método Simplificado OM representado.

A fórmula para calcular o fator de emissão da Margem de Operação (OM) é dada por:

$$EF_{OM, simple, y} = \frac{\sum_{i,j} F_{i,j,y} \cdot COEF_{i,j}}{\sum_j GEN_{j,y}} \quad (1)$$

Onde:

$F_{i,j,y}$ : Quantidade de combustível i consumido pela planta j no ano y (em unidades de massa ou volume);

$COEF_{i,j,y}$ : Fator de emissão de CO<sub>2</sub> do combustível i, considerando seu conteúdo de carbono e a taxa de oxidação;

$GEN_{j,y}$ : Quantidade de eletricidade gerada pela planta j (em MWh).

O fator de emissão do combustível  $COEF_{i,j,y}$  é calculado como:

$$COEF_i = NCV_i \cdot EF_{CO_2, i} \cdot OXID_i \quad (2)$$

Onde:

$NCV_i$ : Valor calorífico líquido do combustível i;

$EF_{CO_2, i}$ : Fator de emissão de CO<sub>2</sub> por unidade de energia do combustível i;

$OXID_i$ : Fator de oxidação do combustível i.

### 3) Cálculo da Margem de Construção (BM):

O Fator de Emissão da Margem de Construção (BM) é calculado com base nas plantas mais recentes construídas no sistema elétrico. A fórmula é:

$$EF_{BM, y} = \frac{\sum_{i,m} F_{i,m,y} \cdot COEF_{i,m}}{\sum_m GEN_{m,y}} \quad (3)$$

Onde:

$F_{i,m,y}$ : Quantidade de combustível  $i$  consumido pela planta  $m$  no ano  $y$ ;  
 $COEF_{i,m,y}$ : Fator de emissão de  $CO_2$  do combustível  $i$ ;  
 $GEN_{m,y}$ : Quantidade de eletricidade gerada pela planta  $m$  (em MWh).

Adicionalmente, tem-se:

#### 4) Cálculo do Fator de Emissão Combinado (CM):

O Fator de Emissão da Linha de Base ( $EF_y$ ) é obtido como a média ponderada entre o OM e o BM. A fórmula geral é:

$$EF_y = w_{OM} \cdot EF_{OM,y} + w_{BM} \cdot EF_{BM,y} \quad (4)$$

Onde os pesos padrão são  $w_{OM} = 0.5$  e  $w_{BM} = 0.5$ , mas podem ser ajustados conforme justificativas específicas.

#### 5) Cálculo das Emissões Evitadas ( $ER_y$ ):

A redução de emissões  $ER_y$  é calculada como a diferença entre as emissões da linha de base  $BE_y$ , as emissões do projeto  $PE_y$ , e quaisquer emissões de fuga  $L_y$ :

$$ER_y = BE_y - PE_y - L_y \quad (5)$$

Onde as Emissões da Linha de Base  $BE_y$  são dadas por:

$$BE_y = EG_y \cdot EF_y \quad (6)$$

E  $EG_y$  representa a quantidade de eletricidade gerada pelo projeto e entregue à rede no ano  $y$ .

### 5.4. INDICADORES DE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

O Método de CDP é utilizado para avaliar com robustez o progresso de empresas no contexto de transição energética. Assim, a classificação segue etapas de desempenho de acordo com a profundidade de suas iniciativas e o impacto ambiental gerado. A seguir, descrevem-se os principais indicadores alinhados às práticas recomendadas pela plataforma CDP e como cada um deles se enquadra nas etapas de transição (ANEXO C – CDP TRANSITION PLAN JOURNEY).

#### Etapas de transição:

1. Integrar Plano Climáticos e Divulgação Inicial de Emissão
2. Visão e Compreensão das Variáveis
3. Gestão (Metas)
4. Liderança (Estratégia e Planos de Ação)
5. Melhores Práticas

**Tabela 5.1- Indicadores organizacionais relacionados *framework* da *Carbon Disclosure Project***

<b>Indicador</b>	<b>Classificação</b>	<b>Etapa Representada (CDP)</b>	<b>Unidade ou Meio de Medição</b>
Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE)	Divulgação inicial a Gestão	1 a 3	Toneladas de CO <sub>2</sub> e (Escopos 1, 2 e 3)
Intensidade de Emissões	Compreensão a Liderança	2 a 4	Toneladas de CO <sub>2</sub> e por MWh ou colaborador
Redução de Emissões	Compreensão a Melhores Práticas	2 a 5	Percentual (%) ou toneladas absolutas de CO <sub>2</sub> e reduzidas
Fontes de Energia Renovável	Gestão a Melhores Práticas	3 a 5	Proporção (%) no consumo total de energia
Uso de Créditos de Carbono	Liderança a Melhores Práticas	4 a 5	Créditos adquiridos (tCO <sub>2</sub> e)
Eficiência Energética	Gestão a Liderança	3 a 4	Gigajoules (GJ) economizados
Gestão de Resíduos	Compreensão a Melhores Práticas	2 a 5	Quantidade de resíduos reutilizados ou reciclados (%)
Mobilidade Sustentável	Gestão a Liderança	3 a 4	Emissões evitadas (tCO <sub>2</sub> e) ou % de adesão ao home office
Engajamento na Cadeia de Suprimentos	Gestão a Melhores Práticas	3 a 5	% de fornecedores avaliados por critérios ambientais
Metas de Emissões Baseadas na Ciência (SBTs)	Liderança a Melhores Práticas	4 a 5	Validação de metas pelo SBTi
Governança Climática	Gestão a Liderança	3 a 4	Inclusão de critérios climáticos em políticas corporativas
Iniciativas de Transição	Gestão a Liderança	3 a 4	Número de projetos implementados ou toneladas de CO <sub>2</sub> e evitadas

Fonte: ANEXO C – CDP TRANSITION PLAN JOURNEY

## **6. ESTUDO DE CASO**

### **6.1. INTRODUÇÃO**

Para análise do impacto regulatório, a empresa Siemens Gamesa é posta como base de estudo visto a integração das melhores práticas sustentáveis mediante protocolos e medidas estratégicas na redução da pegada de carbono da companhia.

Devido sua expressão no mercado de energia renovável analisa-se e discute as medidas executivas e de impacto fiscal direto utilizados pela companhia como uma referência no setor de energia tanto em produção quanto ao planejamento futuro sustentável ligado as energias do futuro dentro do mapeamento do framework de CDP para empresas empenhadas em alcançar maiores níveis de transição energética e descarbonização: Integração, Visão, Gestão, Liderança e Melhores Práticas (ANEXO C - CDP TRANSITION PLAN JOURNEY; ANEXO E – SIEMENS GAMESA REPORTS).

### **6.2. SIEMENS**

Siemens, fundada em 1847, é uma companhia global de tecnologia industrial, conhecida por sua atuação em energia, transporte e infraestrutura. Com presença em mais de 190 países, a empresa está comprometida em liderar a transição para uma economia de baixo carbono, alinhando suas operações ao Acordo de Paris para limitar o aquecimento global a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais (Siemens, 2024).

### **6.3. SIEMENS GAMESA**

A Siemens Gamesa é a divisão estratégica da marca global em tecnologia no setor de energia renovável. A empresa vinda fusão da divisão de energia eólica e a Gamesa Corporación Tecnológica, S.A é especializada no desenvolvimento, fabricação, instalação e manutenção de turbinas eólicas com projetos de transição energética global a década de 1980 (SIEMENS GAMESA, 2020).

A multinacional espanhola-alemã é uma das principais empresas pioneiras e inovadoras no setor de energias renováveis, tendo instalado mais de 107 GW de capacidade de geração em 75 países em todo o mundo (SIEMENS GAMESA, 2020).

### **6.4. PANORAMA**

A Siemens Gamesa, como agente expoente em sustentabilidade e inovação tecnológica,

enfrenta o desafio contínuo de adaptar-se a regulamentações de carbono que variam significativamente entre regiões. Esse cenário reflete não apenas diferenças nas políticas fiscais, mas também nos níveis de maturidade das economias e nas prioridades políticas de cada nação. Logo, através dos relatórios não financeiros da companhia entende-se o trajeto de redução de carbono (ANEXO E – SIEMENS GAMESA REPORTS).

A fim de influenciar toda a sua cadeia de valor e garantir a descarbonização de suas operações, a Siemens Gamesa estruturou um plano baseado em seis pilares:

1. **Eficiência Energética** – Implementação de tecnologias e metodologias para otimizar o consumo de energia em fábricas e canteiros de obra.
2. **Uso de Energia Renovável** – Transição para fontes 100% renováveis no fornecimento de eletricidade, alcançando 99,9% de energia limpa em mercados estratégicos.
3. **Mobilidade Sustentável** – Políticas para substituição de frotas por veículos elétricos e incentivo a meios de transporte de baixo carbono, como caronas compartilhadas, bicicletas e transporte público.
4. **Compensação de Emissões Não Redutíveis** – Investimentos em projetos ambientais, como o parque eólico Bii Nee Stipa no México, registrado no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (CDM) da ONU.
5. **Engajamento dos Funcionários** – Campanhas internas para conscientizar os colaboradores, promovendo desafios e premiações por ações sustentáveis.
6. **Descarbonização da Cadeia de Suprimentos** – Parcerias com fornecedores para reduzir as emissões do Escopo 3, incentivando a adoção de metas de sustentabilidade.

Ao fundo desta problemática está a exposição à diversos riscos financeiros que podem impactar seu desempenho operacional e econômico da companhia. Entre os principais desafios apontados internamente estão riscos de mercado, como variações cambiais, flutuações nos preços de commodities e taxas de juros, além de riscos de liquidez e crédito. Nesse sentido, com intensificação das políticas ambientais em diversos países, empresas do setor industrial e energético são pressionadas a reduzir suas emissões de gases de efeito estufa (GEE) e a se alinhar a padrões globais de sustentabilidade.

Dentre os principais mecanismos regulatórios que impactam a Siemens Gamesa, destacam-se:

- **Sistemas de Comércio de Emissões (ETS - Emissions Trading Systems):** Presente na União Europeia, China e outros mercados relevantes, o ETS estabelece um limite máximo para emissões e permite a negociação de créditos de carbono entre empresas, incentivando a redução de GEE de forma econômica.
- **Taxação sobre Carbono:** Alguns países adotam impostos sobre as emissões, criando um custo adicional para empresas que não conseguem reduzir sua pegada de carbono de maneira eficiente.

Para mitigar esses impactos, a empresa utiliza uma abordagem estruturada de Gestão de Riscos Financeiros, pautada por políticas aprovadas pela alta administração e implementadas por suas Unidades de Negócio.

Como consequência, estratégias de Mitigação de Riscos Climáticos e Financeiros são adotadas como:

- **Monitoramento Contínuo do Mercado de Carbono –** A empresa acompanha de perto as tendências regulatórias e as mudanças nas políticas de precificação de carbono para ajustar suas operações e minimizar custos.
- **Investimentos em Energia Limpa e Inovação –** A Siemens Gamesa foca no desenvolvimento de novas tecnologias para turbinas eólicas e soluções energéticas que reduzem a pegada de carbono, aumentando sua competitividade dentro de um mercado cada vez mais regulado.
- **Adoção de Estratégias de Hedge e Gestão de Riscos –** A empresa utiliza mecanismos financeiros para mitigar riscos cambiais e de volatilidade de preços, garantindo maior previsibilidade financeira.
- **Participação em Iniciativas de Sustentabilidade –** A Siemens Gamesa integra programas globais de descarbonização e colabora com formuladores de políticas para contribuir com o avanço da regulamentação ambiental.

## **6.5. ANÁLISE DE EMISSÕES**

A fim de se analisar o sistema emissões da companhia, é posto diferentes escopos e tipos de emissões para o rastreamento de desempenho de sua atuação no mercado de Energia em modelo que incorpora offsets (compensações) via suporte de iniciativas tipo CDM (Mecanismos de Desenvolvimento Limpo) e a aquisição de certificados de energia renovável projetado.

Neste sentido, a empresa Siemens Gamesa em questão utiliza uma planta eólica mexicana para buscar valorar os carbonos emitidos e sua compensação via projeto alinhado com a UNFCCC (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima), na qual confere ao empreendimento BII Nee Stipa a implementação de 200 MW de capacidade de geração de energia eólica implicando em uma flexibilidade na forma como cumprem suas metas de limitação de redução de emissões (ANEXO F – BII NEE STIPE PROJECT DESIGN DOCUMENT).

Sendo assim, compilou-se as emissões registradas no ano de 2022 pela companhia métodos de modo a encontrar um valor referente a cada tipo de carbono emitido ao longo de um ano por este setor da Indústria na Tabela 6.1 abaixo.

Tabela 6.1 - Tipos de Emissão da Siemens Gamesa e modelos de cálculo

Tipo de Emissão	Dados de Atividade	Fatores de Emissão	Metodologia	Detalhes da Metodologia
Emissões diretas (Escopo 1)	Consumo de energia e volume de combustível	Protocolo GHG	Volume de combustível e consumo de energia convertido para GJ x Fatores de Emissão	Volumes adquiridos de combustíveis comerciais como gás natural, GLP, diesel, gasolina, óleo de aquecimento e combustível de aviação foram convertidos em Gigajoules (GJ) e multiplicados pelos fatores de emissão publicados no Protocolo GHG.
Emissões indiretas (Escopo 2)	Consumo de eletricidade	AIE	DEFRA	Eletricidade comprada em kWh multiplicada pelos fatores de emissão publicados
Outras emissões indiretas (Escopo 3)	Transporte e distribuição	DEFRA	Protocolo GHG DEFRA	Método baseado em combustível Método baseado em distância (fatores de emissão publicados pelo fornecedor)
Resíduos gerados nas operações	Quantidade de resíduos gerados	DEFRA	Protocolo GHG	As emissões de “resíduos gerados nas operações” foram calculadas usando volumes de resíduos no nível das instalações e fatores de emissão da DEFRA.
Viagens de negócios	Viagens aéreas, ferroviárias e de carro	DEFRA	DEFRA	Cálculos do fornecedor – Método baseado em distância As emissões de viagens para avião, carro e trem foram calculadas usando dados de atividade e fatores de emissão fornecidos pelo fornecedor. A fonte dos fatores de emissão é a DEFRA.
Deslocamento de funcionários	Distâncias percorridas por país (km)	DEFRA	Protocolo GHG	Multiplicação da distância média de deslocamento por país e a divisão modal multiplicada pelo fator de emissão DEFRA.
Trabalho em casa	Força de trabalho da Siemens Gamesa Renewable Energy	DEFRA	Dias de trabalho em casa por funcionário	Número de funcionários da Siemens Gamesa Renewable Energy por país, multiplicado pelos dias de trabalho em casa por funcionário e pelo fator de emissão DEFRA.

Fonte: ANEXO E - SIEMENS GAMESA REPORTS

## 7. RESULTADOS

A lista seguinte mostra a distribuição da medição das emissões de gases de efeito estufa por área de atuação e classificação de acordo com as diretrizes da norma ISO 14064-1:2018, presentes em maiores detalhes no ANEXO D – TABELAS SIEMENS GAMES e ANEXO – E SIEMENS GAMESA REPORTS.

Segue abaixo a tabela que demonstra a quantidade de emissões de gases de efeito estufa atribuídas aos escopos 1, 2 e 3 divididos, com base nas informações disponíveis.

**Tabela 7.1- Resultados concretos das medidas adotados por escopo**

<b>Descrição</b>	<b>Quantidade (unidade)</b>
Total de emissões dos escopos 1 e 2 da empresa no FY22	22.713 t CO <sub>2</sub> e
Total de emissões do escopo 3 da empresa no FY22	780.722 t CO <sub>2</sub> e
Economia total de energia alcançada no FY22	4.318 GJ
Economia total de resíduos alcançada no FY22	63.695 t
Total de CRE canceladas no FY22	22.713 t CO <sub>2</sub> e

Fonte: ANEXO E – SIEMENS GAMESA REPORTS

Como medida de mitigação direta, a empresa utiliza o projeto de emissão zero das Nações Unidas de tecnologia própria (ANEXO F – BII NEE STIPA PROJECT DESIGN). Neste contexto, fez-se a análise do fator de emissão da energia substituída (toneladas de CO<sub>2</sub> produzidas pela geração de um MWh no México) disponíveis ao longo de 2009 até 2018.

**Tabela 7.2- Emissão de Planta Eólica mexicana BII Nee Stipa**

<b>Ano</b>	<b>Reduções do Projeto (t de COe)</b>	<b>Linha de Base (t de COe)</b>	<b>Fuga (t de COe)</b>	<b>Redução (t de COe)</b>
2009	315.411	0	0	315.411
2010	310.041	0	0	310.041
2011	304.671	0	0	304.671
2012	299.301	0	0	299.301
2013	293.931	0	0	293.931
2014	288.561	0	0	288.561
2015	283.191	0	0	283.191
2016	277.821	0	0	277.821
2017	272.451	0	0	272.451
2018	267.081	0	0	267.081
<b>Total</b>	<b>2.912.465</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2.912.465</b>

Fonte: ANEXO F - BII NEE STIPA PROJECT DESIGN

Por medidas de controle de impacto direto e indireto de GEE (ANEXO E – SIEMENS REPORT), a companhia de energia restringe a mitigar escopos 1 e 2.

Projetos de melhoria de energia e resíduos são monitorados por meio de planos de ações de melhoria energética. Nesse sentido, várias ações de melhoria foram propostas, resultando em uma economia de energia de 4.318 GJ e uma redução de 63.695 toneladas na gestão de resíduos.

As ações abaixo, focadas na redução do consumo e no aumento da eficiência energética e na redução de resíduos foram listados como responsáveis por 80% dos redução total para o ano de 2022.

**Tabela 7.3 - Iniciativas de mitigação de CO2 em economia de energia elétrica (GJ)**

<b>País / Localização</b>	<b>Iniciativa</b>	<b>Economia (GJ)</b>	<b>t CO2e Salvas</b>
GE NEME	Equipamento de TI reciclado	1.250	91
DK Aalborg	Substituição de ventilação antiga	1.373	79
US Fort Madison	Redução da quantidade de empilhadeiras a gás liquefeito de petróleo (GLP)	578	70
IN Mamandur	Introdução de VFD no motor do ventilador STP	85	6
SP Lerma	Mudanças no uso do prédio resultando em reduções em equipamentos, aquecimento e luzes	21	1

Fonte: ANEXO E - SIEMENS GAMESA REPORTS

**Tabela 7.4- Iniciativas de mitigação de CO2 em economia de energia elétrica via  
mitigação de resíduos (GJ)**

<b>País / Localização</b>	<b>Iniciativa</b>	<b>Economia (GJ)</b>	<b>t CO2e Salvas</b>
K Aalborg	Leilão – Venda de material em vez de descarte como resíduo	63.260	562
DK Aalborg	Redução de embalagem em mercadorias de armazém	52	0,5
SEA SEA	Reutilização de água de esgoto em fazendas locais	178	0,048
SP Lerma	Redução do volume de água de lavagem de resíduos	135	0,037

Fonte: ANEXO E - SIEMENS GAMESA REPORTS

No exercício financeiro de 2022, houve a instalação de 9.810 MW de capacidade no setor energético. Dessa forma, as emissões por cada MW instalado foram de 2,32 toneladas de CO2 equivalente.

No término do ano de 2022, um total de 27.604 colaboradores estavam oficialmente contratados pela Siemens Gamesa Renewable Energy. Com isso, o cálculo das emissões por empregado resultou em 0,82 t CO<sub>2</sub>e por colaborador.

## **7.1. CLASSIFICAÇÃO**

### **Indicadores Alcançados via CDP**

A Siemens Gamesa, como subsidiária da Siemens, revela um desempenho em termos de gestão ambiental e mitigação de emissões, patamares elevados no mapeamento via de transição energética.

Abaixo, é apresentado o cruzamento das informações fornecidas com os indicadores relevantes do framework escolhido:

#### **1. Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE)**

Escopos 1 e 2: 22.713 tCO<sub>2</sub>e em 2022.

Escopo 3: 780.722 tCO<sub>2</sub>e.

Unidade ou Meio de Medição: Toneladas de CO<sub>2</sub>e (Escopos 1, 2 e 3).

Classificação no CDP: Divulgação inicial a Gestão (Etapa 1 a 3)

#### **2. Intensidade de Emissões**

Redução de emissões: Siemens Gamesa busca reduzir as emissões em 70% por megawatt instalado até 2025, com base em 2017.

Unidade ou Meio de Medição: Toneladas de CO<sub>2</sub>e por MWh ou colaborador.

Classificação no CDP: Compreensão a Liderança (Etapa 2 a 4).

#### **3. Redução de Emissões**

Estratégia: Substituição de equipamentos e uso de alternativas mais eficientes, como redução de empilhadeiras movidas a GLP.

Unidade ou Meio de Medição: Percentual (%) ou toneladas absolutas de CO<sub>2</sub>e reduzidas.

Classificação no CDP: Compreensão a Melhores Práticas (Etapa 2 a 5).

#### **4. Fontes de Energia Renovável**

Adoção de Energia Renovável: Redução significativa das emissões do escopo 2 por meio da compra de Certificados de Atributos de Energia (EACs).

Unidade ou Meio de Medição: Proporção (%) no consumo total de energia.

Classificação no CDP: Gestão a Melhores Práticas (Etapa 3 a 5).

### **5. Uso de Créditos de Carbono**

Compensação das emissões dos escopos 1 e 2: A Siemens Gamesa compensou as emissões através do cancelamento de Créditos de Carbono (CCs).

Unidade ou Meio de Medição: Créditos adquiridos (tCO<sub>2</sub>e).

Classificação no CDP: Liderança a Melhores Práticas (Etapa 4 a 5).

### **6. Eficiência Energética**

Iniciativas de eficiência: Implementação de projetos como a reutilização de água de esgoto e a substituição de sistemas de ventilação.

Unidade ou Meio de Medição: Gigajoules (GJ) economizados.

Classificação no CDP: Gestão a Liderança (Etapa 3 a 4).

### **7. Gestão de Resíduos**

Ações de resíduos: Reutilização de água e substituição de sistemas para reduzir o uso de energia e resíduos.

Unidade ou Meio de Medição: Quantidade de resíduos reutilizados ou reciclados (%).

Classificação no CDP: Compreensão a Melhores Práticas (Etapa 2 a 5).

### **8. Mobilidade Sustentável**

Trabalho Remoto: Inclusão de trabalho remoto no escopo 3, resultando em 9.293 tCO<sub>2</sub>e de emissões evitadas.

Unidade ou Meio de Medição: Emissões evitadas (tCO<sub>2</sub>e) ou % de adesão ao home office.

Classificação no CDP: Gestão a Liderança (Etapa 3 a 4).

### **9. Engajamento na Cadeia de Suprimentos**

Engajamento com fornecedores: Fornecedores estabelecendo metas baseadas na ciência.

Unidade ou Meio de Medição: % de fornecedores avaliados por critérios ambientais.

Classificação no CDP: Gestão a Melhores Práticas (Etapa 3 a 5).

### **10. Metas de Emissões Baseadas na Ciência (SBTs)**

Objetivos climáticos: Siemens Gamesa estabelece metas de redução de emissões com base na ciência.

Unidade ou Meio de Medição: Validação de metas pelo SBTi.

Classificação no CDP: Liderança a Melhores Práticas (Etapa 4 a 5).

### **11. Governança Climática**

Políticas corporativas: Inclusão de critérios climáticos nas políticas da empresa.

Unidade ou Meio de Medição: Inclusão de critérios climáticos em políticas corporativas.

Classificação no CDP: Gestão a Liderança (Etapa 3 a 4).

### **12. Iniciativas de Transição**

Projetos sustentáveis: Exemplo do projeto de energia eólica Bii Nee Stipa, que gera Créditos de Carbono.

Unidade ou Meio de Medição: Número de projetos implementados ou toneladas de CO<sub>2</sub>e evitadas.

Classificação no CDP: Gestão a Liderança (Etapa 3 a 4).

Esses indicadores destacam o compromisso da Siemens Gamesa com a sustentabilidade e a mitigação das emissões de gases de efeito estufa, refletindo suas práticas e ações em diversas áreas essenciais.

## **7.2. IMPLICAÇÕES E OPORTUNIDADES**

Dado o *roadmap* de cada fonte e tecnologia renovável de mercado, é notório que pesquisa e desenvolvimento (P&D) ainda são forças utilizadas no impulsionamento da descarbonização globalmente. Dados que setores industriais utilizam a inovação como um pilar estratégico de suas companhias, mostra-se necessário o investimento ao longo de toda a cadeia produtiva e os ambientes de forças de trabalho, os quais estão interligados com os desafios regionais de adoção de medidas de expressão.

Assim, no caso da planta mexicano, e possível paralelo feito com o Brasil, na qual empresas que caminham ligadas ao planejamento sustentável oferecem o diferencial de atrair consumidores e investidores, de modo a criar dentro da economia uma saída para gerar atração e destaque de braços de desenvolvimento mediante parcerias a nível público e privado.

Ademais, somado ao regionalismo, está a colaboração governamental no equacionamento da linha de base e, conseqüentemente, dos parâmetros de construção e operação destes novos polos energéticos para complementar as medidas internas realizadas corporativamente e alinhadas em um mercado com grandes forças ainda irresponsáveis pelo controle de processos e impactos ambientais.

A Siemens Gamesa, oferece um modelo de boas práticas corporativas que podem ser observadas em paralelo aos desafios e oportunidades globais no combate às mudanças climáticas, como os enfrentados por mecanismos como o REDD+ e fundos climáticos. A empresa adota estratégias inovadoras de descarbonização, como a compensação de suas emissões de escopos 1 e 2 por meio de créditos de carbono, além de reduzir suas emissões absolutas em 70% até 2025 por megawatt instalado, refletindo seu compromisso com a sustentabilidade. Essas ações são exemplos de como as empresas podem atuar de maneira proativa, superando as limitações de um ambiente regulatório muitas vezes desfavorável.

Em paralelo, iniciativas globais como o REDD+, voltadas para a preservação de florestas e a redução do desmatamento, ainda enfrentam obstáculos financeiros e operacionais, o que limita sua eficácia. No entanto, práticas como o uso de créditos de carbono pela Siemens Gamesa demonstram como os instrumentos de mercado, se bem aplicados, podem ser eficazes na mitigação das emissões. Além disso, a empresa envolve sua cadeia de suprimentos na busca por soluções sustentáveis, incentivando fornecedores a estabelecerem metas de redução de emissões baseadas na ciência, alinhando-se a um esforço coletivo global para a transição energética.

Entre outras formas, a gestão e liderança na inclusão de critérios climáticos na política corporativa projeta as novas tendências do mercado formado por barreiras legais regulatórias, as quais são superadas via estabelecimento de compromisso com as mudanças climáticas, consequentemente ditando o ritmo dos setores econômicos, neste caso de energia. Mudam-se a pegada de carbono e elaboram relatórios focados em um modelo que avança na responsabilidade fiscal ao aproximar de mecanismo de mercados regionais.

O modelo adotado pela Siemens Gamesa, que combina inovação tecnológica, metas claras e uso de mecanismos de mercado, serve como exemplo de como as empresas podem não apenas cumprir suas metas climáticas, mas também gerar valor econômico. Esse processo cria um ambiente propício para a atração de investidores e parcerias públicas e privadas, algo essencial para superar os desafios globais da descarbonização.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão do mercado global de carbono e o estudo de caso sobre os impactos regulatórios aplicados à Siemens Gamesa revelam em um primeiro plano uma nova conjuntura para controle de emissões de GEE (Gases de Efeito Estufa) via atividades carbono intensivas, como indústrias químicas, ou no campo logístico para o caso do varejo. Em medida, ambos setores sofrem com novas diretrizes de limite de emissão e procurariam programas de crédito de carbono na tentativa de mitigar os impactos ambientais e consequentemente financeiros sobre as empresas em um modelo precificado de carbono.

Trata-se ainda, que as principais fontes e desafios de indústria e energia compreendem especialmente da queima de gases e uso de combustíveis fósseis pelos variados setores das indústrias, estão se estruturando de forma gradual para implementar uma novo modelo de sistema, com ênfase na adoção de soluções que favoreçam a redução das emissões a um custo marginal reduzido. Nesse sentido, combinação entre a descarbonização da indústria e o uso de créditos de carbono provenientes dos projetos como REDD+ apresenta uma estratégia vantajosa para empresas que buscam reduzir suas emissões de forma econômica e eficaz. Ao passo, que grandes potências dos setores tentam não perder relevância e espaço no mercado a uma nova frente de comércio que se mostra contrários a fuga de carbono em um novo rearranjo fiscal e competitivo – sendo este o caso da CBAM (Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira).

Cabe ainda ressaltar que, o avanço estratégico entre companhia, como a Siemens Gamesa, denota a adoção de um modelo de negócios sustentável da qual é reflexo de políticas organizacionais baseadas na ciência e temas de gestão e governança. Nesse sentido, com empresas do setor de energia que aplicam relatórios de emissão, controle da cadeia logística, estabelece e monitoram riscos e oportunidades frente a planos de mudanças climáticas promovem uma cadeia de valor atingindo seus fornecedores e clientes.

Usa-se de exemplo a solução estratégica para neutralizar e reduzir sua pegada de carbono de planta eólica via projeto de desenvolvimento limpo da UNFCC (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima).

No contexto da transição energética, a Siemens Gamesa Renewable Energy atingiu com êxito a Etapa 1 do framework do CDP (Carbon Disclosure Project), demonstrando um compromisso sólido com a sustentabilidade e a redução das emissões de gases de efeito estufa. Para isso, a empresa adotou um sistema integrador de contabilidade de emissões, estabelecendo metas claras em seu relatório de emissões de GEE referente ao ano de 2022.

Nesse relatório, foram quantificadas emissões de 22.713 tCO<sub>2</sub> nos escopos 1 e 2, enquanto as emissões indiretas do escopo 3 totalizaram 780.722 tCO<sub>2</sub>. Ainda na Etapa 1, a empresa fundamenta sua estratégia em diretrizes como as do DEFRA e do Protocolo GHG, que precificam o carbono e orientam um plano administrativo baseado em metodologias governamentais. Em contraste, o elevado volume de emissões indiretas evidencia oportunidades de melhoria na cadeia logística da empresa e gerenciamento da cadeia produtiva ligados a fontes de transporte e distribuição. O que por fim, o mapeamento via framework do CDP se completa quando as estratégias corporativas incluem medidas de curto e longo prazo para a gestão de eletricidade e resíduos, alinhando-se ao plano de transição energética e ao relatório fiscal, em conformidade com os acordos climáticos para a meta de 1,5°C, sendo estas etapas finais da jornada de redução.

Logo, o mapeamento via framework do CDP se completa quando as estratégias corporativas incluem medidas de curto e longo prazo para a gestão de eletricidade e resíduos, alinhando-se ao plano de transição energética e ao relatório fiscal, em conformidade com os acordos climáticos para a meta de 1,5°C, sendo estas etapas finais da jornada de redução.

O Brasil busca consolidar um mercado de carbono maduro e alinhado a modelos internacionais, como o cap & trade. Setores como Varejo e Indústria estão cada vez mais inseridos em políticas públicas e modelos de negócios que passam a contar com dispositivos jurídicos mais estruturados, seguindo padrões regulatórios adotados por países desenvolvidos.

Nesse contexto, o país enfrenta desafios tanto como fornecedor de créditos de carbono quanto como regulado pelo sistema, necessitando solucionar questões tributárias relacionadas à precificação do carbono. Essa lacuna regulatória ainda precisa ser preenchida para que o Brasil alcance maior competitividade no cenário internacional.

Por outro lado, essa transformação representa uma oportunidade estratégica para que o Brasil fortaleça seu papel de liderança internacional, adotando as melhores práticas em eficiência energética e mitigação das mudanças climáticas.

O desenvolvimento de um mercado de carbono robusto não apenas permitirá que empresas brasileiras se adequem às exigências globais, mas também criará novas oportunidades de negócios, atraindo investimentos estrangeiros e impulsionando a inovação em tecnologias limpas. Com uma governança sólida e uma regulação alinhada aos padrões internacionais, o Brasil pode transformar seus desafios ambientais em uma vantagem competitiva, consolidando-se como um ator-chave na transição para uma economia de baixo carbono. Empresas como a Siemens Gamesa exemplificam esse movimento ao integrar práticas sustentáveis e liderar iniciativas no setor.

**Sugestões para Trabalhos Futuros:**

- Analisar a viabilidade de um **sistema de precificação de carbono** nacional implementado e como ele pode se alinhar a padrões internacionais, como o **CBAM europeu**.
- Estudar a eficácia dos projetos **REDD+ (UNFCC)** no Brasil e sua capacidade de gerar créditos de carbono nesta recente conjuntura
- Explorar como novas tecnologias, como **captura e armazenamento de carbono (CCS)** e **hidrogênio verde**, podem ser aplicadas à transição energética.
- Investigar o avanço de **novas legislações internacionais** para mercado de carbono associado a economia de países em desenvolvimento

## REFERÊNCIAS

- NASA. **Scientific Consensus: Earth's Climate is Warming**. Science Mission Directorate, Washington, D.C., 2024. Disponível em: <<https://science.nasa.gov/climate-change/scientific-consensus/>>. Acesso em: 19 jun. 2024.
- NASA. **The Evidence for Climate Change**. Science Mission Directorate, Washington, D.C., 2024. Disponível em: <<https://science.nasa.gov/climate/evidence>>. Acesso em: 15 maio 2024.
- IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas). **Relatório de Avaliação sobre as Mudanças Climáticas 2023**. Genebra, 2023. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>. Acesso em: 28 jan. 2025.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Mercado de carbono**: análise de experiências internacionais. Brasília: CNI, 2021. 88 p.: il.
- WORLD BANK GROUP. **Carbon Pricing for Climate Action**. Washington, D.C.: World Bank, 2023. Disponível em: <<https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/ec252205-01c5-5a5b-807e-f848b42d22cc/content>> Acesso em: 10 maio 2024.
- BRASIL. Ministério da Fazenda. Secretaria de Política Econômica. **II Workshop PMR Brasil: Texto para Discussão**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <<https://www.gov.br/fazenda/pt-br/orgaos/spe/pmr-brasil/documentos-e-arquivos-pmr/ii-workshop-pmr-brasil-texto-para-discussao.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2024.
- BRASIL. Ministério da Fazenda. Secretaria de Política Econômica. **Projeto PMR Brasil**. Brasília, DF, 2024. Disponível em: <[https://www.gov.br/fazenda/pt-br/orgaos/spe/pmr-brasil#:~:text=O%20Projeto%20PMR%20Brasil%20tem,PNMC\)%20no%20p%C3%B3s%202020.>](https://www.gov.br/fazenda/pt-br/orgaos/spe/pmr-brasil#:~:text=O%20Projeto%20PMR%20Brasil%20tem,PNMC)%20no%20p%C3%B3s%202020.>)>. Acesso em: 30 jul. 2024.
- BRASIL. [Constituição (1988)]. **Lei nº 15.042, de 11 de dezembro de 2024**. Institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE); e altera as Leis nºs 12.187, de 29 de dezembro de 2009, 12.651, de 25 de maio de 2012 (Código Florestal), 6.385, de 7 de dezembro de 1976 (Lei da Comissão de Valores Mobiliários), e 6.015, de 31 de dezembro de 1973 (Lei de Registros Públicos). Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 162, n. 239, p. 4, 12 dez. 2024. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2024/lei-15042-11-dezembro-2024-796690-publicacaooriginal-173745-pl.html>. Acesso em: 28 jan. 2025.
- SABBAG, Bruno Kerlakian. **Processo de incorporação da dimensão climática no ordenamento jurídico brasileiro e análise do caso do Estado de São Paulo**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D.90.2013.tde-03052013-100345>. Acesso em: 2 fev. 2025.
- UNFCCC. **Protocolo de Quioto**. 1997. Disponível em: <<https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.html>>. Acesso em: 2 fev. 2025.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Responsabilidade Social e Ambiental do Sistema Financeiro**. Brasília: Banco Central do Brasil, 2010. Disponível em: <http://www.bcb.gov.br/pre/boletimrsa/BOLRSA201012.pdf>. Acesso em: 10 out. 2024.
- PMI CLIMATE. **Brazil**: PMI Implementation Support. [S.l.], 2023. Disponível em: <

<https://pmicclimate.org/country/brazil>>. Acesso em: 12 mai. 2024.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **Componentes do PMR**. Brasília, DF, 2020. Disponível em:< <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/pmr/ComponentesPMR.jpg/view>>. Acesso em: 02 jul. 2024.

PEDRO, Pedro Ivo Benevides Ramos Batista et al. **Mercado de carbono**. Revista Jurídica do Cesupa, p. 11-30, 2024.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Relatório Mercado de Carbono**. Rio de Janeiro, 2024. Disponível em:< [https://agro.fgv.br/sites/default/files/2024-04/Relat%C3%B3rio%20Mercado%20de%20Carbono\\_compressed.pdf](https://agro.fgv.br/sites/default/files/2024-04/Relat%C3%B3rio%20Mercado%20de%20Carbono_compressed.pdf)>. Acesso em: 8 jul. 2024.

BANCO MUNDIAL. State and Trends of Carbon Pricing 2023, 2023. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10986/39796>. Acesso em: 07 jan. 2025.

LUI, Maitê Antonini et al. **Mercados de carbono: pilares da estratégia global contra as mudanças climáticas**. 2024. Tese de Doutorado.

ICAP. **ICAP Allowance Price Explorer**, 2023. Disponível em: <https://icapcarbonaction.com/en/ets-prices>. Acesso em: 07 jan. 2025.

AGUIAR, Mário César de. **O mercado voluntário de carbono florestal: o caso do REDD+ no Brasil**. 2018. Xvii, 109 f., il. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

BRASIL. Senado Federal. **Projeto de Lei nº 2.648, de 2023**. Brasília, DF, 2023. Disponível em: <<https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=9076235&ts=1710266812287&disposition=inline>>. Acesso em: 10 jul. 2024.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei nº 2.148, de 2023**. Brasília, DF, 2023. Disponível em:<[https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra?codteor=2263970&filename=PL%202148/2023](https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=2263970&filename=PL%202148/2023)>. Acesso em: 02 jul. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Regulation (EU) 2018/842 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on binding annual greenhouse gas emission reductions by Member States from 2021 to 2030 contributing to climate action to meet commitments under the Paris Agreement and amending Regulation (EU) No 525/2013**. Official Journal of the European Union, 2018. Disponível em:< <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32018R0842>>. Acesso em: 2 fev. 2025.

LIMA, Leandro José Barbosa; HAMZAGIC, Miroslava. Estratégias para a transição energética: revisão de literatura. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, São Paulo**, p. 96-120, 2022.

GARCIA, Maria Del Mar Hidalgo. As mudanças climáticas e a defesa na União Europeia: avanços para uma maior integração. **Diálogos**, v. 2, n. 9, 2023.

SCHLEE, Bernhard Friedrich. **Resposta institucional ao risco de fuga de carbono no regime de comércio de licenças de emissão da União Europeia: uma análise fundamentada na teoria dos custos de transação.** 2020.

MACHADO, Bárbara Belo. **O mecanismo de ajustamento carbônico fronteiriço e a sua compatibilidade com os acordos da Organização Mundial do Comércio.** 2024. Tese de Doutorado.

PEREIRA, Fernando Jorge Gaspar. **As fontes renováveis na indústria como contributo de sucesso das políticas climáticas na The Navigator Company.** 2022. Tese de Doutorado.

SOUSA, Diogo Filipe Mendes de. **O mercado do carbono e as licenças de emissão como instrumentos financeiros.** 2024. Tese de Doutorado.

SCIENCE BASED TARGETS INITIATIVE (SBTi). **Manual de Implementação de Metas Baseadas na Ciência.** Nova York, 2023. Disponível em: <https://sciencebasedtargets.org/resources/manual-2023>. Acesso em: 22 nov. 2024.

TASK FORCE ON CLIMATE-RELATED FINANCIAL DISCLOSURES (TCFD). **Relatório Anual de Progresso.** Londres, 2022. Disponível em: <https://www.fsb-tcf.org/publications/progress-report-2022/>. Acesso em: 30 nov. 2024.

GONZALEZ MIGUEZ, José Domingos et al. **O protocolo de Quioto e sua regulamentação no Brasil.** 2008.

ABEEÓLICA. **Mercado de energia renovável: custos e tendências.** Brasília, 2022. Disponível em: <https://abeeolica.org.br>. Acesso em: 15 nov. 2024.

ANFAVEA. **Relatório anual: custo médio de veículos elétricos no Brasil.** São Paulo, 2023. Disponível em: <https://anfavea.com.br>. Acesso em: 20 nov. 2024.

MOTTA, Ronaldo Seroa da. **Precificação do carbono: do Protocolo de Quioto ao Acordo de Paris.** 2018.

WORLD BANK GROUP. **Record high revenues from global carbon pricing near \$100 billion.** Washington, D.C., 2023. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2023/05/23/record-high-revenues-from-global-carbon-pricing-near-100-billion>. Acesso em: 5 jun. 2024.

ELLERMAN, A.D.; DECAUX, A. **Analysis of Post-Kyoto CO<sub>2</sub> emissions trading using marginal abatement curves.** Cambridge: MIT, 1998. 32p. (MIT Report, 40)

GOLLIER, C.; TIROLE, J. **Pricing carbon.** *Oxford Review of Economic Policy*, Oxford, v. 33, n. 4, p. 685-705, 2017.

CRAMTON, P.; MACKAY, D.; OCKENFELS, A.; STOFT, S. **Global carbon pricing.** *American Economic Review*, Nashville, v. 107, n. 8, p. 2406-2440, 2017.

CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Mudanças climáticas e a precificação de carbono.** [S.l.], 2021. Disponível em: <https://cdpp.org.br/wp-content/uploads/2021/10/Mudancas-climaticas-e-a-precificacao-de-carbono-1.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2024.

COMISSÃO EUROPEIA. **Carbon Border Adjustment Mechanism: framework and implications**. Bruxelas, 2023. Disponível em: <https://ec.europa.eu>. Acesso em: 5 dez. 2024.

IEA (International Energy Agency). **Carbon Capture, Utilization, and Storage: opportunities and challenges**. Paris, 2022. Disponível em: <https://www.iea.org>. Acesso em: 12 dez. 2024.

NIELSEN. **Relatório de tendências de consumo sustentável no Brasil**. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://nielsen.com.br>. Acesso em: 8 nov. 2024.

SEEG (Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa). **Emissões setoriais no Brasil 2021**. Brasília, 2022. Disponível em: <https://seeg.eco.br>. Acesso em: 25 nov. 2024.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribuição do Grupo de Trabalho I para o Sexto Relatório de Avaliação do IPCC**. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 491, de 18 de setembro de 2018. **Estabelece as condições e os critérios para o controle da poluição do ar e os limites de emissão de poluentes para fontes fixas**. Diário Oficial da União, Brasília, 2018. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/>. Acesso em: 1 fev. 2025

BRASIL. Lei nº 15.042, de 11 de dezembro de 2024. **Institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE) e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, 2024. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2023-2026/2024/lei/L15042.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/L15042.htm). Acesso em: 1 fev. 2025.

BRASIL. Primeiro **Documento de Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) Atualizado**. Brasília, DF, 2022. Disponível em: <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Updated%20-%20First%20NDC%20-%20%20FINAL%20-%20PDF.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2024.

CEBDS. Mercado de carbono no Brasil: marco regulatório e oportunidades. 2023. Disponível em: [https://cebds.org/wp-content/uploads/2023/06/MERCADO-CARBONO\\_Marco-Regulatorio.pdf](https://cebds.org/wp-content/uploads/2023/06/MERCADO-CARBONO_Marco-Regulatorio.pdf). Acesso em: 1 fev. 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. **Balço energético nacional 2023**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2023. Disponível em: <https://www.mme.gov.br>. Acesso em: 1 fev. 2025.

DOS SANTOS, Rodrigo Miguel; DE SÁ RODRIGUES, Marilsa; CARNIELLO, Monica Franchi. **Energia e sustentabilidade: panorama da matriz energética brasileira**. Scientia: Revista Científica Multidisciplinar, v. 6, n. 1, p. 13-33, 2021.

SIEMENS GAMESA. **Environment - Sustainability**. Disponível em: <https://www.siemensgamesa.com/global/en/home/sustainability/environment.html>. Acesso em: 02 jan. 2025.

SIEMENS GAMESA. **RecyclableBlade**. Disponível em: <https://www.siemensgamesa.com/global/en/home.html>. Acesso em: 02 jan. 2025.

SIEMENS ENERGY. **Science Based Targets Initiative (SBTi) aprova metas de redução de CO<sub>2</sub> da Siemens Energy**. Disponível em: <https://www.siemens-energy.com/br/pt/home/press-releases/sbti-aprova-metas-de-reducao-de-co2-da-siemens-energy.html>. Acesso em: 02 jan. 2025.

**ANEXO A - DEFRA METHODOLOGY**

**ANEXO B – ACM0002 METHODOLOGY**

**ANEXO C – CDP TRANSITION PLAN JOURNEY**

**ANEXO D – TABELAS SIEMENS GAMESA**

Tabela D.1- Emissão diretas de CO2e por ano fiscal

<b>Categoria</b>	<b>Ano Fiscal 2021 (t CO2e)</b>	<b>Ano Fiscal 2022 (t CO2e)</b>
Categoria 1: Emissões e remoções diretas de GEE	26.788	20.597
Onshore	15.609	11.573
Gasolina	628	180
Diesel	10.357	8.342
Gás Natural	3.270	1.717
GLP	1.125	1.017
Óleo combustível para aquecimento	0	7
Refrigerantes	230	310
Offshore	6.112	5.519
Gasolina	20	0
Diesel	1.710	789
Gás Natural	4.066	4.252
GLP	176	158
Óleo combustível para aquecimento	101	260
Refrigerantes	39	60
Service	2.118	1.294
Gasolina	147	167
Diesel	1.594	839
Gás Natural	288	220
GLP	39	20
Óleo combustível para aquecimento	37	45
Refrigerantes	13	3

Tabela D.1 - Emissão diretas de CO2e por ano fiscal (Continuação)

<b>Categoria (Continuação)</b>	<b>Ano Fiscal 2021 (t CO2e)</b>	<b>Ano Fiscal 2022 (t CO2e)</b>
Corporate	2.949	2.210
Gasolina	0	0
Diesel	104	120
Gás Natural	914	898
GLP	434	533
Óleo combustível para aquecimento	187	129
Refrigerantes	1.310	530

Tabela D.2- Emissão indiretas de CO2e por ano fiscal

<b>Categoria</b>	<b>Ano Fiscal 2021 (t CO2e)</b>	<b>Ano Fiscal 2022 (t CO2e)</b>
Categoria 2: Emissões indiretas de GEE de energia importada	2017	2116
Onshore	241	228
Eletricidade de fontes não renováveis	0	0
Aquecimento Distrital	241	228
Offshore	1775	1888
Eletricidade de fontes não renováveis	0	0
Aquecimento Distrital	1775	1888
Service	0	0
Eletricidade de fontes não renováveis	0	0
Aquecimento Distrital	0	0
<b>Categoria</b>	<b>Ano Fiscal 2021 (t CO2e)</b>	<b>Ano Fiscal 2022 (t CO2e)</b>
Categoria 3: Emissões indiretas de GEE do transporte	849.706	765.512
Transporte e distribuição (Upstream e Downstream)	843.852	744.510
Onshore (transporte de componentes em águas profundas)	726.785	669.181
Offshore (instalação de embarcações e helicópteros)	19.804	32.310
Service (embarcações de serviço e helicópteros)	97.262	43.019
Viagens de negócios (avião, carro e trem)	2.777	17.791
Avião	2.739	16.539
Carro	-	1.228
Trem	37	24
Deslocamento de funcionários	3.077	3.211

Tabela D.2- Emissão indiretas de CO2e por ano fiscal (Continuação)

<b>Categoria</b>	<b>Ano Fiscal 2021 (t CO2e)</b>	<b>Ano Fiscal 2022 (t CO2e)</b>
Categoria 4: Emissões indiretas de GEE de produtos utilizados por uma organização	6.376	15.210
Geração de resíduos em operações	6.376	5.917
Trabalho remoto	-	9.293
<b>Categoria</b>	<b>Ano Fiscal 2021 (t CO2e)</b>	<b>Ano Fiscal 2022 (t CO2e)</b>
Categoria 5: Emissões indiretas de GEE associadas ao uso de produtos da organização	0	0
Uso de produtos vendidos	0	0

Tabela D.3 - Indicadores emissão por ano fiscal

<b>Indicador</b>	<b>Ano Fiscal 2019 (Ano Base) t CO2e</b>	<b>Ano Fiscal 2020 t CO2e</b>	<b>Ano Fiscal 2021 t CO2e</b>	<b>Ano Fiscal 2022 t CO2e</b>
Emissões Diretas Totais de GEE ( <b>Escopo 1</b> )	26.437	26.052	26.788	20.597
Dióxido de carbono (CO2)	26.389	26.009	23.834	19.658
Metano (CH4)	0,41	0,43	0,43	0,3
Óxido nitroso (N2O)	0,14	0,12	0,14	0,1
Emissões Indiretas Totais de GEE ( <b>Escopo 2</b> )	44.262	1.857	2.017	2.116
Outras Emissões Indiretas Totais ( <b>Escopo 3</b> )	71.825	516.853	856.082	780.722
Viagens de negócios totais	9.739	5.101	2.777	17.917
Descarte de resíduos gerados em operações	3.061	10.666	6.376	5.694
Deslocamento de funcionários	4.841	3.041	3.077	3.211
Trabalho em casa (novo)	-	-	-	9.293
Transporte e distribuição	54.183	498.045	843.852	744.510
Uso de produtos vendidos	0	0	0	0
<b>TOTAL DE EMISSÕES DE GEE (Escopos 1, 2 e 3)</b>	<b>142.523</b>	<b>544.762</b>	<b>884.887</b>	<b>803.435</b>

**ANEXO E – SIEMENS GAMESA REPORTS**

**ANEXO F - BII NEE STIPA PROJECT DESIGN DOCUMENT**