



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL**  
**CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**CAMILA CASTELO BRANCO FERNANDES BATISTA**

**NEUTRALIDADE CARBONO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE  
MÉDIO PORTE NO NORDESTE BRASILEIRO**

**FORTALEZA**

**2022**

CAMILA CASTELO BRANCO FERNANDES BATISTA

NEUTRALIDADE CARBONO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE  
MÉDIO PORTE NO NORDESTE BRASILEIRO

Trabalho de conclusão do Curso de Graduação de Engenharia Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará como requisito à obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marisete Dantas de Aquino.

FORTALEZA  
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

B336n Batista, Camila Castelo Branco Fernandes.

Neutralidade carbono: um estudo de caso em uma empresa de médio porte no nordeste brasileiro / Camila Castelo Branco Fernandes Batista. – 2022.

60 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Ambiental, Fortaleza, 2022.

Orientação: Profa. Dra. Marisete Dantas de Aquino.

1. Mudanças climáticas. 2. Neutralidade carbono. 3. GHG Protocol. 4. Créditos de carbono. I. Título.

CDD 628

---

CAMILA CASTELO BRANCO FERNANDES BATISTA

NEUTRALIDADE CARBONO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE  
MÉDIO PORTE NO NORDESTE BRASILEIRO

Trabalho de conclusão do Curso de Graduação de Engenharia Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará como requisito à obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marisete Dantas de Aquino.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marisete Dantas de Aquino. (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Valquiria Melo Souza Correia  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

---

Prof.<sup>o</sup> Dr. Cleiton da Silva Silveira  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À Deus,  
À minha avó e mãe, minha família e  
amigos.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus ou a o que podemos chamar de singularidade que proporcionou a experiência única da vida.

À minha mãe e avó por terem me dado todo o carinho, oportunidade e amor que alguém pode receber.

Aos meus amigos por terem sido meu ponto de apoio em momentos difíceis e companheiros nos momentos de alegria, especialmente os do PET Ambiental e meus companheiros de Duplo Diploma, que levarei para a vida toda.

Aos meus professores por terem repassado todos os conhecimentos que tinham, especialmente à professora orientadora Marisete Dantas de Aquino e ao professor Cleiton Silveira pelo apoio incondicional nessa jornada.

E por fim a empresa que me proporcionou a oportunidade de realização desse projeto, que muito contribuiu para minha formação como engenheira.

"Nenhum outro planeta no sistema solar é uma boa casa para os seres humanos; temos esse mundo ou nada." Carl Sagan.

## RESUMO

Um dos maiores desafios do século XXI é a luta contra as mudanças climáticas, causadas pela exploração dos combustíveis fósseis pelas atividades humanas, intensificando processos físico-químicos como o efeito estufa, que põe em risco o sistema terrestre como conhecido. A partir dessa problemática, órgãos internacionais têm criado esforços e instrumentos que permitam aos Estados estratégias para combatê-la na fonte, ou seja, reduzindo suas emissões de Gases de Efeito Estufa, sendo um deles a neutralização das emissões. Entretanto, para que os países consigam atingir sua meta de emissões, faz-se necessária a participação do setor produtivo, privado e público, bem como diretrizes regulamentares e metodológicas, elaboradas pelo Estado, que apresente os benefícios e a importância da redução de GEE em sua cadeia produtiva. Dessa forma, este trabalho busca, primeiramente, fazer um levantamento de todos os instrumentos legais e metodológicos que possam orientar os setores de atividade a reduzirem suas emissões. Também é feito o levantamento das emissões de uma empresa de médio porte do setor de manufatura, utilizando a metodologia mais conhecida e estabelecida atualmente, chamada GHG Protocol. Como resultado, foi constatado que a principal fonte de emissões foi de Escopo 3 devido ao transporte do produto final por navios porta-contêineres, responsável por 99% do total de emissões, mas cuja mitigação não pode ser feita pela empresa por se tratar de uma emissão indireta. O restante 1% está dividido em 71% proveniente das emissões da caldeira e veículos, devido ao uso de combustíveis como o diesel e a lenha e 29% do uso de energia elétrica requerido pelo maquinário para as outras etapas de manufatura. Finalmente, as estratégias de neutralização propostas para as emissões diretas foram a mudança na fonte de consumo energético, a utilização de briquetes e a compra de créditos de carbono.

**Palavras-chave:** mudanças climáticas; neutralidade carbono; GHG Protocol; créditos de carbono.



## ABSTRACT

One of the greatest challenges in the 21st century is the fight against climate change, caused by exploitation of fossil fuels by the human activities, intensifying physical-chemical processes such as the greenhouse effect, which endangers the terrestrial system as we know it. From this issue, international organizations have gathered efforts and instruments that allow the countries to develop strategies to combat it in the source, that being, reducing their emissions of Greenhouse gases, one of them being the neutralization of these emissions. However, for these countries to achieve their emissions targets, it is necessary the participation of the productive sector, private and public, as well as regulatory and methodological guidelines, elaborated by each country, that present the benefits and the importance of GHG reduction in its production chain. That way, this article seeks, in a first moment, to survey all the legal and methodological instruments that can guide the sectors of activity to reduce their emissions. A survey of emissions from a medium-sized company in the manufacturing sector is also carried out, using the most well-known and currently established methodology, called the GHG Protocol. As a result, it was found that the main source of emissions was Scope 3's due to the transport of the final product by container ships, responsible for 99% of total emissions, but whose mitigation cannot be carried out by the company since it is an indirect emission. The remaining 1% is divided into 71% from boiler and vehicle emissions, due to the use of fuels such as diesel and wood, and 29% from the use of electrical energy required by machinery for the other stages of manufacturing. Finally, the neutralization strategies proposed for direct emissions were the change in the source of energy consumption, the use of briquettes and the purchase of carbon credits.

**Keywords:** climate change; carbon neutrality; GHG Protocol; carbon credits.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Principais emissores e suas fontes de emissão no ano de 2019 .....	17
Figura 2 - Principais setores emissores de CO <sub>2</sub> no Brasil. ....	18
Figura 3 - Princípio do Comércio de Emissões.....	19
Figura 4 - Evolução das emissões de créditos de carbono no Brasil entre 2002- 2021 .....	21
Figura 5 - Principais marcos legais na legislação brasileira sobre mudanças climáticas.....	27
Figura 6 - Seis passos para a elaboração do inventário GEE .....	28
Figura 7 - Visão geral dos escopos ao longo da cadeia de valor. ....	29
Figura 8 - Diferença entre os limites organizacionais e operacionais de uma dada empresa .....	32
Figura 9 - Visão geral das ferramentas de cálculo de GEE recomendadas pelo Programa Brasileiro GHG Protocol.....	34
Figura 10 - Etapas de um projeto de elaboração de inventário de Gases de Efeito Estufa .....	35
Figura 11 - Localização da empresa .....	38
Figura 12 - Ocorrência da produção de cera de carnaúba no Nordeste .....	39
Figura 13 - Diferença entre pó palha e pó olho e seus respectivos produtos. ....	40
Figura 14 - Ferramenta de cálculo GHG Protocol elaborada pela FGVces.....	41
Figura 15 - Fatores de Emissão do Sistema Interligado Nacional .....	46
Figura 16 - Distribuição das emissões da empresa segundo os Escopos.....	47
Figura 17 - Fontes de emissão do escopo 1 .....	48
Figura 18 - Emissões biogênicas e totais da fonte estacionária .....	49
Figura 19 - Sistema de transmissão do SIN .....	50
Figura 20 - Emissões de CO <sub>2</sub> x Produção para o ano de 2021 .....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Preço médio do crédito de carbono por categoria de projeto (2019).....	36
Tabela 2 - Fonte de dados para o cálculo das emissões GEE da empresa .....	43
Tabela 3 - Dados da atividade para o escopo 1 .....	44
Tabela 4 - Consumo mensal de energia elétrica em MWh .....	44
Tabela 5 - Dados para o cálculo das emissões de Escopo 3: Distribuição Downstream .....	45
Tabela 6 - Fatores de emissão para os dados de atividade .....	45
Tabela 7 - Potencial de Aquecimento Global para os gases em estudo.....	46
Tabela 8 - Projetos de mitigação escolhidos e investimento .....	54

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT NBR	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CCI	Câmara de Comércio e Indústria
CCX	Chicago Climate Exchange
CEBDS	Conselho Empresarial Brasileiro de Sustentabilidade
CER	Certified Emission Reduction
EEA	European Environmental Agency
EPA	Environmental Protection Agency
ERU	Emission Reduction Unit
FGVces	Fundação Getulio Vargas Centro de Estudos em Sustentabilidade
GEE	Gases de Efeito Estufa
GHG	Greenhouse Gases
IEA	International Energy Agency
IEMA	Instituto de Energia e Meio Ambiente
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
LULUCF	Land Use, Land Use Change and Forestry
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MDS	Mecanismo de Desenvolvimento Sustentável
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NDC	Nationally Determined Contributions
ONU	Organização das Nações Unidas
PNMC	Política Nacional Sobre Mudança do Clima
RCE	Reduções Certificadas de Emissões
RCE	Redução Certificada de Emissões
RMU	Removal Unit
RVE	Reduções Voluntárias de Emissões
SIN	Sistema Interligado Nacional
SINARE	Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
URE	Unidades de Redução de Emissão
WRI	World Resource Institute
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development

## SUMARIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>1.1 Objetivo</b> .....	16
<b>1.1.1 Objetivo geral</b> .....	16
<b>1.1.2 Objetivos específicos</b> .....	16
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	17
<b>2.1 Mudanças climáticas e o Mercado de Carbono</b> .....	17
<b>2.2 Comércio de Emissões (Emissions Trading)</b> .....	18
<b>2.3 Mudança no Uso da Terra e Silvicultura</b> .....	19
<b>2.4 Implementação Conjunta</b> .....	20
<b>2.5 Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)</b> .....	20
<b>2.6 O Mercado Voluntário</b> .....	21
<b>2.7 Escopo Legal e Normas Técnicas</b> .....	23
<b>2.8 Protocolo Gases Efeito Estufa (Greenhouse Gases Protocol)</b> .....	27
<b>2.9 Compensação</b> .....	36
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	37
<b>3.1 Localização</b> .....	37
<b>3.2 Descrição das atividades da empresa</b> .....	38
<b>3.3 Aplicação da metodologia GHG Protocol</b> .....	41
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	47
<b>4.1 Escopo 1</b> .....	48
<b>4.2 Escopo 2</b> .....	50
<b>4.3 Escopo 3</b> .....	51
<b>4.4 Incertezas</b> .....	52
<b>4.5 Iniciativas de neutralização das emissões</b> .....	52
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	55
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	56

## 1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas podem ser definidas como variações a longo prazo nos padrões de temperatura e clima (ONU, 2022). Tais mudanças são comuns nas passagens entre diferentes eras geológicas, sendo influenciadas por fatores naturais, como erupções vulcânicas, ciclos solares e a variação orbital do planeta terra.

Um exemplo seriam as variações de temperatura que ocorreram no final do paleoceno e início do eoceno, chamadas Máximo Termal Paleoceno-Eoceno (MTPE), com um aumento da temperatura média entre 5 e 8°C (MCINERNEY et al. 2011). Dentre as possíveis causas estão a liberação térmica de hidratos de metano ao longo das margens continentais ou de bacias vulcânicas, tendo como consequências o desencadeamento de um processo de efeito estufa. Esse processo gerou o aumento nos níveis e dinâmica dos mares e um processo de extinção em massa da fauna bentônica (ARRUDA, 2017).

No final do século XVIII e início do século XIX, teve início a Revolução Industrial, tendo como ponto de partida a criação das máquinas a vapor movidas a carvão, que permitiram a reinvenção completa nos setores de produção têxtil e deslocamento, representado pelas locomotivas e estradas de ferro. Na segunda metade do século XIX a segunda Revolução Industrial viria estabelecer as indústrias do aço, da eletricidade e do petróleo.

A partir de então a exploração dos combustíveis fósseis intensificou-se, especialmente com o desenvolvimento da indústria automobilística e a demanda crescente por eletricidade, e conseqüentemente a exploração de combustíveis fósseis como o carvão e gás natural, que geram o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>). Esses gases são causadores do efeito estufa, um processo natural e essencial à vida na terra em que a radiação infravermelha emitida pelo sol agita as moléculas desses gases, fazendo com que vibrem e absorvam o calor, para depois reemiti-lo de volta para a superfície da terra no mesmo comprimento de onda (FARMER et al., 2013).

Entretanto, em altas concentrações na atmosfera esses gases intensificam o processo de efeito estufa, aumentando a temperatura da superfície terrestre em níveis de risco às condições ambientais atuais e aos ecossistemas terrestres, como o crescimento do nível do mar devido ao derretimento de geleiras, que podem causar a inundação de cidades litorâneas ou a acidificação da água do mar pela dissolução do CO<sub>2</sub>, que causa a morte de corais e põe em risco ecossistemas marítimos.

Com a exploração crescente de combustíveis fósseis, aliado às mudanças no uso do solo, por meio do desmatamento de áreas florestais na atividade agrícola e intensificação da infraestrutura urbana, intensifica-se também o processo de efeito estufa em níveis alarmantes e, pela primeira vez, causado por fatores antrópicos.

Nesse contexto, o assunto foi objeto de discussão na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, realizada em 1992 no Rio de Janeiro, também chamada de Rio-92. Esse evento teve como marcos a definição do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), a assinatura por 175 países da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC), em que os governos reconheceram a gravidade e propunham uma estratégia global de combate às mudanças climáticas, e a criação do conceito de desenvolvimento sustentável, com o desenvolvimento da Agenda 21 (FIOCRUZ, 2018). Em 1997, o protocolo de Kyoto assentou os mecanismos econômicos necessários para orientar o mercado em direção ao desenvolvimento sustentável.

Finalmente, na 21ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (COP-21), realizada em 2015, foi criado o Acordo de Paris. Nele, 192 países e a União Europeia declararam o esforço para limitar as emissões de gases de efeito estufa em um aumento de somente 1,5°C na temperatura global, o que significa uma redução de 45% das emissões em 2030 e zero líquido em 2050 (ONU, 2022).

Esse acordo também estabelece as condições da implantação do Mecanismo de Desenvolvimento Sustentável (MDS), que permite ao setor privado, sendo ele o mais responsável, investir em projetos de redução de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e gerar as Reduções Certificadas de Emissões (RCEs), que podem ser comercializadas no mercado de carbono ou usadas no abatimento das metas de redução de emissões dos países signatários (UNFCCC, 2015). O Brasil, na qualidade de país signatário, também estabeleceu suas metas de redução, sendo elas 43% até 2030 e 100% em 2050 (UNFCCC, 2022), mas ainda não conta com um mercado regulamentado de créditos de carbono.

Para alcançar essa meta, faz-se necessária a participação do setor privado, especialmente a indústria, mas faltam incentivos e metodologias que estimulem as empresas a aderir a iniciativa de combate às mudanças climáticas. A metodologia mais conhecida e acessível atualmente, em nível global, é chamada GHG Protocol ou

Protocolo GEE, que ajuda empresas e cidades a estimar suas emissões através da criação de um Inventário de Gases de Efeito Estufa para então propor medidas de mitigação, redução e compensação dessas emissões. Aliada a um mercado regulado de carbono, essa iniciativa mostra o engajamento ambiental e social da empresa diante da sociedade, sua transparência diante dos acionistas e uma possível fonte de investimento.

O objetivo deste trabalho é avaliar como funciona o processo de criação de inventário de Gases de Efeito Estufa em uma empresa de médio porte no Ceará, descrevendo a metodologia atualmente utilizada por empresas que optam por neutralizar suas emissões, e quais motivações e benefícios são atingidos no final do processo.

## **1.1 Objetivo**

### ***1.1.1 Objetivo geral***

Descrever o processo de inventário de Gases de Efeito Estufa em uma empresa no nordeste cearense.

### ***1.1.2 Objetivos específicos***

- Levantar os aspectos metodológicos e legais que envolvem neutralização de carbono;
- Descrever a metodologia utilizada para o levantamento do inventário de gases de efeito estufa da empresa;
- Analisar as estratégias de neutralização das emissões disponíveis atualmente;
- Avaliar as vantagens e desvantagens do processo, levando em consideração o porte e as características da empresa;



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

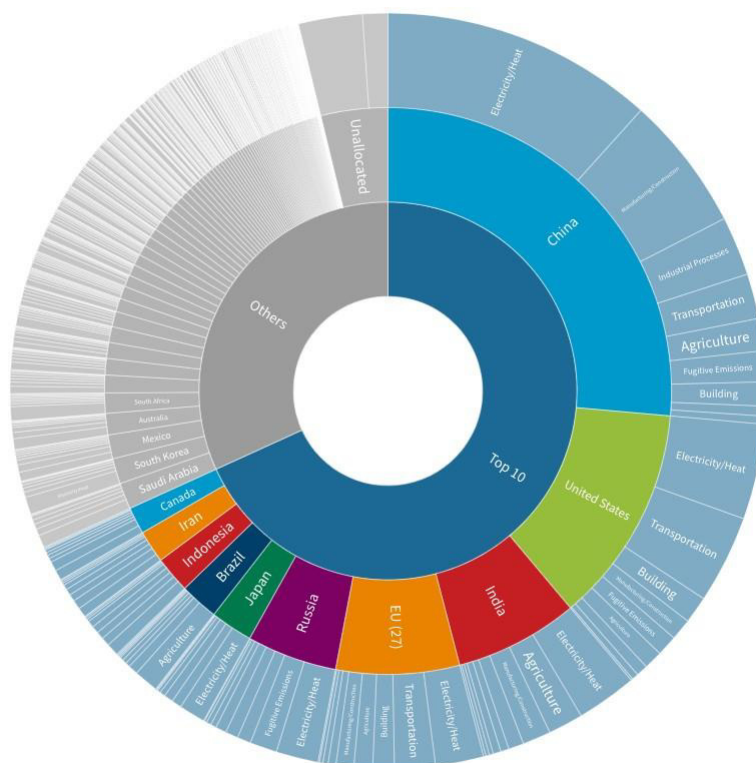
### 2.1 Mudanças climáticas e o Mercado de Carbono

O processo de mudanças climáticas do século XXI tem como fonte principal a atividade antrópica, principalmente a atividade industrial. Como mostra a Figura 1, os setores da eletricidade, transporte e manufatura contribuem largamente no aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera.

Dessa forma, reduzir as emissões de gases requer grandes recursos financeiros e investimentos sólidos em infraestrutura. Segundo o Banco Mundial, para transformar a economia em direção à sustentabilidade, os investimentos necessários de infraestrutura até 2030 estariam na casa dos US \$90 trilhões e com um retorno de quatro vezes o valor do investimento (WORLD BANK, 2020).

Figura 1 - Principais emissores e suas fontes de emissão no ano de 2019.

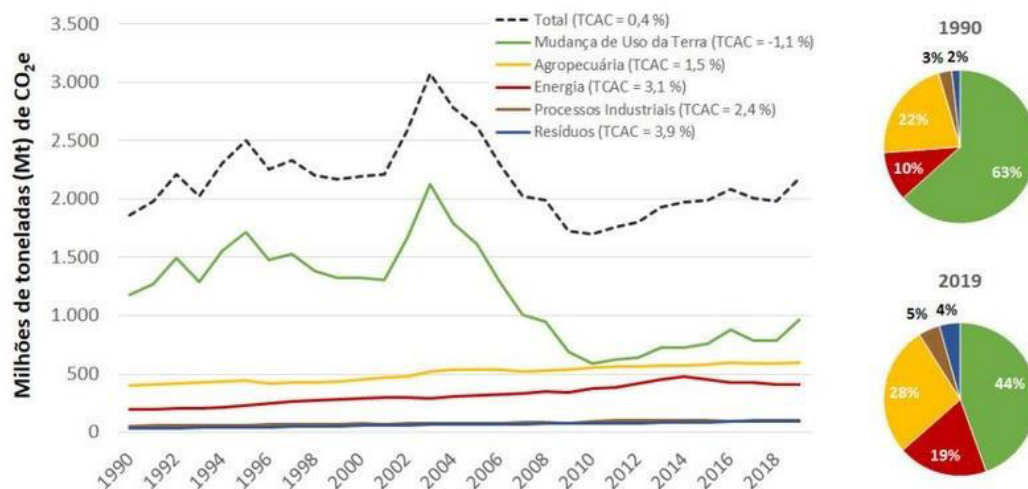
**The Top 10 GHG Emitters Contribute Over Two-Thirds of Global Emissions**  
Explore the Latest Global Greenhouse Gas Emissions Data on Climate Watch



Source: Global GHG Emissions 2019 excluding LUCF. Climate Watch • The EU 27 is considered a country.  
\*Bunker fuels include international aviation and shipping that are not included in country totals. Other territories include regions not covered by Climate Watch country data. See Climate Watch for country level land-use change and forestry and bunker fuel emissions.  
Fonte: Climate Watch, 2022

No Brasil, o principal setor responsável pela emissão de GEE é a mudança do uso da terra, ou seja, o desmatamento e a agropecuária, responsáveis por 72% das emissões totais no ano de 2019, como mostrado na Figura 2 (IEMA, 2020).

Figura 2 - Principais setores emissores de CO<sub>2</sub> no Brasil.



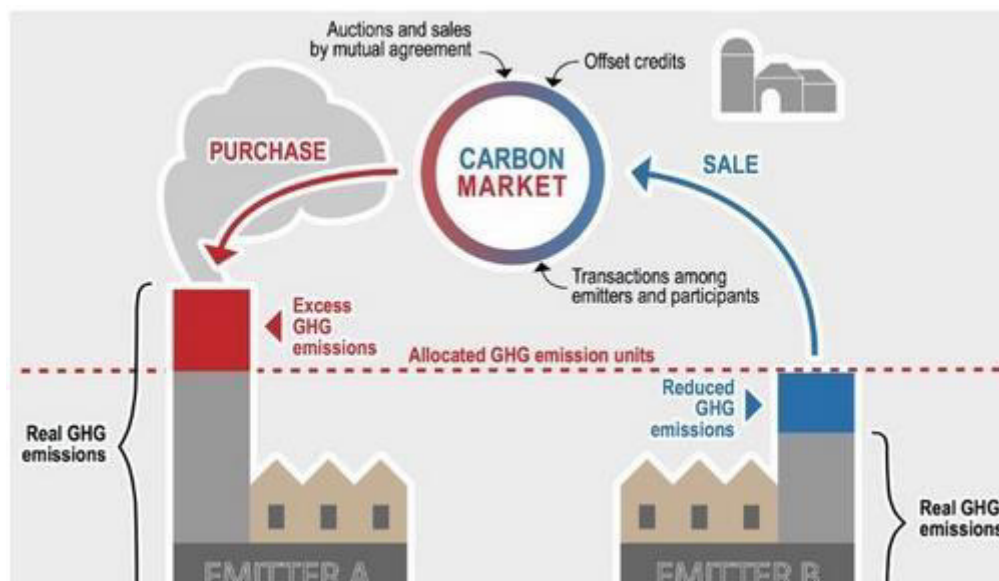
Fonte: Instituto de Energia e Meio Ambiente, 2020

A orientação para a mudança de paradigmas na economia, visando o combate à crise climática levou com que em 1997, alguns mecanismos fossem criados pela UNFCCC, no qual o documento base é o Protocolo de Kyoto. Chamados de *based-market mechanisms* (Mecanismos Baseados no Mercado - Market-Based Mechanisms) são eles:

## 2.2 Comércio de Emissões (Emissions Trading)

Estabelecido no artigo 17 do Protocolo de Kyoto ele permite a emissão de créditos por parte de países, empresas e organizações que tenham unidades de emissão sobrando, ou seja, emissões que são permitidas, mas não utilizadas, os vendam a países cujas emissões estão acima da linha de base (baseline) estabelecida pela Nationally Determined Contributions - NDC, ou seja, seu limite de emissões. O resultado é a emissão líquida zero de carbono (net zero) e o chamado 'mercado de carbono'. Esse mecanismo transforma os créditos em uma commodity, precificada e comercializada (UNFCCC, 2018). O esquema é ilustrado na Figura 3:

Figura 3 - Princípio do Comércio de Emissões



Fonte: Quebec, 2017.

A unidade de remoção, equivale a uma tonelada de CO<sub>2</sub> cada e podem ser divididas em três categorias: Uma unidade de remoção (Removal Unit - RMU) com base em atividades de mudança no uso na terra e silvicultura (Land Use, Land Use Change and Forestry - LULUCF), como reflorestamento; a unidade de redução de emissões (Emission Reduction Unit - ERU), gerada por um projeto de implementação conjunta; e a redução certificada de emissões (Certified Emission Reduction - CER), gerada a partir de um projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. Aquisições e transferências de unidades são registradas através do sistema de registro do Protocolo de Kyoto.

### 2.3 Mudança no Uso da Terra e Silvicultura

A Convenção Quadro das Nações Unidas Sobre a Mudança do Clima estabelece que “qualquer processo, atividade ou mecanismo que remova um gás de efeito estufa da atmosfera é chamado de “sumidouro” (UNFCCC, 2018). A unidade de remoção com base em atividades de mudança no uso da terra e silvicultura é baseada nas atividades humanas que impactam os sumidouros terrestres, por meio das atividades de uso da terra, mudança de uso da terra e silvicultura (LULUCF), já que alteram a troca de CO<sub>2</sub> entre o sistema da biosfera terrestre e a atmosfera, como a ampliação de áreas verdes e o reflorestamento (UNFCCC, 2018).

## 2.4 Implementação Conjunta

Esse mecanismo, definido no artigo 6 do Protocolo de Kyoto, permite que um país com metas de redução ou limite de emissões, segundo as diretrizes do Protocolo de Kyoto, obtenha unidades de redução de emissão (UREs) a partir de um projeto de redução de emissões, implementado por outra organização estabelecida como Parte no Protocolo, ou seja, em outro país. Cada URE equivale a uma tonelada de CO<sub>2</sub> que pode ser contabilizada em sua meta de redução de emissões de GEE.

Esse mecanismo permite que um país cumpra com os compromissos fixados no Protocolo, enquanto o outro se beneficia de investimento estrangeiro e inovação tecnológica.

## 2.5 Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)

Definido no artigo 12 do Protocolo, esse mecanismo permite que um país com compromisso de redução ou limitação de emissões sob o Protocolo de Kyoto crie um projeto de redução de emissões em países em desenvolvimento. Esses projetos então ganharão créditos comercializáveis chamados de Redução Certificada de Emissões (RCE), que equivalem a uma tonelada de CO<sub>2</sub> e podem ser contabilizados no cumprimento das metas de redução (UNFCCC, 2012).

Esses projetos são divididos de acordo com seu objetivo, sendo alguns deles: A geração de energia limpa, projetos de conservação e reflorestamento, indústria química, manuseio e descarte de resíduos.

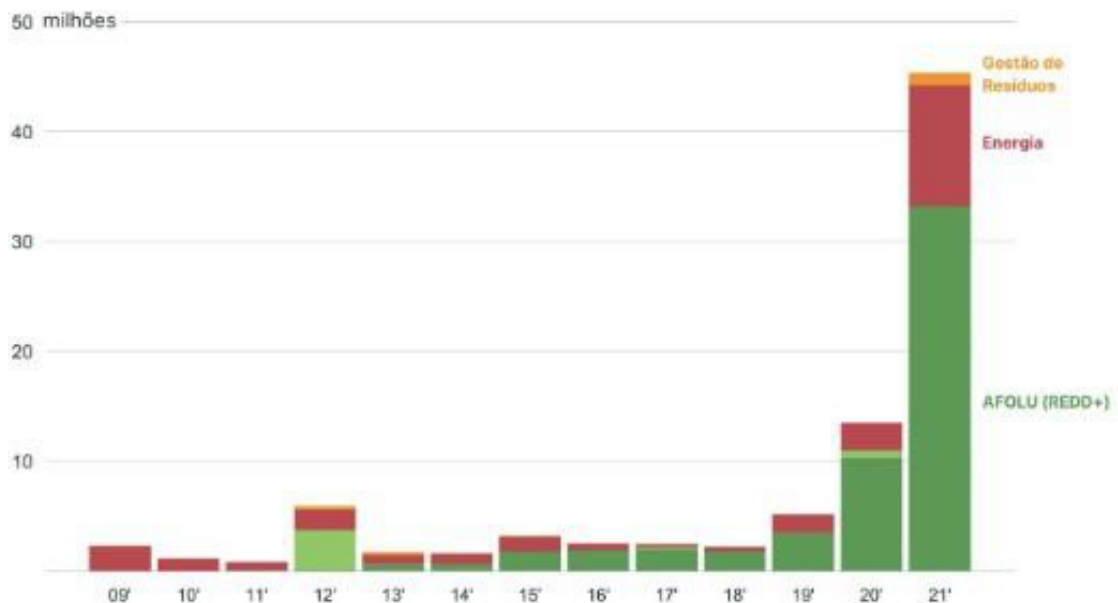
O mercado de carbono é definido por Peters-Stanley e Yin (2013) como a “compra e venda de licenças para emissões (direito de poluir) ou reduções de emissões (*offsets*) que foram respectivamente ou distribuídos por um órgão regulatório ou gerados por projetos de redução de emissões de GEE”.

O Protocolo de Kyoto representa o mercado regulado, também chamado de ‘compliance’, na qual os países têm metas de redução a serem atendidas e onde ocorre a negociação dos créditos provenientes de projetos MDL por parte da ONU.

De acordo com os dados UNFCCC, o Brasil possui posição de destaque no MDL, sendo o terceiro país em projetos registrados e o quarto país em quantidade de CERs gerados, contando com 354 projetos MDL registrados desde a sua implementação, com uma geração de créditos de carbono compatíveis com a redução de aproximadamente 160 milhões de tCO<sub>2</sub>e entre 2005 e 2021 (FGV EESP, 2022; UNFCCC, 2021). A Figura 4 mostra a evolução das emissões de créditos de carbono

no Brasil no período entre 2002 à 2021.

Figura 4 - Evolução das emissões de créditos de carbono no Brasil entre 2002-2021.



Fonte: FGV EESP, 2022

No Brasil, a responsável pela avaliação e o cumprimento da legislação aplicável dos projetos MDL é a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima, estabelecida como instrumento de atuação política pela Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, também conhecida como a Política Nacional Sobre Mudança do Clima (PNMC) sendo criada a partir do decreto presidencial de 7 de julho de 1999. Essa comissão tendo como presidente o ministro da Ciência, Tecnologia e Inovações e como vice-presidente o ministro do Meio Ambiente, e conta com o apoio de outros ministérios em seu processo de tomada de decisão.

## 2.6 O Mercado Voluntário

Entretanto, para metodologias de pequena escala, não viáveis, do ponto de vista econômico, que não atendem aos critérios estabelecidos pelo MDL ou que já computaram créditos retroativos, ou seja, antes do seu registro, a solução é o chamado Mercado Voluntário, que opera de forma alternativa e similar ao mercado regulado, negociando os créditos de carbono provenientes, aqui chamados de Reduções Voluntárias de Emissões (RVE), de atividades de redução de GEE em países em desenvolvimento (PAIVA et al., 2015).

O mercado voluntário apresenta como diferenças em relação ao mercado regulado uma maior amplitude de atores envolvidos (tanto implementadores, como compradores), podendo eles ser do setor privado, ONGs e indivíduos; o duplo objetivo de redução de emissões GEE e a geração de co-benefícios, definido como benefícios adicionais, ambientais e sociais, gerados pelo projeto de redução de carbono (Boyd et al, 2009; Peters-Stanley, Yin, 2013). Ademais, possui uma estrutura menos burocrática que a da ONU, beneficiando também países de baixa renda e projeto em pequena escala (Taiyb, 2005). O mercado voluntário mais importante do mundo é o Chicago Climate Exchange (CCX), nos Estados Unidos.

Muitos países também desenvolvem mercados de ordem interna, voltado para a comercialização de crédito por parte de empresas ou setores de atividades. Segundo o Conselho Empresarial Brasileiro de Sustentabilidade (CEBDS, 2021) esses mercados podem funcionar adotando metas relativas usando intensidades de carbono, ou metas absolutas, nesses chamados sistemas cap-and-trade (limitar e negociar) ou 'emissions trading system' (sistema de comércio de emissões. Esse é o funcionamento do EU Trading System, na União Europeia, e Califórnia Low Carbon Fuel Standard, no estado da Califórnia, Estados Unidos.

É possível também perceber uma crescente mobilização de agências governamentais no oferecimento de incentivos fiscais em troca da implantação de iniciativas sustentáveis no ramo empresarial. Nos Estados Unidos, a Environmental Protection Agency (EPA) desenvolve iniciativas de energia e cadeia de suprimentos que busca dar apoio e desenvolver as iniciativas de sustentabilidade em pequenas e médias empresas (EPA, 2022). A Câmara de Comércio e Indústria (CCI) na França também estabelece iniciativas voltadas para a sustentabilidade, tendo como alvo as pequenas e médias empresas, como a obrigatoriedade da realização do inventário de emissões simplificado para empresas com mais de 50 empregados e beneficiárias de auxílios ambientais (CCI, 2021).

De uma perspectiva da indústria, Gallego-Alvárez et al. (2015) analisaram que a redução de emissões de gás carbono trazem vantagens competitivas no setor empresarial, e que estratégias ambientais proativas, como o controle da poluição, podem levar ao desenvolvimento de capacidades específicas dentro da empresa, melhorando sua reputação e abrindo novas oportunidades de mercado.

No Brasil, a regulamentação do mercado de carbono tem recente implantação, por meio do decreto Nº 11.075 de 19 de maio de 2022, que estabelece os

procedimentos para a elaboração dos Planos Setoriais de Mitigação das Mudanças Climáticas e institui o Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa; entretanto, o sistema não é classificado como cap-and-trade e estabelece que as metas serão voluntárias e definidas pelos setores ou empresas interessadas.

Entretanto, incentivos à sustentabilidade como tributação sobre produtos danosos ao meio ambiente ou iniciativas de Pesquisa e Desenvolvimento ainda é baixa, representando menos de 2% das taxações totais (KPMG, 2017), e incentivos fiscais são raros, à exemplo o IPTU verde, que gera a dedução do imposto de renda em imóveis que apresentam iniciativas sustentáveis, e que beneficia pessoas e empresas em algumas cidades do país, a depender da sua legislação municipal. Entretanto, a lacuna também pode oferecer um espaço para a implantação de novas tecnologias ambientais e inovação.

## **2.7 Escopo Legal e Normas Técnicas**

### ***2.7.1 Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC) - Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009***

Atualmente, o principal documento que dispõe sobre as mudanças climáticas em âmbito legislativo e federal é a Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009 (BRASIL, 2009), que institui a Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC), que tem como alguns de seus objetivos a compatibilização do desenvolvimento social com a proteção do sistema climático, a redução das emissões de GEE em relação às suas diferentes fontes, ao fortalecimento de sumidouros de emissões em território nacional, como mostra o artigo 4º da dita lei :

Art. 4º A Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC visará:

I - à compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a proteção do sistema climático;

II - à redução das emissões antrópicas de gases de efeito estufa em relação às suas diferentes fontes;

IV - ao fortalecimento das remoções antrópicas por sumidouros de gases de efeito estufa no território nacional;

V - à implementação de medidas para promover a adaptação à mudança do clima pelas 3 (três) esferas da Federação, com a participação e a colaboração dos agentes econômicos e sociais interessados ou beneficiários, em particular aqueles especialmente vulneráveis aos seus efeitos adversos;

VI - à preservação, à conservação e à recuperação dos recursos ambientais,

com particular atenção aos grandes biomas naturais tidos como Patrimônio Nacional;

VII - à consolidação e à expansão das áreas legalmente protegidas e ao incentivo aos reflorestamentos e à recomposição da cobertura vegetal em áreas degradadas;

VIII - ao estímulo ao desenvolvimento do Mercado Brasileiro de Redução de Emissões - MBRE.

A lei ainda estabelece os instrumentos da PNMC, dentre eles o Plano Nacional sobre Mudança do Clima, o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, desenvolvimento de linhas de pesquisa, além de linhas de crédito e financiamento e medidas fiscais e tributárias que estimulem entres públicos e privados a reduzir suas emissões mediante alíquotas diferenciadas, isenções, compensações e incentivos, por exemplo.

Entretanto, a PNMC não estabelece e não se aprofunda quanto aos pontos referentes a um mercado de carbono, como determinações de regulação das operações ou regulamenta as diretrizes e a criação de um mercado cap-and-trade. Ademais, não dispõe quanto aos itens de infraestrutura essenciais à criação de um mercado quanto ao uso de unidades negociáveis e fungíveis representativas de direitos de emissão para o cumprimento, de limites preestabelecidos de emissão; à criação de um sistema de registro para contabilizar e rastrear transações destas unidades, e à designação de uma ou mais autoridades para operar e/ou supervisionar tal sistema. (LOPES et al., 2015)

O principal agente regulador e tomador de decisões da PNMC é o comitê interministerial do Clima, regido atualmente pelo decreto nº 10.845, de 25 de outubro de 2021.

### ***2.7.2 Decreto Federal nº 9.578 de 22 de novembro de 2018***

O Decreto Federal nº 9.578, por sua vez, é o substitutivo do Decreto nº 7.390. Ambos regulamentam a PNMC, determinando os planos de ação para a prevenção e controle do desmatamento nos biomas, fazendo projeções quanto à redução de emissões dos planos setoriais de mitigação e de adaptação à mudança do clima.

O artigo 3º da seção I determina a existência de plano setoriais já existentes, como da siderurgia, agricultura e energia, o que lança as bases de uma redução de emissões baseada por setor, o que favorece a criação do mercado cap-and-trade e



serve de referência para os planejamentos estratégicos das atividades econômicas em âmbito federal.

Finalmente, seu artigo 19º define as metas de redução de emissões em 2020, ações a serem implementadas, definição de indicadores para o monitoramento e avaliação de sua efetividade, proposta de instrumentos de regulação e incentivo para a implementação do plano e estudos setoriais de competitividade de custos e impactos (BRASIL, 2018).

### **2.7.3 Decreto Federal nº 11.075, de 19 de maio de 2022**

Esse decreto institui do Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa - Sinare, que tem como objetivo servir de central única de registro de emissões, remoções, reduções e compensações de gases de efeito estufa e de atos de comércio, de transferências, de transações e de aposentadoria de créditos certificados de redução de emissões (BRASIL, 2022), ou seja, lança as bases para a regulamentação de um mercado de carbono, por meio da precificação, padronização e registro das emissões, que fica sob responsabilidade do Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Economia.

Ademais, ele estabelece os procedimentos para a elaboração dos Planos Setoriais de Mitigação das Mudanças Climáticas, que terão seus prazos e as regras de atualização estabelecidos pela NDC brasileira. Entretanto, o decreto não dá maiores detalhes ou se aprofunda quanto a quais critérios devem ser estabelecidos na elaboração dos Planos Setoriais e, na característica de um decreto, tem menos solidez que uma lei.

### **2.7.4 Municipal - Lei Ordinária nº 10.586 de 13 de junho de 2017**

Em nível municipal, para a cidade de Fortaleza, a lei nº 10.586 dispõe sobre a política de desenvolvimento urbano de baixo carbono em Fortaleza, e tem como objetivo assegurar a contribuição do Município de Fortaleza no cumprimento dos propósitos da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (Art 6º), o artigo 2ºe ainda:

Artigo 2º :

III - construir uma cidade resiliente aos efeitos inevitáveis das mudanças do clima nas dimensões institucional, social/comunitária, ambiental e de infraestrutura urbana, estimulando e fortalecendo a organização e integração entre os entes da Federação, as instituições públicas e da sociedade civil, e a população em geral, priorizando as comunidades mais vulneráveis aos

efeitos das mudanças climáticas, de modo a desenvolver uma capacidade adaptativa e de redução dos riscos urbanos;

O Artigo 8º estabelece as metas de redução de GEE, utilizando 2012 como ano base, é de 15,5% (quinze vírgula cinco por cento) até 2020 e 20% (vinte por cento) em 2030, enquanto o Artigo 10º elabora as estratégias, abrangendo os setores de transporte e mobilidade urbana, energia, resíduos e a construção civil e desenvolvimento urbano sustentável (FORTALEZA, 2017). A lei, entretanto, não entra em detalhes sobre a participação do setor privado na elaboração de inventários e criação de metas de redução, focando sobretudo nas atividades públicas.

### **2.7.5 ISO 14064:2018**

Essa norma estabelece as diretrizes técnicas para o desenvolvimento, relato e gerenciamento de inventários de gases de efeito estufa, além de orientações na mitigação das emissões e sobre a compra e venda de créditos de carbono (LOPES, 2015). Ainda de acordo com o autor, a norma divide-se em três:

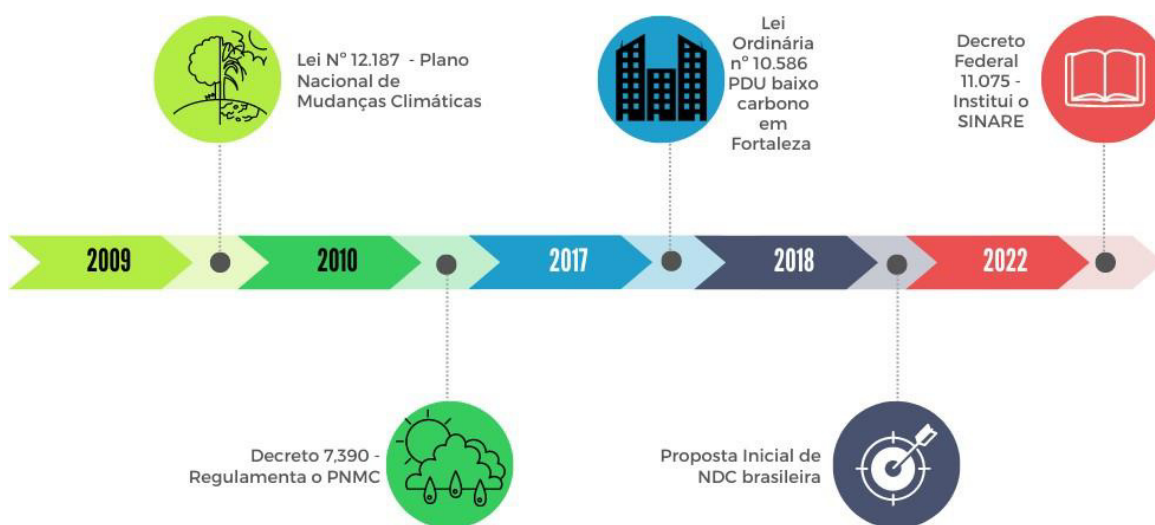
- Parte 1: “Gases de Efeito Estufa: especificação com orientações de quantificação e reporte de emissões de gases de efeito estufa e transferências para organizações”.
- Parte 2: “Gases de Efeito Estufa: especificação com orientações de quantificação, monitoramento e reportagem da redução das emissões de gases de efeito estufa e aumento de transferências para projetos”.
- Parte 3: “Gases de Efeito Estufa: especificação com orientações para a validação e verificação das declarações de gases de efeito estufa”.

A norma tem como base o Corporate Standard do GHG Protocol, mas enquanto este tem mais foco na metodologia de cálculo, a norma busca ampliar o escopo da elaboração do inventário, especialmente por incluir as medidas de mitigação e diretrizes para o mercado de créditos de carbono.

Por se tratar de uma ISO, a norma permite um nivelamento dos projetos e ativos gerados e uma padronização nas metodologias de elaboração, cálculo e declaração do inventário. (Lopes, 2015). No Brasil, a norma foi adaptada pelo Comitê Brasileiro de Gestão Ambiental em 2007.

Uma linha do tempo descrevendo os marcos legais importantes para o combate às mudanças climáticas está evidenciado na Figura 5:

Figura 5 - Principais marcos legais na legislação brasileira sobre mudanças climáticas.



Fonte: Adaptado de TALANOA, 2020

## 2.8 Protocolo Gases Efeito Estufa (Greenhouse Gases Protocol)

O GHG Protocol, desenvolvido a partir da parceria entre o World Resource Institute (WRI), e o World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), é uma metodologia de cálculo de emissões de gases de efeito estufa de diversos setores de atividades, cadeias de valor e ciclo de vida do produto, feito de maneira abrangente e adaptável para a realidade de cada país e compreende registros e relatórios para os impactos dos seis gases de efeito de estufa, contemplados pelo Protocolo de Kioto: Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs), e hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>). O procedimento está descrito nas Normas Corporativas de Transparência e Contabilização (WRI, 2005).

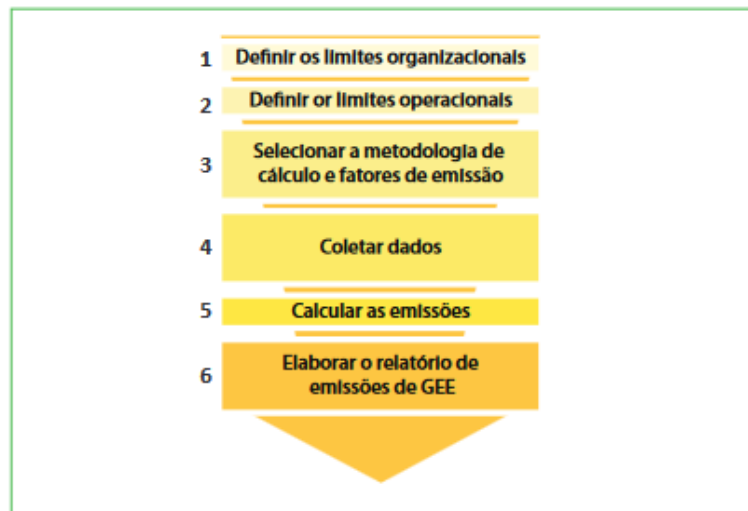
No Brasil, além do WRI e o WBCSD, a implementação do Programa é uma iniciativa do Centro de Estudos em Sustentabilidade, da Fundação Getulio Vargas (FGVces) em parceria com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), e o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS). (MONZONI, 2008).

Dentre os principais benefícios do programa, estão: a vantagem competitiva de calcular as emissões, garantindo a sustentabilidade dos negócios e a melhorias das

eficiências; melhoria nas relações com o público de interesse através da transparência dos dados; o registro histórico de dados que podem ser considerados sob normas e regulamentos eventualmente adotados no futuro, e finalmente a possibilidade de participação da empresa ou atividade no mercado de carbono (CETESB, 2009). A elaboração do inventário de GEE segue a estrutura mostrada na Figura 6:

Figura 6 - Seis passos para a elaboração do inventário GEE.

#### Seis passos para elaboração do inventário de GEE



Fonte: CETESB, 2009

#### 2.8.1 Definição dos limites organizacionais

A primeira etapa na elaboração do inventário GEE consiste na definição dos limites organizacionais que devem ser considerados, se em relação à participação societária ou o controle da empresa, seguindo as abordagens seguintes:

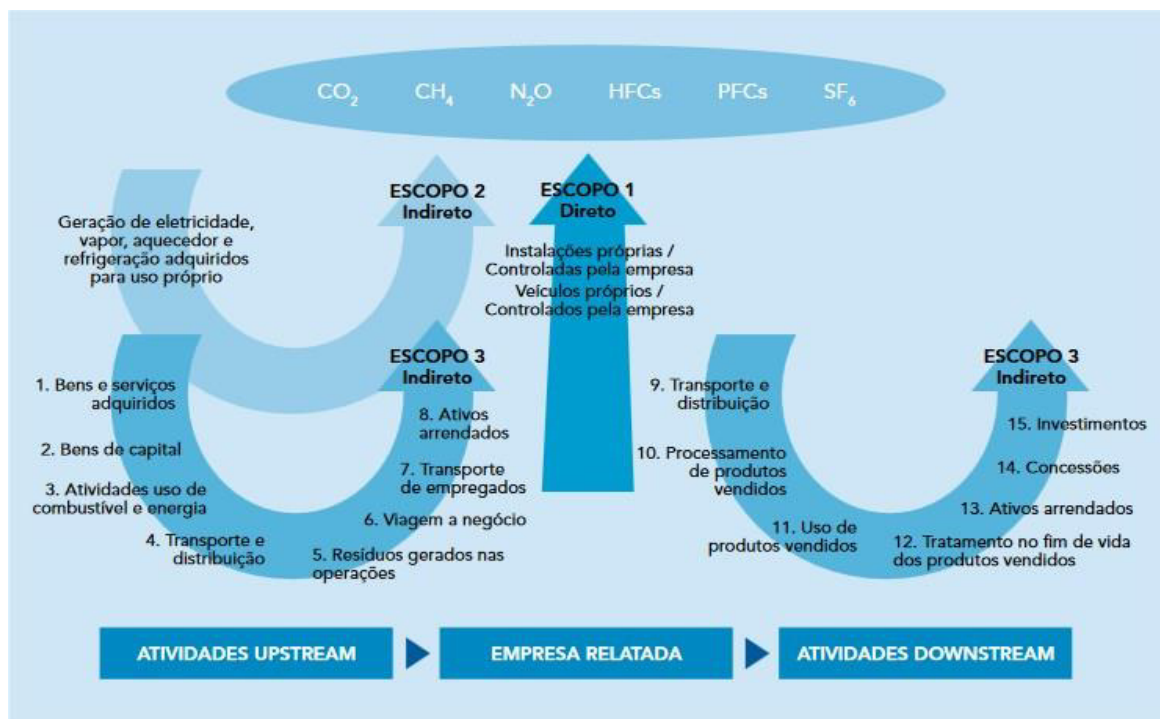
- Abordagem da participação societária: O registro das emissões de uma empresa é feito refletindo a porcentagem de participação da empresa na operação e, desse modo, sua parte da divisão de riscos e recompensas. Caso isso não ocorra, prevalece a participação econômica da empresa na operação.
- Abordagem de controle operacional: É aquela em que a empresa responde por 100% das emissões de GEE das operações que controla, mas não responde pelas emissões provenientes de operações em que tem alguma participação, porém não detém o controle.

No controle operacional é constatado que a empresa ou uma de suas subsidiárias tem autoridade total para introduzir e implementar suas políticas na operação. Nessa abordagem, a empresa responde por todas as emissões das operações sobre as quais tem o controle direto ou por meio de subsidiárias. O fato de deter o controle operacional não significa, entretanto, que a empresa tem autoridade para tomar todas as decisões referentes à operação, como no caso de grandes investimentos de capital que irão demandar a aprovação de todos os sócios que detêm o controle financeiro conjunto.

## 2.8.2 Definição dos limites operacionais

Após a definição dos limites organizacionais, a empresa identifica seus limites operacionais, ou seja, as fontes de emissão associadas a suas operações, classificando-as em diretas ou indiretas, a depender do seu nível de controle e poder de ação no controle dessas emissões. As diretas são aquelas as quais a empresa controla e as indiretas são resultantes de atividades que estão dentro da cadeia de valor da atividade, mas são realizadas por outras empresas (serviços terceirizados, por exemplo), como mostra a Figura 7:

Figura 7 - Visão geral dos escopos ao longo da cadeia de valor.



Fonte: Assis et al., 2020

A classificação de uma emissão como direta ou indireta depende da abordagem de consolidação (participação societária ou controle operacional) selecionada para estabelecer os limites organizacionais (MONZONI, 2008).

### **Escopo 1 : Emissões diretas**

Segundo a FGV (FGVces, 2018) as fontes de emissão direta da empresa contabilizam:

- Combustão estacionária (queima de combustível para geração de trabalho térmico em fornos, caldeiras e turbinas);
- Combustão móvel (a energia gerada é utilizada para movimentar um veículo e percorrer um trajeto);
- Processos industriais (transformação químico ou física de algum material, não proveniente da queima de combustível);
- Resíduos sólidos e efluentes líquidos (emissões de GEE provenientes do tratamento de resíduos sólidos ou efluentes líquidos);
- Fugitivas (liberações de GEE não intencionais por meio de extintores de incêndio e fluidos fugitivos do sistema de refrigeração);
- Agrícolas e mudanças no solo (emissões não mecânicas da atividade de agricultura);

O uso de biomassa como fonte de combustível deve ser declarado separadamente, pois o CO<sub>2</sub> liberado na combustão de biomassa é igual ao CO<sub>2</sub> retirado da atmosfera durante o processo de fotossíntese e, dessa forma, é possível considerá-la “carbono neutro” (MONZONI, 2008).

### **Escopo 2 : Emissões indiretas de GEE de eletricidade**

Aqui são contabilizadas as emissões provenientes da eletricidade adquirida ou consumida pela empresa, sendo adquirida toda aquela que for comprada ou trazida para os limites organizacionais da empresa.

As emissões de Escopo 2 serão calculadas primeiramente a partir do consumo de eletricidade e específicas do fornecedor, da rede local ou de outros fatores de emissão publicados.

De acordo com a norma técnica de Diretrizes para a Contabilização de Emissões de Escopo 2 (FGVces, 2019) o GHG Protocol utiliza duas abordagens no

cálculo das emissões do Escopo 2:

- Baseada na localização (location-based): Utiliza a média de emissões para a geração de energia de um determinado sistema elétrico, no caso do Brasil, o Sistema Interligado Nacional (SIN).
- Baseado na escolha de compra: Utiliza o fator de emissão específico associado a cada fonte de geração de eletricidade que a organização consome. Ou seja, quando a compra é feita no mercado livre de energia em relação à energias renováveis, por exemplo (FGVces, 2019).

### **Escopo 3** : Outras emissões indiretas da empresa

Todas as emissões indiretas, ou seja, que não pertencem e não podem ser controladas pela empresa, mas são consequências de suas atividades. Algumas das atividades consideradas (desde que não sejam diretas):

- Atividades *upstream*: emissões indiretas relacionadas a bens ou serviços comprados ou adquiridos – bens e serviços comprados, bens de capital, atividades relacionadas a energia não inclusas nos escopos 1 e 2, transporte e distribuição, resíduos gerados na operação (tratamento ou disposição final por terceiros), viagens e negócios, deslocamento de funcionários, bens arrendados;
- Atividades *downstream*: emissões indiretas relacionadas a bens e serviços que não foram adquiridos ou comprados – transporte e distribuição, processamento de produtos vendidos, uso de bens e serviços vendidos, tratamento de fim de vida dos produtos vendidos, bens arrendados em que a organização é a arrendadora, franquias e investimentos. (FGVces, 2018)

Esse escopo permite à empresa fazer um juízo acerca de sua cadeia de valor e produção, identificando parceiros e insumos, de modo a revelar oportunidades de ganho em eficiência e redução de custos. Sendo o mais subjetivo dos escopos, ele conta com o princípio da relevância, em que apenas as emissões indiretas mais importantes são levadas em consideração no cálculo, sendo elas baseadas em termos de: a proporção em relação à proporção total de emissões; riscos para a imagem da empresa; preocupação por parte dos tomadores de decisão e acionistas ou podem ter caráter benéfico. (CETESB, 2009)





como a do IPCC (IPCC, 2006), International Energy Agency (IEA, 2021) e European Environmental Agency (EEA, 2019). No Brasil, os fatores de emissão são disponibilizados pela FGVces dentro da ferramenta de cálculo, devidamente referenciados.

#### **2.8.4 Coleta de dados da atividade**

Ainda segundo a metodologia GHG Protocol, as emissões são calculadas de acordo com base em um balanço de massa ou uma base estequiométrica específica a uma unidade de massa ou a um processo (MONZONI, 2008). Isso se deve às limitações financeiras e técnicas de medições diretas de emissões. Os critérios estabelecidos para a coleta de dados em cada escopo são:

- **Escopo 1:** Serão calculados com base na quantidade de combustíveis adquiridos.
- **Escopo 2:** Calculada por meio de métricas obtidas pelo consumo de eletricidade e específicas do fornecedor, rede local ou de fatores de emissão publicados
- **Escopo 3:** Calculadas pelos dados de atividade, como utilização de combustível, milhas de voo etc.

#### **2.8.5 Calcular as emissões**

Nesta etapa as emissões serão finalmente calculadas, levando em consideração os dados de emissões da empresa coletados e os fatores de emissão. Isso se dará por meio da ferramenta de cálculo, utilizada para garantir a confiabilidade dos dados do inventário, sendo desenvolvida e revisada por especialistas e constantemente atualizada. Há quatro categorias principais de ferramentas de cálculo segundo o GHG Protocol:

- Ferramentas intersetoriais – são as que podem ser aplicadas a diferentes setores, uma delas sendo a ferramenta intersetorial desenvolvida pelo Programa Brasileiro, como mostra a Figura 9;
- Ferramentas setoriais específicas – são aquelas projetadas para calcular emissões em setores de atividade específicos, como alumínio, ferro e aço, cimento, petróleo e gás, celulose e papel etc., disponibilizadas pelo GHG Protocol em seu site oficial;

- Ferramentas específicas de país: São aquelas especialmente desenvolvidas para a realidade de um país, geralmente em desenvolvimento, como China, México e Índia, também disponibilizadas no site oficial do GHG Protocol;
- Ferramentas para países e cidades: Ferramenta desenvolvida pelo GHG Protocol para que cidades e países possam levantar suas emissões e alcançar suas metas;

Figura 9 - Visão geral das ferramentas de cálculo de GEE recomendadas pelo Programa Brasileiro GHG Protocol.

PARTE DA FERRAMENTA DE CÁLCULO INTERSETORIAL		PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS
Ferramenta intersetorial Programa Brasileiro GHG Protocol (www.fgv.br/ces/ghg)	Combustão estacionária	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calcula emissões diretas e indiretas resultantes da queima de combustíveis em equipamentos estacionários</li> <li>Oferece fatores-padrão de emissão médios do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) e da US Environmental Protection Agency (EPA) para combustíveis e do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) para energia elétrica</li> <li>Considera as % de biocombustíveis nos combustíveis nacionais</li> </ul>
	Combustão móvel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calcula emissões diretas e indiretas resultantes da queima de combustíveis em fontes móveis</li> <li>Fornecer cálculos e fatores de emissão para transporte rodoviário, aeroviário, hidroviário e ferroviário</li> <li>Considera as % de biocombustíveis nos combustíveis nacionais</li> </ul>
	Emissões fugitivas (HFC resultante do uso de ar condicionado e refrigeração)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calcula emissões diretas de HFC durante a produção, o uso e o descarte de equipamentos de refrigeração e ar condicionado em usos comerciais</li> <li>Oferece três metodologias de cálculo: uma abordagem baseada nas vendas, uma abordagem baseada nos estágios do ciclo de vida e uma abordagem baseada em fatores de emissão</li> </ul>
	Compra de eletricidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calcula emissões de Escopo 2 resultantes da compra de eletricidade do Sistema Interligado Nacional brasileiro, utilizando fatores de emissão mensais do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT)</li> </ul>
	Compra de vapor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calcula emissões de Escopo 2 resultantes da compra de vapor</li> </ul>
	Combustão móvel indireta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calcula emissões de Escopo 3 do transporte de funcionários</li> </ul>
	Viagens a negócios	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calcula emissões de Escopo 3 de viagens aéreas</li> </ul>

Fonte: MONZONI, 2008

### 2.8.6 Elaborar relatório de emissões GEE

Finalmente, a etapa de sintetização dos dados busca reunir todas as informações em um único documento. O tipo de informação incluída depende dos limites e a estrutura operacionais escolhidos. Pode ser feita de duas maneiras:

- Modo centralizado: Cada unidade de operação comunica seus dados ao nível mais alto da empresa, que calcula as emissões;
- Modo descentralizado: Cada unidade de operação recolhe os dados e faz o cálculo de maneira padronizada, gerando relatórios locais de emissão;

O documento final, gerado após a aplicação dessa metodologia é um relatório

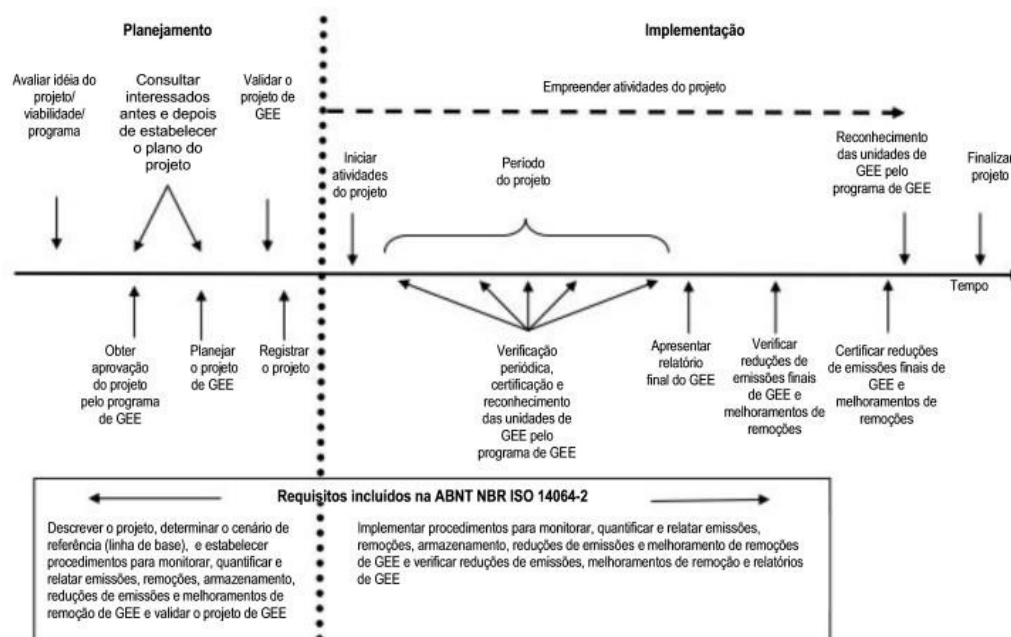
de emissões, disponível em plataforma de acesso público, a fim de demonstrar o caráter transparente de aplicação da metodologia, resultados e metas fixadas para reduzir as emissões de GEE, sendo as emissões de escopo 3 opcionais, mas aconselhadas. O programa também estimula a publicação de inventários parciais, ou seja, que as empresas foquem nas emissões de um determinado setor ou atividade específica dentro de sua cadeia de valor, compreendendo a diferença entre os níveis de compreensão sobre o tema de mudanças climáticas e avaliado segundo o conceito já citado de relevância. As emissões são calculadas relativas a um ano base, sendo ele o primeiro ano inventariado e em relação ao qual as metas são estabelecidas.

Essas metas de redução entram como parte do relatório de emissão, e demonstram o comprometimento da empresa com a iniciativa de luta contra as mudanças climáticas, além de abrir espaço para a inovação, com estímulos à pesquisa e desenvolvimento.

As metas podem ser estabelecidas de duas formas: em termos absolutos, ou seja, uma redução no tempo de uma quantidade determinada de emissões, ou em termos de intensidade, em que se considera a redução das emissões relativas ao desempenho operacional da empresa. A meta também precisa ser definida no tempo, com data de início e término, o que influencia no recálculo das emissões.

Em resumo, as etapas do GHG protocol estão exemplificadas na Figura 10:

Figura 10 - Etapas de um projeto de elaboração de inventário de Gases de Efeito Estufa.



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2015.

## 2.9 Compensação

Para todas as emissões que não podem ser reduzidas por meio de processos internos na empresa, a solução é a compensação das emissões, também chamada offsetting. Porto et al. (2015) *apud* ABNT NBR 15948 definem a compensação como:

Mecanismo pelo qual uma pessoa, física ou jurídica, compensa, equilibra ou iguala suas emissões de gases de efeito estufa, por meio de aquisição de RVE (Reduções Verificadas de Emissões).

Os RVEs podem ser negociados no Mercado Voluntário de Emissões e reconhecidos por programas externos, como o MDL, o Mecanismo de Implementação Conjunta. Uma unidade verificada corresponde a uma tonelada de gás carbônico.

A metodologia GHG Protocol adaptada pela FGVces não conta com a quantificação de créditos de compensação devido às incertezas acerca da contabilização dos projetos GEE, que dificultam a correspondência entre os projetos GEE e as emissões internas da empresa para o qual ele serviria como compensação.

O investimento necessário para compensar as emissões de uma empresa depende do preço do crédito de carbono, que flutua periodicamente. De acordo com Donofrio *et al.* 2020, o preço médio dos créditos em 2019, dividindo os projetos em setores está representado na Tabela 1:

Tabela 1 – Preço médio do crédito de carbono por categoria de projeto (2019).

Setor do projeto de compensação	Preço médio (US\$) da tonelada de CO2
Energias Renováveis	1,4
Uso da Terra e Florestas	4,3
Disposição de Resíduos	2,5
Aparelhos Domésticos	3,8
Processos Químicos/Manufatura Industrial	1,9
Eficiência Energética/Troca de Combustível	3,9
Transporte	1,7

Fonte: Ecosystem Marketplace, 2020

### **3 METODOLOGIA**

O presente estudo foi desenvolvido por meio de um projeto de neutralização de emissões de gases de efeito estufa em uma empresa de manufatura e exportação de cera de carnaúba, e será apresentado como um estudo de caso.

A primeira etapa do trabalho consistiu em reunir informações sobre a metodologia e aspectos legais sobre o tema no Brasil, apresentado no tópico anterior.

Em seguida, a metodologia GHG Protocol, uma das poucas criadas levando o contexto brasileiro em conta, e a mais estabelecida e acessível atualmente no mundo.

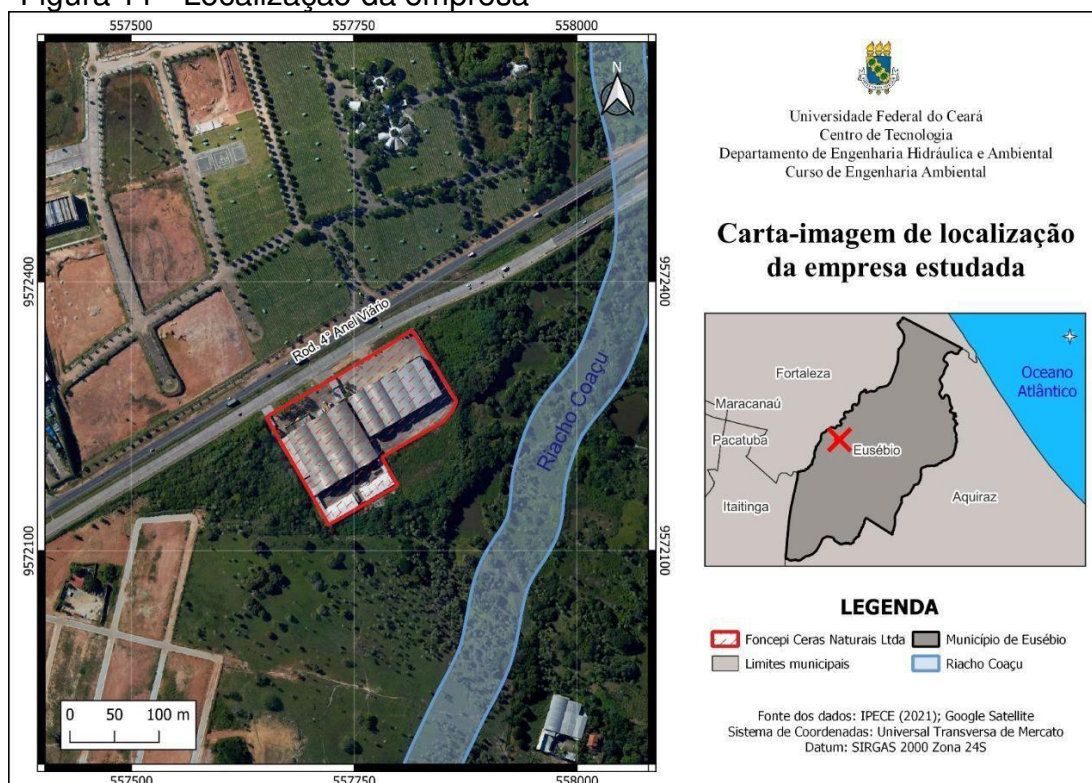
Os passos estabelecidos pela metodologia foram seguidos, começando pelos limites organizacionais e operacionais, que delimitam o escopo do estudo, como quais emissões são importantes, de quais atividades da empresa e qual seu nível de responsabilidade na sua neutralização. Assim, foi possível categorizar as atividades da empresa nos três escopos requeridos pela metodologia: Escopo 1, Escopo 2 e Escopo 3. O ano de 2021 foi o ano escolhido como base dos cálculos.

Depois de estabelecidos os escopos, as fontes de emissão de cada um deles foram avaliadas, e para cada fonte, os dados necessários aos cálculos de emissões foram levantados, com a ajuda dos setores operacional, comercial e administrativo. Com isso, foi possível encontrar a quantidade de emissões da empresa em toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. Finalmente, medidas de mitigação estabelecidas e planejadas foram discutidas, bem como as de compensação de emissões, para que a empresa seja neutra.

#### **3.1 Localização**

A empresa se localiza no 4º Anel Viário, uma rodovia federal localizada no Eusébio, na zona metropolitana de Fortaleza, no estado do Ceará. O local é conhecido como uma zona industrial pela sua concentração de empresas de manufatura e indústrias. A Figura 11 ilustra sua localização.

Figura 11 - Localização da empresa



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

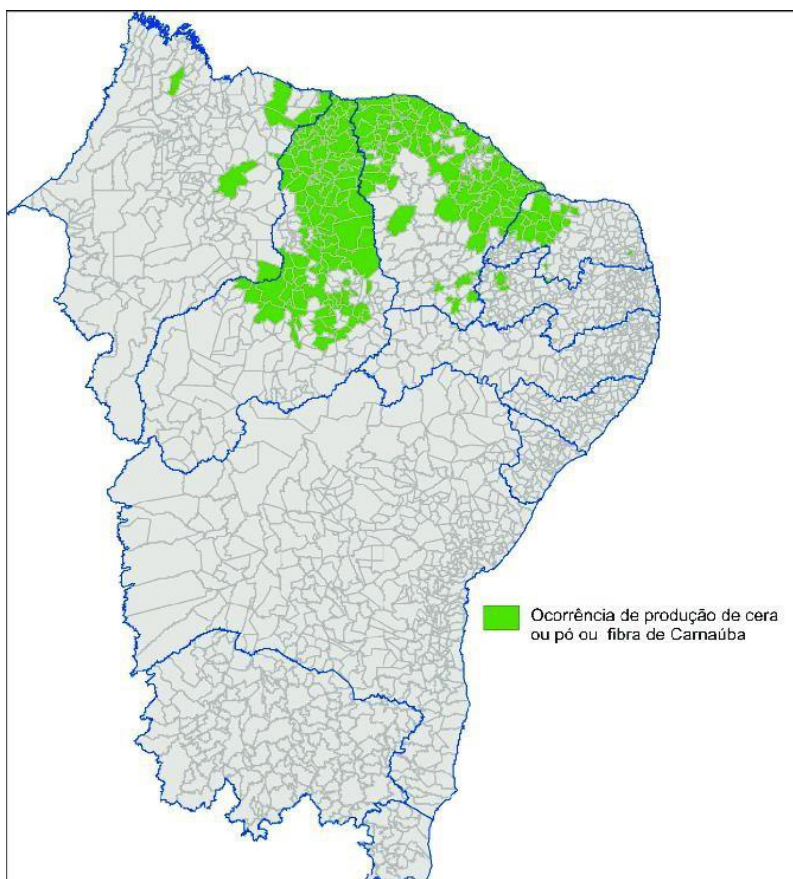
O município do Eusébio é relativamente recente, tendo sido fundado em 1987. Faz fronteira com Fortaleza, Aquiraz e Itaitinga, distante cerca de 18 km da capital cearense. Tem um clima tropical quente subúmido, com uma vegetação perenifolia Paludosa Marítima, caracterizada por seu solo hidromórfico, o ambiente ideal para o desenvolvimento da carnaúba, que cresce em ambientes de clima semiárido e solos úmidos. Segundo os dados do IPECE, o município tem um dos dados mais altos de IDH do estado, no valor de 0,701. A principal bacia hidrográfica é a do rio Coaçu, contanto também com os rios Cocó e Pacoti. (IPECE, 2017)

### 3.2 Descrição das atividades da empresa

A carnaubeira (*Copernicia prunifera*) é uma palmeira comum no clima semiárido, símbolo dos estados do Piauí e Ceará, conhecida por seu valor econômico, em que todas as suas partes podem ser utilizadas. A cera de carnaúba, extraída das folhas, é utilizada como matéria prima em diversas indústrias, como alimentícia, de cosméticos e vernizes, devido ao seu alto ponto de derretimento e baixa solubilidade, que acontece apenas por meio de um solvente. Dessa forma, essa árvore se torna de

suma importância para a economia do estado e para a indústria. A Figura 12 mostra a ocorrência da atividade de produção da cera de carnaúba no Nordeste:

Figura 12 - Ocorrência da produção de cera de carnaúba no Nordeste.



Fonte: Alves, 2008.

Na empresa onde foi realizado o estudo, o processo tem início com os fornecedores das folhas de carnaubeira, localizados por todo o estado do Ceará. Duas folhas são utilizadas como matéria prima para a posterior manufatura das ceras: a folha aberta, mais exposta ao processo fotossintético e outros estressores e a folha fechada, mais protegida de estressores ambientais e do processo de fotossíntese. A diferença entre essas folhas vai ser a coloração e textura, sendo a folha aberta mais escura e seca, enquanto a fechada de uma coloração muito mais clara e com maior teor de água. A Figura 13 mostra a diferença entre os produtos e suas respectivas matérias primas.

Figura 13 - Diferença entre pó palha e pó olho e seus respectivos produtos.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

As folhas passam por um processamento prévio que as transforma em pó ou cera, e são transportadas do seu local de cultivo e coleta até a empresa por meio dos próprios fornecedores. Após a chegada das folhas pré-processadas na empresa, o processo de manufatura das ceras tem lugar.

Após a manufatura, o produto final é embalado em sacos plásticos ou polietileno contendo 25 kg de produto final cada, e lacrado. Dependendo da demanda do cliente e das condições de envio, a embalagem pode ser colocada sobre paletes de madeira.

Os clientes estão localizados principalmente na Europa, Ásia e EUA, portanto, a entrega ao cliente é feita por terceiros, principalmente através do transporte marítimo; uma pequena porcentagem é transportada por via aérea e rodoviária (clientes nacionais). O transporte da fábrica ao porto é feito pela frota de veículos da empresa.

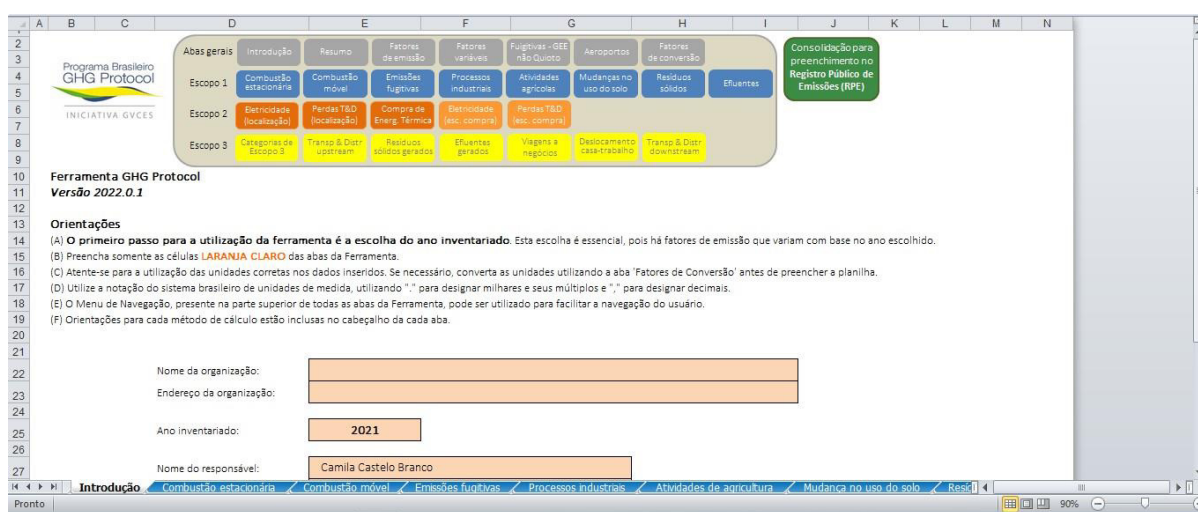
O corpo de funcionários é composto pelos funcionários da fábrica e os dos escritórios, que ao total somam 68 pessoas.



### 3.3 Aplicação da metodologia GHG Protocol

A metodologia utilizada foi descrita anteriormente seguindo as diretrizes estabelecidas pelo Centro de Estudos Sustentáveis da Fundação Getúlio Vargas, principalmente o documento Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa (MONZONI, 2008), bem como a planilha de Ferramenta de Cálculo versão 2022.0.1, disponibilizada no site oficial da FGVces e descrita na Figura 14:

Figura 14 - Ferramenta de cálculo GHG Protocol elaborada pela FGVces.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

#### 3.3.1 Definir os Limites Organizacionais

Por se tratar de uma empresa de médio porte, a abordagem escolhida foi a organizacional, em que a empresa responde por 100% das emissões que controla, mas não responde pelas emissões das quais tem participação, mas não controla, ou seja, as emissões diretas e indiretas de escopo 1, 2 e 3 serão contabilizadas.

O Brasil é considerado como o limite geográfico, portanto as emissões ocorridas no exterior, proveniente do transporte até o cliente, não serão contabilizadas. O ano de base, ou seja, o ano dos dados utilizados, foi 2021.

#### 3.3.2 Definir os Limites Operacionais

Os limites operacionais definidos foram as emissões diretas e indiretas de escopo 1, 2 e 3.

### *3.3.2.1 Escopo 1: Emissões Diretas*

Para o Escopo 1, as emissões de combustão móvel da empresa em estudo foram os veículos da empresa, que são utilizados no transporte de matéria prima, produtos finais e funcionários, e que utilizam principalmente o Diesel como combustível;

Para as fontes de combustão estacionária, a principal fonte foi a caldeira a lenha utilizada no processo de manufatura, que utiliza uma mistura de lenha e briquetes como combustível.

As emissões fugitivas não puderam ser calculadas por falta de materialidade nos dados.

### *3.3.2.2 Escopo 2 – Emissões Indiretas*

Para as emissões de Escopo 2 sobre a aquisição de energia elétrica, a abordagem utilizada foi a de localização, que utilizará os dados do Sistema Interligado Nacional - SIN.

### *3.3.2.3 Escopo 3 - Emissões Indiretas*

Para as emissões indiretas de escopo 3, a principal atividade é o transporte downstream, ou seja, o transporte do produto final para o cliente. Grande parte é feita por meio marítimo por meio de navios porta contêineres, que utilizam óleo diesel para navios como combustível e com tamanho entre 2.000 e 2.999 TEU.

É importante ressaltar que as emissões consideradas pelo programa brasileiro GHG protocol são as ocorridas dentro do território brasileiro, de modo que apenas esses limites serão considerados no cálculo, levando a uma subestimação das emissões reais do transporte.

### **3.3.3 Selecionar a Metodologia de Cálculo e os Fatores de Emissão**

Considerando que a empresa não faz parte de um dos ramos específicos citados no Anexo 1 no documento de contabilização, quantificação e publicação de inventários de corporativos de emissão de gases de efeito estufa (MONZONI, 2008), o instrumento de cálculo e os fatores de emissão utilizados serão aqueles disponibilizados pela FGVces no site oficial GHG Protocol Brasil.

### 3.3.4 Coletar Dados

Para a coleta de dados, foi criado um formulário com todas as informações requeridas para o cálculo de emissões e distribuído para todos os responsáveis por setores contemplados por atividades que estejam dentro dos limites operacionais. Os dados relevantes ao cálculo de emissões GEE e o setor responsável estão presentes na Tabela 2:

Tabela 2 - Fonte de dados para o cálculo das emissões GEE da empresa.

Escopo	Fonte de Emissão	Dado requisitado da atividade	Setor responsável
Escopo 1	Caldeira	Quantidade em kg de combustível utilizado no ano	Setor operacional
Escopo 1	Frota de veículos	Tipo de combustível; consumo anual de combustível em litros para cada veículo da frota	Setor operacional e administrativo
Escopo 2	Consumo energia elétrica	Consumo (compra) de energia elétrica mensal em MWh	Setor administrativo
Escopo 3	Distribuição downstream	Tipo de navio; peso do navio e distância percorrida	Setor comercial e operacional

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

### 3.3.5 Calcular Emissões

Para o cálculo de emissões, foram utilizadas as fórmulas segundo a ferramenta intersetorial disponibilizada pela FGVces, assim, para encontrar o total de emissões em toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente para um dado escopo:

$$\begin{aligned} \text{Emissão total (ton. CO}_2 \text{ eq)} \\ = \text{Emissão CO}_2(t) + (\text{Emissão CH}_4(t) * \text{GWPC}_4) + (\text{Emissão N}_2\text{O}(t) * \text{GWPN}_2\text{O}) \end{aligned}$$

Emissão CO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O: É a emissão de um dado gás causador do efeito estufa proveniente de uma dada atividade. É encontrado por meio da fórmula:

$$\text{Emissão GEE (CO}_2, \text{NH}_4, \text{N}_2\text{O)}(t) = \text{Dado da atividade} \times \text{fator de emissão GEE}$$

Os dados da atividade serão aqueles estabelecidos anteriormente, como a quantidade de combustível utilizado para uma determinada operação (em kg ou em litros), o consumo de energia em MWh para as emissões provenientes do uso de energia elétrica etc. como mostra a Tabela 3.

Para o escopo 1, os dados da atividade escolhidos foram a quantidade de combustível utilizado pela caldeira e para a quantidade de combustível utilizado pela totalidade da frota de veículos anualmente.

Tabela 3 - Dados da atividade para o escopo 1

Fonte de Emissão	Dado atividade	Unidade
Caldeira a lenha	2.662,00	Toneladas/lenha/ano
Frota de veículos	52.783,00	Litros/diesel/ano

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Para o escopo 2, os dados de consumo mensal de energia elétrica para cada mês em 2021 foram levantados. Eles estão presentes na Tabela 4:

Tabela 4 - Consumo mensal de energia elétrica em MWh

Mês	Consumo (MWh)
Janeiro	5
Fevereiro	21
Março	65
Abril	68
Maio	27
Junho	69
Julho	76
Agosto	73
Setembro	81
Outubro	73
Novembro	15
Dezembro	80

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Os dados para o cálculo do escopo 3 - distribuição downstream disponibilizados pela empresa são uma lista de seus embarques no ano de 2021 com a distância percorrida e o peso total da carga. Na ferramenta de cálculo, devido ao grande volume de dados e a natureza subjetiva e mutável do cálculo do escopo 3, uma média dos dados de 2021 será utilizada segundo consta a Tabela 5:

Tabela 5 - Dados para o cálculo das emissões de Escopo 3: Distribuição Downstream.

Fonte de Emissão	Média Distância Percorrida (km/ano)	Carga Transportada (toneladas)
Navios porta contêineres	24.000	5.465.725,00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Os fatores de emissão escolhidos dependem da atividade, pois está relacionada ao poder calorífico ou qualquer propriedade física relevante ao cálculo de emissões para um dado combustível. Para as atividades da empresa em estudo, os fatores de emissão, bem como suas referências são representados na Tabela 6:

Tabela 6 - Fatores de emissão para os dados de atividade.

Escopo	Dado da atividade	Fatores de emissão GEE	Fonte dos dados
Escopo 1	Combustível da caldeira - lenha.	CO2: 100,47 kg/TJ CH4: 30 kg/TJ N2O: 4 kg/TJ	MCTIC, 2016.
Escopo 1	Combustível da frota - diesel.	CO2: 2,603 kg/un CH4: 0,0001 kg/un N2O: 0,00014 kg/un	BEN 2021.
Escopo 2	Energia elétrica (SIN).	Dados em tCO2/MWh para o cada mês	MCTIC, 2021.
Escopo 3	Tipo, subtipo e tamanho do navio.	CO2: 0,02000 (t.CO2/t.km) CH4: 0,000006 (t.CH4/t.km) NO2: 0,00027 (t.N2O/t.km)	DEFRA, 2021.

Fonte: Ferramenta de cálculo FGVces 2022

Os fatores de emissão do sistema SIN para o cálculo das emissões de Escopo 2 estão presentes na Figura 15:

Figura 15 - Fatores de Emissão do Sistema Interligado Nacional

Parâmetros para o inventário de: 2021

Ano	Parâmetros	Unidades	Mês												Média Anual
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
2021	FE do SIN	tCO <sub>2</sub> /MWh	0,1164	0,0820	0,0673	0,0764	0,0883	0,1491	0,1634	0,1743	0,1699	0,1786	0,1484	0,1029	0,1264
	Perc. de etanol na gasolina	%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%
	Perc. de Biodiesel no Diesel	%	12%	12%	13%	13%	10%	10%	10%	10%	12%	12%	10%	10%	11%

Fonte: Programa Brasileiro GHG Protocol: Ferramenta de cálculo, 2022

Para encontrar a emissão total de CO<sub>2</sub>, as emissões de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O têm de ser convertidas em equivalente carbono por meio do índice GWP (Potencial de Aquecimento Global), o que indica quantas vezes mais aquecedor esses gases são em relação ao dióxido de carbono. Os GWP utilizados na versão de 2022 da ferramenta de cálculo do GHG Protocol Brasil estão exemplificados na Tabela 7:

Tabela 7 - Potencial de Aquecimento Global para os gases em estudo.

Gás	GWP
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	1
Metano (CH <sub>4</sub> )	28
Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)	265

Fonte: IPCC, 2013

Para a emissão total dos gases efeito estufa, somam-se todas as emissões em toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente de cada escopo segundo a fórmula:

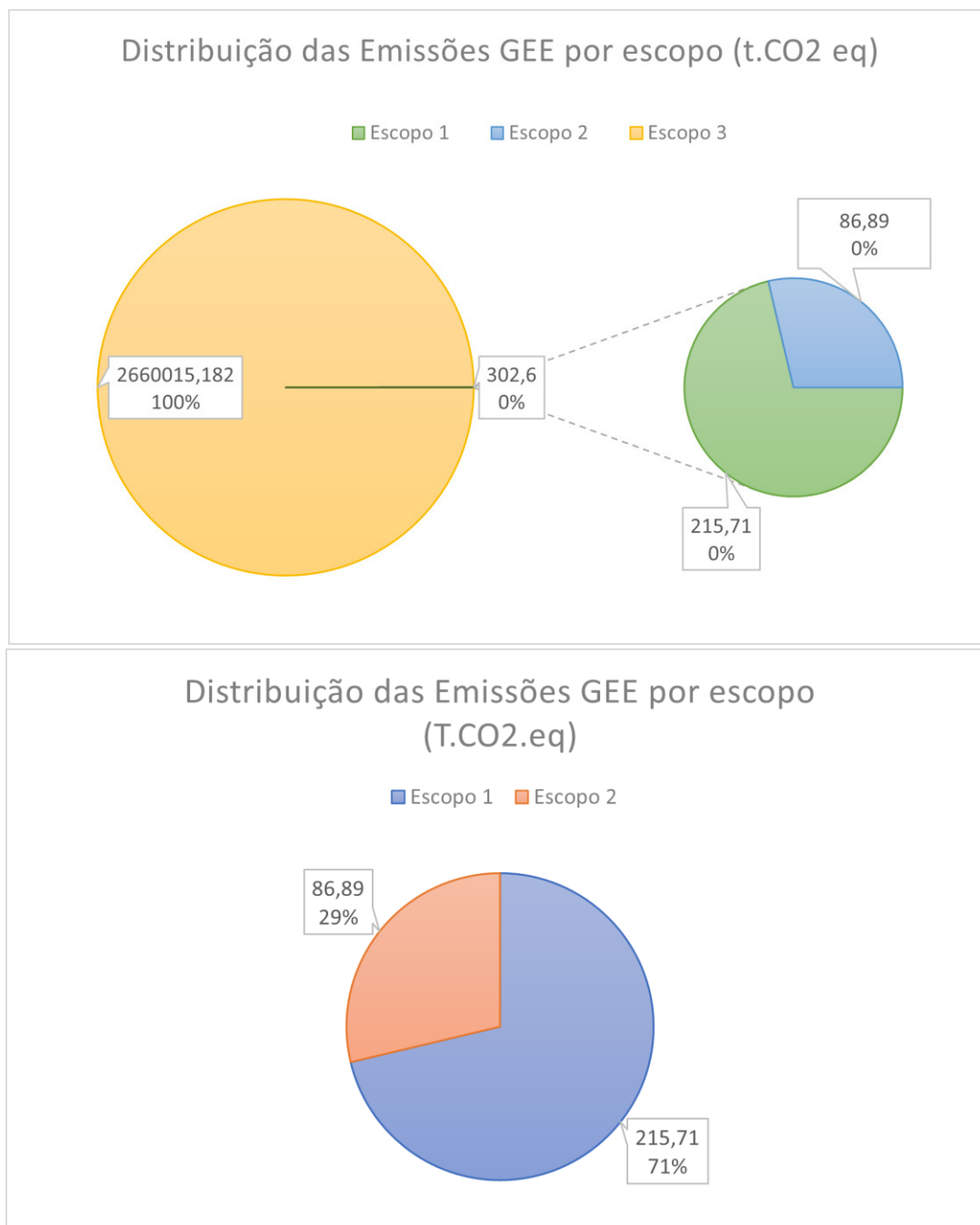
*Emissão total (ton. CO<sub>2</sub>. eq)*

$$= \text{Emissão GEE escopo 1 (t. CO}_2\text{. eq)} + \text{Emissão GEE escopo 2 (t. CO}_2\text{. eq)} \\ + \text{Emissão GEE escopo 3 (t. CO}_2\text{. eq)}$$

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado das emissões totais, ou seja, advindas do escopo 1 (fontes estacionárias e móveis) e escopo 2 (energia elétrica) e escopo 3 (emissões indiretas de distribuição downstream) é mostrado na Figura 16:

Figura 16 - Distribuição das emissões da empresa segundo os Escopos

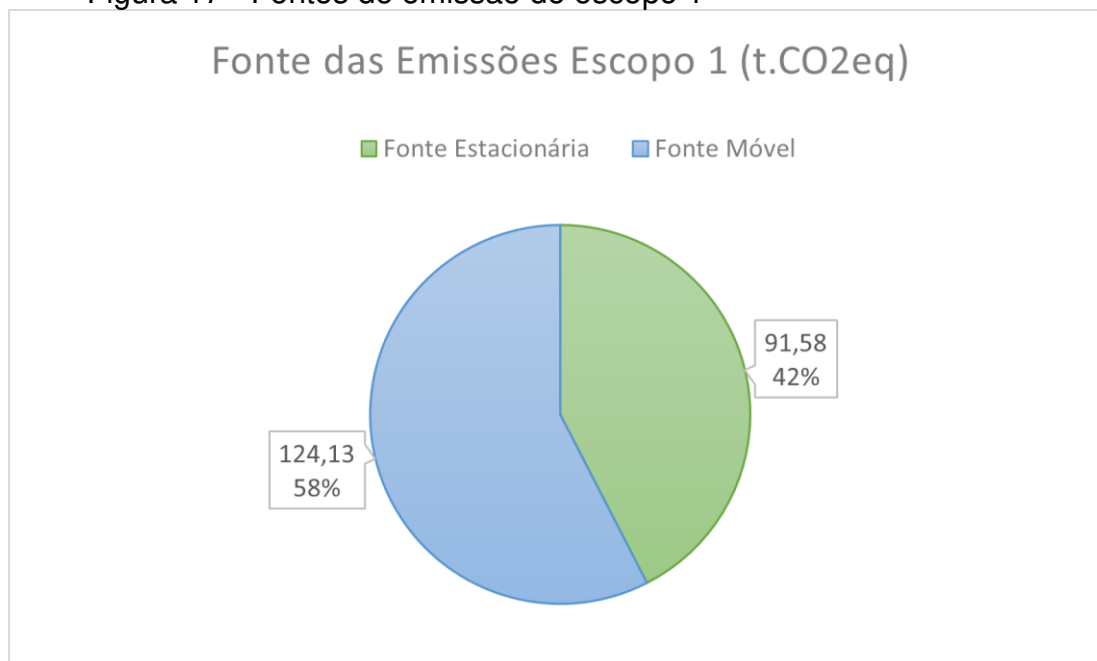


Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

## 4.1 Escopo 1

As emissões de escopo 1 separadas por fonte estão descritas na Figura 17:

Figura 17 - Fontes de emissão do escopo 1



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Como é possível observar nas imagens anteriores, as fontes de escopo 1 representam aproximadamente 71% das emissões diretas da empresa e menos de 1% das emissões indiretas, sendo a principal fonte os veículos da empresa.

Isso se deve à falta de transporte público em área próxima à empresa, sendo o transporte feito por veículo próprio ou pelo veículo da empresa responsável pelo transporte dos funcionários. Este faz a rota entre o terminal mais próximo e a empresa, aproximadamente duas vezes por dia, no início e depois do expediente, e que utiliza o diesel, combustível muito poluente, em sua composição.

Além disso, é importante salientar que uma das atividades mais importantes da empresa é a logística de distribuição do produto nos portos, principalmente do Pecém e do Mucuripe, para posterior envio do produto final aos clientes cliente e a circulação de mercadorias e pessoas, de modo que o uso da frota é essencial e sua relevância nos resultados era esperada.

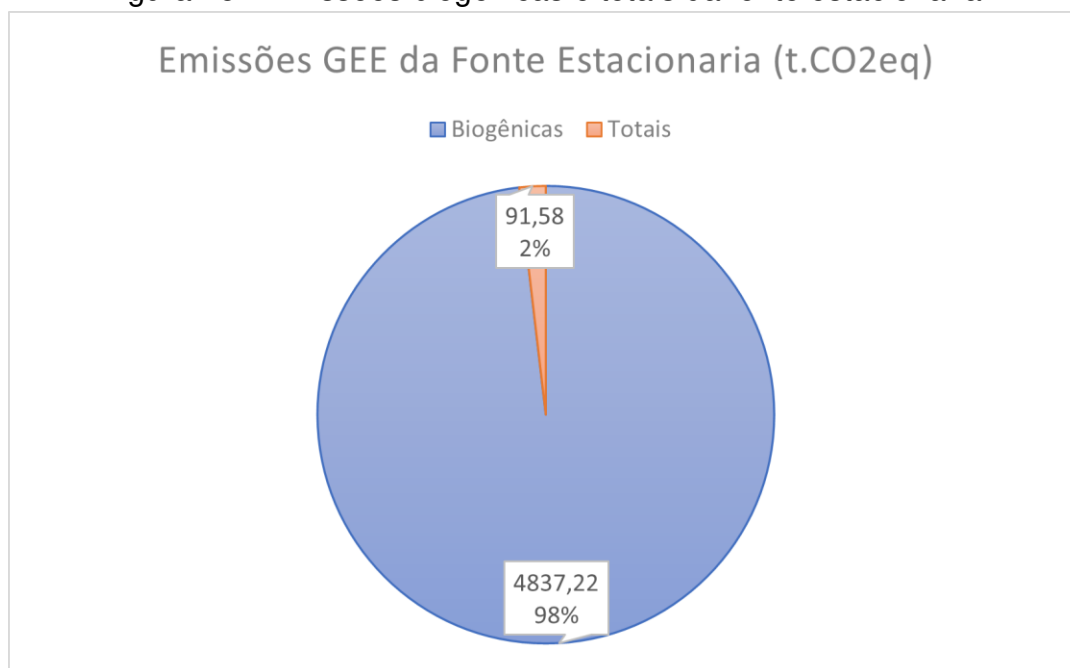
Outro importante fator é o fato de a localização da empresa, inacessível ao transporte público e cujo acesso dos funcionários é feito somente por veículos pessoais, o que representa um gargalo e possivelmente uma fonte importante de emissões, mas que tem sua quantificação somente no Escopo 3: Deslocamento de funcionários. A análise dessas emissões posteriormente pode ser um objetivo



importante para empresa e uma fonte de mudanças no seu funcionamento atual, podendo levar à ampliação da rota com a adição de outros pontos de coleta de funcionários, por exemplo, o que aumentaria as emissões de Escopo 1, mas diminuiria as de Escopo 3. A revisão periódica dos veículos, com foco na ação na diminuição do consumo suplementar de combustível e regulação do filtro do escapamento contribui na diminuição dessas emissões.

Já em relação a fonte estacionária, ou seja, a caldeira a lenha, como discutido anteriormente, as emissões advindas de biomassa são consideradas neutras em emissões por fazer parte do ciclo de fixação do carbono, por isso são relatadas à parte. A divisão das emissões entre biogênicas (da biomassa) e as totais para essa fonte está representada pela Figura 18:

Figura 18 - Emissões biogênicas e totais da fonte estacionária.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

As fontes biogênicas representam emissões na ordem de 4.837,00 t de CO2 equivalente, em contraposição com 91.58,00 t de CO2 equivalente para as emissões totais. Isso mostra a relevância desse dado, sendo ele, grosso modo, a principal fonte de emissões da empresa.

O biocombustível utilizado pela caldeira (lenha) é certificado pelo IBAMA como Documento de Origem Florestal (DOF), estabelecido segundo a portaria nº 253 de 18 de agosto de 2006, que define:

§1o - Entende-se por DOF a licença obrigatória para o transporte e armazenamento de produtos e subprodutos florestais de origem nativa, contendo as informações sobre a procedência desses produtos, gerado pelo sistema eletrônico denominado Sistema-DOF.

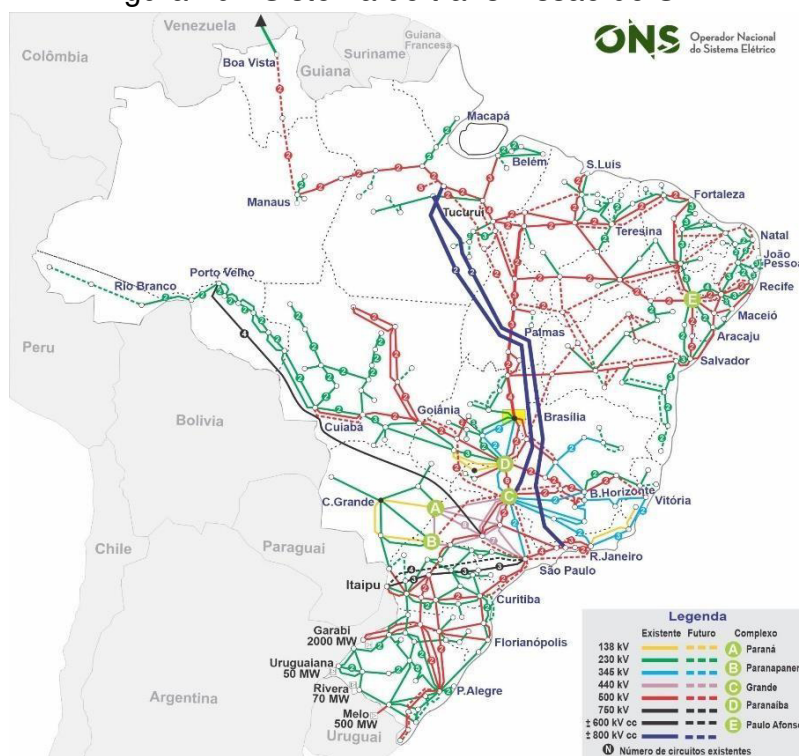
Dessa maneira, em teoria a procedência e a conservação da biomassa utilizada é rastreável, e o princípio de neutralidade por continuidade do ciclo de fixação do carbono é respeitado.

## 4.2 Escopo 2

As emissões de Escopo 2 foram calculadas com base no SIN com base nos valores mensais dos fatores de emissão e consumo de energia elétrica.

O Sistema Interligado Nacional é descrito como um sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil, sendo um sistema hidro-termo-eólico de grande porte, com predominância de usinas hidrelétricas e com múltiplos proprietários. O Sistema Interligado Nacional é constituído por quatro subsistemas: Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e a maior parte da região Norte. (ONS, 2022) Sendo assim, esse sistema depende das flutuações de valores em hidrelétricas, que dependem das variações sazonais de disponibilidade dos reservatórios. O sistema de distribuição é ilustrado na Figura 19:

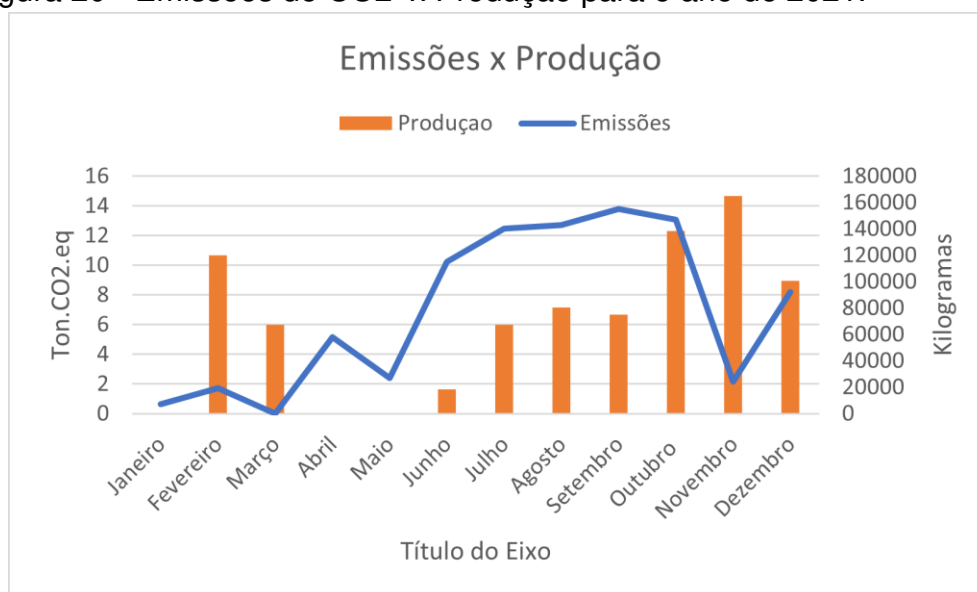
Figura 19 - Sistema de transmissão do SIN.



Fonte: ONS, 2019.

A variação no padrão de consumo energético da empresa depende fortemente da demanda, tanto do valor bruto da demanda, quanto de fatores como o formato da cera, já que em pó a cera tem mais tempo de manufatura em máquina, portanto é mais dispendioso energeticamente. A Figura 20 descreve o as emissões e a produção da empresa em 2021:

Figura 20 - Emissões de CO2 x Produção para o ano de 2021.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

É possível observar que as emissões não correspondem exatamente ao padrão de produção, isso se deve, possivelmente, às flutuações dos fatores de emissão do SIN como demonstrado anteriormente. Essas flutuações dependem de fatores como eventos de seca, disponibilidade de reservatórios, mudanças na matriz energética etc.

### 4.3 Escopo 3

A maior parte das emissões da empresa são de fontes indiretas, no caso do escopo 3 - Distribuição Downstream devido ao uso de navios cargueiros. As emissões de escopo 3 são as mais sensíveis devido ao seu grande volume e impacto, mas com pouca possibilidade de intervenção por parte da empresa.

As emissões de escopo 3 de uma empresa são as emissões do escopo 1 de outra, sendo esta responsável por estratégias de mitigação. Segundo o Relatório de Sustentabilidade de 2021, a CMA CGM, um dos principais prestadores de serviço da empresa em estudo, a empresa está comprometida com a neutralidade carbono até

2050 por meio de três iniciativas: Novas energias de propulsão (GNL, biometano, metano sintético, e-metano e biodiesel); Navios de última geração em termos de eficiência de combustível e design; Excelência operacional diária para todos os bens materiais. (CMA CGM, 2022)

#### **4.4 Incertezas**

As maiores fontes de incerteza na aplicação da metodologia GHG são: a falta de dados ou a acurácia de dados, que podem não representar as emissões de modelo realista.

Os dados representativos podem ter uma variação devido a falta de medição direta, que impõe valores mais representativos das atividades reais da empresa e suas emissões, e a sua substituição por dados gerais, baseado em médias e estimativas, que podem fazer o resultado final flutuar para mais ou para menos de maneira significativa.

É importante também citar que, para o cálculo de algumas categorias de emissões, a ferramenta apresenta diferentes metodologias a ser escolhidas pelo avaliador, a depender da disponibilidade de dados, mas que variam em grau de precisão. É o caso do cálculo de emissões proveniente dos veículos da empresa, que conta com três métodos de cálculo, em ordem decrescente de precisão: 1) Utiliza os dados do ano de fabricação da frota, o tipo de veículo e o consumo de combustível; 2) Tipo e quantidade de combustível consumido; 3) O tipo de veículo, seu ano de fabricação e a distância percorrida. Finalmente, os dados mensais são mais precisos que os dados anuais, estes utilizados no presente estudo.

O protocolo GHG também considera em suas diretrizes os erros associados aos parâmetros ou inerentes ao modelo matemático utilizado no cálculo (GHG Protocol, 2011). Apesar das diretrizes gerais elaboradas pelo GHG Protocol, o modelo brasileiro adaptado pela FGVces não possui ainda estudos na incerteza dos parâmetros - como fatores de emissão - ou inerente ao modelo em si.

#### **4.5 Iniciativas de neutralização das emissões**

Para neutralizar as emissões, as empresas têm três opções que dependem da disponibilidade tecnológica e operacional de implantação: Reduzir, evitar ou

compensar. Abaixo a definição e possibilidade de implementação de cada uma delas será discutida.

#### **4.5.1 Reduzir**

Reduzir as emissões é classificado pelo GHG Protocol como o objetivo final da elaboração do inventário GEE e que pode ser alcançado por meio do cumprimento das metas de redução após a elaboração do inventário.

Como discutido anteriormente, as metas são definidas no tempo, com tendo data de início e de fim para serem alcançadas. A redução das emissões engloba também evitá-las e compensá-las, mas também conta com a mudança de no comportamento e na tomada de decisões de toda a empresa, ou elaboração de iniciativas de inovação (MONZONI, 2018).

#### **4.5.2 Evitar**

Evitar emissões significa, principalmente, a troca de combustíveis e matérias primas por outros com fatores de emissão mais baixos. Para a empresa em questão, a principal medida adotada foi a substituição da energia elétrica, anteriormente proveniente da rede de distribuição do Sistema Interligado Nacional por energias renováveis, negociadas no Mercado Livre de Energia Elétrica.

Outra iniciativa é o aumento progressivo no uso de briquetes no combustível da caldeira, um material energético composto por resíduos de lenha provenientes de outros processos, ou seja, um resíduo. Em outras palavras, o reúso de material lenhoso no processo de funcionamento da caldeira. Atualmente o uso de briquetes está na ordem de 1:4 em relação à lenha, com metas de aumentar até 1:3 ou 1:2 nos próximos anos. O principal entrave é o processamento do resíduo e sua transformação, que precisa ser feito por terceiros, o que caracteriza um custo relevante para a empresa.

Finalmente, uma alternativa para evitar as emissões da frota de veículos é o uso de combustíveis mais limpos, como etanol. Entretanto, é importante salientar que isso depende da compatibilidade dos veículos com o combustível, sendo o etanol incompatível com os caminhões, que continuam a usar o diesel.

### 4.5.3 Compensar

Para todas as emissões que não podem ser neutralizadas por meio de iniciativas de redução ou evitadas por meio de alguma mudança operacional, a compra dos créditos de carbono é a opção mais viável. Supondo que nenhuma medida de redução foi implementada na empresa, o investimento para compensar as emissões diretas da empresa (Escopo 1) e a indireta proveniente da energia elétrica (Escopo 2), ou ainda que o investimento seria feito em um único setor de projetos, baseado na Tabela 1, o investimento seria da ordem de no mínimo US\$ 423,64 a US\$ 1301,18, com uma média de investimento de US\$ 842,96.

A empresa em estudo optou pela compra dos créditos por intermédio de uma empresa privada. Também considerou que nenhuma emissão de escopo 1 e 2 foi mitigada. Seguindo a orientação de que o investimento com a compensação deveria ir para uma variedade de projetos, a decisão final está resumida na Tabela 8:

Tabela 8 - Projetos de mitigação escolhidos e investimento

Projeto	Quantidade (tCO <sub>2</sub> )	Valor de um Crédito (US\$)	Investimento (US\$)
Iniciativa Global de Energias Renováveis	273	8	2.184,00
Filtros de Água no Kenya	30	18	540,00
Total	303	-	2.724,00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Considerando que os preços dos créditos flutuam com as mudanças do mercado financeiro, a empresa optou por comprar créditos para os próximos cinco anos, com base em relatórios de sustentabilidade atualizados e previsões de faturamento neste período de tempo. O investimento total ficou na ordem dos USD 14.000.

## 5 CONCLUSÃO

O trabalho descreveu o processo de levantamento de gases de efeito estufa de uma empresa no ramo da manufatura e exportação, descrevendo a principal metodologia utilizada para tal: o GHG Protocol adaptado pela FGVces; bem como avaliou os mecanismos legais e metodológicos sobre o tema neutralidade carbono no Brasil.

As principais fontes de emissão direta da empresa são de Escopo 1, como o transporte e a caldeira à lenha. As emissões de Escopo 2 para energia elétrica também são importantes devido à manufatura. Para compensar essas emissões, três medidas foram adotadas: a - a substituição da compra de energia elétrica do sistema SIN pelo mercado voluntário; b - o uso circular na caldeira de briquetes, de subproduto à fonte de combustível; c - a compra de créditos de carbono de projetos MDL para neutralizar as emissões que não puderam ser mitigadas.

A metodologia é de fácil acesso e uso e utiliza dados simples e de grande disponibilidade na empresa para fazer seu levantamento. Entretanto, por ser uma metodologia um tanto generalista, o GHG Protocol pode levar a subestimação e erros de análise, o que compromete a integridade e precisão do inventário. Nesse caso, a abordagem aconselha o uso de dados de medição direta em detrimento dos dados gerais, uso de médias mensais e a avaliação do inventário por terceiros.

Dentre as vantagens da elaboração do inventário e iniciativas de neutralização de emissões GEE é possível pontuar: engajamento em iniciativas sustentáveis, mudança de cultura da empresa, melhoria de imagem para clientes e acionistas; estímulo à inovação; controle operacional sobre consumo e emissão de recursos, especialmente os ambientais.

Como desvantagens, é possível citar: limitações metodológicas, como citadas acima; custos relacionados à compensação das emissões podem ser proibitivos; arcabouço legal e mercado voluntários ainda em desenvolvimento, o que pode representar um risco para a empresa.

A decisão final depende de fatores como o tamanho da empresa, investimento necessário e se existe alguma obrigação legal ou por parte dos clientes, mas representa um passo importante no engajamento de empresas em iniciativas ambientais e uma possível mudança de cultura que pode tornar-se tendência no futuro próximo, e o engajamento do setor empresarial na luta contra as mudanças climáticas.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, Maria Odete. COELHO, Jackson Dantas. **Extrativismo da Carnaúba: Relações de Produção, Tecnologia e Mercados**. Banco do Nordeste do Brasil, ed. 1, 2008. ISBN: 978-85-7791-020-5. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/299486803\\_EXTRATIVISMO\\_DA\\_CARNAUBA\\_Relacoes\\_de\\_producao\\_tecnologia\\_e\\_mercados](https://www.researchgate.net/publication/299486803_EXTRATIVISMO_DA_CARNAUBA_Relacoes_de_producao_tecnologia_e_mercados). Acesso em: 27 set. 2022.
- ARRUDA, Sharliane Dornelle D'almeida. **Dinâmica dos Nutrientes Durante o Máximo Térmico do Paleoceno-Eoceno (PETM – Paleocene-Eocene Thermal Maximum)**. 2017. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/32457/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O%20Sharliane%20Dornelle%20D%27Almeida%20Arruda.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Guia de Implementação: **Gestão de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa**. Rio de Janeiro: RJ. Associação Brasileira de Normas Técnicas - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. 2015. Acesso: 21 out. 2022.
- ASSIS, Tássia Faria et al. **Guia para Inventário de Emissões - Gases de Efeito Estufa nas Atividades Logísticas**. 1ª ed - Rio de Janeiro: RJ. Instituto Brasileiro de Transporte Sustentável – IBTS. 2020. Disponível em: <https://plvb.org.br/wp-content/uploads/2020/10/Guia-Inventario-de-Emissoes-GEE.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2022.
- BOYD, Emily *et al.* **Reforming the CDM for sustainable development: lessons learned and policy futures**. Environmental Science & Policy, v. 12, ed. 7, p. 820-831, 1 nov. 2009. DOI <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2009.06.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1462901109000847>. Acesso em: 15 jul. 2022.
- BRASIL. **Decreto nº 11.075, de 19 de maio de 2022**. Estabelece os procedimentos para a elaboração dos Planos Setoriais de Mitigação das Mudanças Climáticas, institui o Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa e altera o Decreto nº 11.003, de 21 de março de 2022. 19 mai. 2022. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2022/decreto/D11075.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D11075.htm). Acesso em: 27 jul. 2022.
- BRASIL. **Decreto nº 9.578, de 22 de novembro de 2018**. Consolida atos normativos editados pelo Poder Executivo federal que dispõem sobre o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, de que trata a Lei nº 12.114, de 9 de dezembro



de 2009, e a Política Nacional sobre Mudança do Clima, de que trata a Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. 22 nov. 2018. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/decreto/d9578.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/d9578.htm). Acesso em: 27 jul. 2022.

BRASIL. **Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009**. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. 29 dez. 2009. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm). Acesso em: 27 jul. 2022.

CETESB. **Cartilha Online: Programa Brasileiro GHG Protocol Guia para a elaboração de inventários corporativos de emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE)**. 2ª ed - São Paulo: SP. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2009. Disponível em: <[https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2014/05/cartilha\\_ghg\\_online.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2014/05/cartilha_ghg_online.pdf)>. Acesso em: 19 jul. 2022.

CHAMBRE DE COMMERCE ET D'INDUSTRIE. **PME, Les Enjeux Du Reporting Climatique : Comment accompagner le changement ?**. 1er accélération des entreprises. Disponível em: [https://www.cci.fr/sites/g/files/mwbcuj1451/files/2021-12/1.1.%20PME%20les%20enjeux%20reporting%20climatique%20CCI%20France\\_vf.pdf](https://www.cci.fr/sites/g/files/mwbcuj1451/files/2021-12/1.1.%20PME%20les%20enjeux%20reporting%20climatique%20CCI%20France_vf.pdf). Acesso em: 08 nov. 2022.

CLIMATE WATCH. **Key Visualizations - Top 10 Greenhouse Gas Emitters: 2019**. 2022. Disponível em: <https://www.climatewatchdata.org/key-visualizations?visualization=2>. Acesso em: 14 jul. 2022.

CMA CGM Group. **2021 Sustainable Development Report**. 2022. Disponível em: <https://cmacgm-group.com/en/sustainability/our-sustainability-approach>; Acesso em: 10 de nov. 2022.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Proposta de Marco Regulatório para o Mercado de Carbono Brasileiro**. CEBDS. 2021. Disponível em: <https://cebds.org/publicacoes/mercado-de-carbono-marco-regulatorio/>. Acesso em: 16 jul. 2022.

DANIEL BARCELOS, VARGAS *et al.* **Mercado de Carbono Voluntário No Brasil: na Realidade e na Prática**. FGV EESP. 3 jan. 2022. Disponível em: [https://eesp.fgv.br/sites/eesp.fgv.br/files/ocbio\\_mercado\\_de\\_carbono\\_1.pdf](https://eesp.fgv.br/sites/eesp.fgv.br/files/ocbio_mercado_de_carbono_1.pdf). Acesso em: 15 jul. 2022.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. **Portaria nº 253, de 18 de agosto de 2006**. Institui o Documento de Origem Florestal. 21 ago. 2006. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=92&data=21/08/2006>. Acesso em: 2 ago. 2022.

DONOFRIO, Stephen. MAGUIRE, Patrick. ZWICK, Steve. MERRY, William. **Voluntary Carbon and the Post-Pandemic Recovery: A Special Climate Week NYC 2020 Installment of Ecosystem Marketplace's State of Voluntary Carbon Markets 2020 Report**. Ecosystem Marketplace Insights Brief. 2020. Acesso em: 27 out. 2022.

EEA. **Emissions Factor Database**. European Environmental Agency. 2019. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/emission-factors-database>. Acesso: 20 jul. 2022.

EPA. GHG Reduction Program and Strategies. Environmental Protection Agency. 2022. Disponível em: <https://www.epa.gov/climateleadership/ghg-reduction-programs-strategies>. Acesso em: 08 nov. 2022.

FARMER, Thomas G. COOK, John. **Carbon Dioxide, Other Greenhouse Gases and the Carbon Cycle**. Climate Change Science: A Modern Synthesis. Volume 1 - The Physical Climate. 2013. DOI: 10.1007/978-94-007-5757-8\_9. Acesso em: 14 jul. 2022.

FGVCes. **Programa Brasileiro GHG Protocol: Ferramenta de Cálculo**. Fundação Getúlio Vargas - Centro de Estudos em Sustentabilidade. São Paulo: SP. 2022. Disponível em: <https://eaesp.fgv.br/centros/centro-estudos-sustentabilidade/projetos/programa-brasileiro-ghg-protocol>. Acesso em: 11 nov. 2022.

FGVces. **Diretrizes para a contabilização de emissões de Escopo 2 em inventários organizacionais de gases de efeito estufa no âmbito do Programa Brasileiro GHG Protocol. Versão 4.0**. Fundação Getúlio Vargas - Centro de Estudos em Sustentabilidade. São Paulo: SP. 17 jan. 2019. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/30248>. Acesso em: 29 set. 2022.

FGVces. **Nota técnica: definição das categorias emissões de gases de efeito estufa (GEE) de Escopo 1: versão 4.0**. São Paulo: SP. Fundação Getúlio Vargas - Centro de Estudos em Sustentabilidade. 03 mai. 2018. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/30244>. Acesso em: 22 set. 2022.

FGVces. **Definição das categorias emissões de gases de efeito estufa (GEE) de Escopo 3– versão 2.0**. Fundação Getúlio Vargas - Centro de Estudos em Sustentabilidade. São Paulo: SP 3 maio 2018. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/30251>. Acesso em: 20 jul. 2022.

FIOCRUZ. **Observatório do Clima e Saúde - Histórico**. Manguinhos: RJ, 2018. Disponível em: <https://climaesaude.icict.fiocruz.br/pagina/historico>. Acesso em: 13 jul. 2022.

FORTALEZA. **Lei Ordinária nº 10.586, de 13 de junho de 2017**. Dispõe sobre a Política de Desenvolvimento Urbano de Baixo Carbono de Fortaleza e dá outras providências. 04 jul. 2017. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/ce/f/fortaleza/lei-ordinaria/2017/1058/10586/lei-ordinaria-n-10586-2017-dispoe-sobre-a-politica-de-desenvolvimento-urbano-de-baixo-carbono-de-fortaleza-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 28 jul. 2022.

GHG Protocol. **Appendix X: Short Guidance for Calculating Measurement and Estimation Uncertainty for GHG Emissions**. GHG Protocol Guidelines. 2011. Disponível em: <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/ghg-uncertainty.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2022.

GALLEGO-ÁLVARES, Isabel. SEGURA, Liliane. MARTÍNEZ-FERRERO, Jennifer. **Carbon emission reduction: the impact on the financial and operational performance of international companies**. Journal of Clean Production. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.047>. Disponível em: Acesso em: 27 out. 2022.

GRAHAM, Stephanie. GRAHAM, Byron. HOLT, Diane. **The relationship between downstream environmental logistics practices and performance**. International Journal of Production Economics. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.12.011>. Acesso em: 27 out 2022.

IEA. **Emissions Factors 2021**. International Energy Agency. 2021. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/emissions-factors-2021>. Acesso em: 20 jul. 2022.

INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE (IEMA). **As emissões brasileiras de gases de efeito estufa nos setores de Energia e de Processos Industriais em 2019**. São Paulo: SP, 2020. Disponível em: <https://energiaeambiente.org.br/as-emissoes-brasileiras-de-gases-de-efeito-estufa-nos-setores-de-energia-e-de-processos-industriais-em-2019-20201201>. Acesso em: 14 jul. 2022.

IPCC. **IPCC Fifth Assessment Report: Climate Change 2013 (AR5)**. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2013. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>. Acesso em: 20 jul. 2022.

IPCC. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>. Acesso em: 20 jul. 2022.

IPECE. **Perfil Municipal 2017 Eusébio**. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. 2017. Disponível em: [https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Eusebio\\_2017.pdf](https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Eusebio_2017.pdf). Acesso em: 27 set. 2022.

KPMG. **The KPMG Green Tax Index**. 2017. Disponível em: [https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/tw/pdf/2017/09/655445\\_NSS\\_2017Green\\_TaxIndex\\_v18web.pdf](https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/tw/pdf/2017/09/655445_NSS_2017Green_TaxIndex_v18web.pdf). Acesso em: 08 nov. 2022.

LOPES, *et. al.* **Estudos sobre Mercado de Carbono no Brasil: Análise Legal de Possíveis Modelos Regulatórios**. Banco Interamericano de Desenvolvimento, Monografia No. 307, Washington: DC, 2015. Disponível em: [https://publications.iadb.org/publications/portuguese/document/Estudos-sobre-mercado-de-carbono-no-Brasil-\(Resume\).pdf](https://publications.iadb.org/publications/portuguese/document/Estudos-sobre-mercado-de-carbono-no-Brasil-(Resume).pdf). Acesso em: 27 jul. 2022.

MCINERNEY, Francesca A. WING, Scott L. **The Paleocene-Eocene Thermal Maximum: A Perturbation of Carbon Cycle, Climate, and Biosphere with Implications for the Future**. Annual Review of Earth and Planetary Sciences - DOI: 10.1146/annurev-earth-040610-133431. 2011. Disponível em: <https://www.who.edu/files/whoedu.do?id=136084&pt=2&p=148709>. Acesso em 13 jul. 2022.

MONZONI, Mario. **Especificação do Programa Brasileiro GHG Protocol: Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissão de Gases de Efeito Estufa**. São Paulo: SP. Fundação Getúlio Vargas - Centro de Estudo em Sustentabilidade - FGVces. ed. 2ª. 2008. Disponível em: [https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/arquivos.gvces.com.br/arquivos\\_ghg/152/especificacoes\\_pb\\_ghg\\_protocol.pdf](https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/arquivos.gvces.com.br/arquivos_ghg/152/especificacoes_pb_ghg_protocol.pdf). Acesso em: 19 jul. 2022.

ONS. **O Sistema Interligado Nacional**. 2022. Operador Nacional do Sistema Elétrico. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-que-e-o-sin>. Acesso em: 02 ago. 2022.

ONS. **Mapa dos Quantitativos de Margens para os Leilões de Energia**. 2019. Operador Nacional do Sistema Elétrico. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/mapas>. Acesso em: 02 ago. 2022.

ONU. **O Que São Mudanças Climáticas**. Organização das Nações Unidas. Brasília: DF. 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/175180-o-que-sao-mudancas-climaticas>. Acesso em: 13 jul. 2022.

ONU. **The Paris Agreement**. Organização das Nações Unidas. Genebra, 2022. Disponível em: <https://www.un.org/en/climatechange/paris-agreement>. Acesso em: 13 jul. 2022.

ONU. **The Net Zero Coalition**. Organização das Nações Unidas. Genebra, 2022. Disponível em: <https://www.un.org/en/climatechange/net-zero-coalition>. Acesso em: 13 jul. 2022.

PAIVA , Danielle Soares *et al.* **Mercado Voluntário de Carbono: Análises de Cobenefícios de Projetos Brasileiros**. Revista de Administração Contemporânea, Scielo, v. 19, p. 45-64, 1 fev. 2014. DOI <https://doi.org/10.1590/1982-7849rac20151240>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rac/a/BkdTQrMPMv5tykhwfrS9N3F/?lang=pt>. Acesso em: 15 jul. 2022.

PETER-STANLEY, Molly. YIN, Daphne. **Maneuvering the Mosaic: State of The Voluntary Carbon Markets 2013**. Forest Trends. Washington: DC, 2013. Disponível em: <https://www.forest-trends.org/publications/maneuvering-the-mosaic-state-of-the-voluntary-carbon-markets-2013/>. Acesso em: 15 jul. 2022.

PORTO, Wellington Silva. WERKAUSER, Flavio Kester. OLIVEIRA, Deyvison de Lima. DE SOUZA, José Arilson. **Mercado Voluntário de Carbono no Brasil: Uma Análise dos Critérios Estabelecidos pela NBR 15948:2011**. XVI Encontro Internacional Sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente. 2015. Disponível em: <https://www.engema.org.br/XVIENGEMA/88.pdf>. Acesso em: 27 out. 2022.

QUEBEC. **How a cap-and-trade system works**. Ministry of Environment and Climate Change, Government of Quebec. 2017. Disponível em: <https://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/carbone/documents-spede/in-brief.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2022.

TALANOA. **A Política Nacional de Mudança do Clima em 2020: estado de metas, mercados e governança assumidos na Lei 12.187/2009**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.institutotalanoa.org/documentos>. Acesso em: 27 jul. 2022.

TAIYAB, Nadaa. **The market for voluntary carbon offsets: a new tool for sustainable development?** International Institute for Environment and Development, Getpeeker Series, p. 3, 2005. Disponível em: <https://www.iied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/14513IIED.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2022.

UNFCCC. **Database for PA and PoAs**. 2022. United Nations Framework Convention on Climate Change. Disponível em: <https://cdm.unfccc.int/Projects/projsearch.html>. Acesso em: 15 jul. 2022.

UNFCCC. **Paris Agreement - Nationally Determined Contribution (NDC) for the Federative Republic of Brazil**. 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: 13 jul. 2022.

UNFCCC. **Emissions Trading**. Genebra, 2018. Disponível em: <https://unfccc.int/process/the-kyoto-protocol/mechanisms/emissions-trading>. Acesso em: 14 jul. 2022.

UNFCCC. **Land Use, Land-Use Change and Forestry (LULUCF)**. Genebra, 2018. Disponível em: <https://unfccc.int/topics/land-use/workstreams/land-use--land-use-change-and-forestry-lulucf>. Acesso em: 08 nov. 2022.

UNFCCC. **Paris Agreement**. Genebra, 2015. United Nations Framework Convention on Climate Change. Disponível em: [https://unfccc.int/sites/default/files/english\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf). Acesso em: 13 jul. 2022.

UNFCCC. **The Clean Development Mechanism**. United Nations Framework Convention on Climate Change. 2012. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-kyoto-protocol/mechanisms-under-the-kyoto-protocol/the-clean-development-mechanism>. Acesso em: 14 jul. 2022.

WORLD BANK. **Developing a National Green Taxonomy: A World Bank Guide**. Washington: DC, 2020. Disponível em: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/953011593410423487/pdf/Developing-a-National-Green-Taxonomy-A-World-Bank-Guide.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2022.

WRI. **Protocolo de Gases Efeito Estufa: Normas Corporativas de Transparência e Contabilização**. World Resources Institute. 2005. Disponível em: [https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg\\_protocol\\_portuguese.pdf](https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg_protocol_portuguese.pdf). Acesso em: 19 jul. 2022.