

Relatório Técnico

INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC (UFABC)

ANO 2023



Santo André, SP

Novembro 2024

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC - UFABC



Projeto de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

PROPE: PIE1307-2024

Título: Inventário de emissões de gases de efeito estufa (GEE) na Universidade Federal do ABC (UFABC) e estratégias de mitigação

Autores:

Maria Cleofé Valverde

Maria Fernanda Carpinetti Tinoco

Humberto de Paiva Junior

Patrícia Teixeira Leite Asano

Nélio de Freitas Queiroz

Edgar Gonçalves Cardoso

Fernanda Borges Monteiro Alves

Fonte de dados e colaboradores:

Glaucon Trevisan - Divisão de Transportes: Prefeitura Universitária (PU) - UFABC

Lana Carolina Correa Danna - Comissão de Gestão de Resíduos da UFABC

Celso Spuhl - Subprefeito do Campus Santo André - Prefeitura Universitária (PU)

Iolanda Karla Santana dos Santos - Seção de Nutrição e Restaurantes Universitários - PROAP

Tatiane Castilho - Seção de Engenharia de Segurança do Trabalho – SEST - SUGEPE

Fernando Luz dos Santos - Divisão Técnica de Santo André – PU da UFABC

Janaína Gonçalves - Secretária executiva – PU da UFABC

Sergio Carvalho - Núcleo de Tecnologia da Informação – UFABC

Letícia Rocha Oliveira, da Divisão Administrativa da PU

Lista de Figuras

	Página
Figura 1 - Campi da UFABC em Santo André (a), e São Bernardo do Campo (b)	11
Figura 2 – Emissões de GEE do Escopo 1 por categorias	21
Figura 3 - Representatividade (%) das categorias no Escopo 1	21
Figura 4 - Fontes de emissão de Combustão Estacionária	22
Figura 5 - Representatividade (%) das fontes de combustão estacionária	23
Figura 6 - Fontes de Emissões Fugitivas	23
Figura 7 - Representatividade (%) das fontes de emissão fugitiva	24
Figura 8 - Fontes de Combustão Móvel	24
Figura 9 - Representatividade (%) das fontes da combustão móvel	25
Figura 10 - Emissão da biomassa - Escopo 1	25
Figura 11 - Emissão da biomassa - Combustão Estacionária	26
Figura 12 - Emissão da biomassa - Combustão móvel	26
Figura 13 - Sistema instalado no Campus Santo André (388,8 kWp)	28
Figura 14 - Sistema instalado no Campus São Bernardo do Campo (274,3 kWp)	29
Figura 15 - Troca de lâmpadas no Bloco B do Campus Santo André	29
Figura 16 - Troca de lâmpadas LED instaladas em todo estacionamento do bloco A no campus Santo André	30
Figura 17 - Representatividade (%) das fontes do Escopo 3	32
Figura 18 – Emissões de GEE por Escopos da UFABC	33
Figura 19 - Representatividade (%) dos Escopos na UFABC	33
Figura 20 – Fontes de emissões mapeadas de todas as categorias e Escopos da UFABC	34
Figura 21 - Representatividade (%) das fontes da UFABC	34
Figura 22 – Fluxograma de ação para a gestão de resíduos sólidos	36
Figura 23 - Fluxograma de ação para a gestão de efluentes	38

Lista de Tabelas

	Página
Tabela 1 – Fontes de dados considerados para o cálculo de emissões de GEE	17
Tabela 2 - Fontes mapeadas na UFABC (Campi de Santo André e São Bernardo do Campo) ...	19
Tabela 3 – Emissões de GEE do Escopo 1 na UFABC para o ano de 2023	20
Tabela 4 - Emissões de GEE do Escopo 2 na UFABC para o ano de 2023	27
Tabela 5 – Emissões de GEE do Escopo 3 na UFABC para o ano de 2023	31
Tabela A1 - Fatores de emissão para aviação civil - transporte de passageiros	59
Tabela A2: Fatores de emissão para transporte de passageiros em trem	59
Tabela A3: Fatores de emissão para transporte de passageiro em ônibus de viagem	60

SUMÁRIO

	Página
Lista de Figuras	2
Lista de Tabelas	3
1. Introdução	6
1.1. Definição de Inventário de emissões de GEE	7
1.2. Importância e objetivo final de um inventário	8
1.3. Programa Brasileiro GHG <i>Protocol</i>	8
1.4. Inventário de Emissões de GEE para a Universidade Federal do ABC	9
2. Dados e Metodologia	12
2.1. Limites do Inventário de GEE	12
2.1.1. Limites geográficos	12
2.1.2. Limites organizacionais	13
2.1.3. Limites operacionais	13
2.2. Cálculo das emissões de GEE através da ferramenta do Programa Brasileiro GHG <i>Protocol</i>	14
2.3 Ano Base	15
2.4 Gases do efeito estufa considerados e fatores de emissão	15
2.5. Fontes mapeadas e dados coletados da UFABC	16
3. Resultados e discussão	18
3.1. Limite geográfico	18
3.2 Limite organizacional	18
3.3. Limites operacionais: fontes de emissões de GEE mapeadas na UFABC	18
3.4. Ano base	19
3.5. Emissões de GEE do Escopo 1 por categoria e fonte	20
3.6. Emissões de GEE do Escopo 2 por categoria e fonte	26
3.7. Emissões de GEE do Escopo 3 por categoria e fonte	31
3.8. Emissões de GEE total por Escopo	32

3.9. Ações para reduzir as emissões de GEE no setor de resíduos sólidos e efluentes: Recomendações	34
3.10. Ações para reduzir as emissões de GEE no setor de energia: Recomendações ...	38
3.11. Ações para reduzir as emissões de GEE no setor de transporte e Mobilidade: Recomendações	39
4. Considerações Finais	42
Referências.....	44
Apêndice A	45

1. INTRODUÇÃO

Cidades são as áreas que contribuem significativamente com as emissões de gases de efeito estufa (GEE) antropogênicos e serão as mais impactadas pelos efeitos do Aquecimento Global, uma vez que a maioria destas emissões provém das atividades humanas, onde grande parte da população se concentra.

Segundo Crippa et al. (2021) a população urbana quase dobrou em todo o mundo e com um referencial para o ano de 2015, os autores afirmaram que os centros urbanos são a fonte de um terço dos GEE antropogênicos globais e responsáveis pela maioria das emissões de poluentes atmosféricos. Os altos níveis de população e emissões em centros urbanos, portanto, exigem esforços focados de mitigação urbana. Além disso, os autores ressaltam que apesar do aumento geral nas emissões urbanas, as megacidades com mais de 10 milhões de habitantes em países de alta renda têm reduzido suas emissões, enquanto as emissões em regiões em desenvolvimento ainda estão crescendo.

De uma perspectiva de sustentabilidade, a capacidade de identificar a natureza, a localização e a fonte das emissões são importantes, em particular onde pontos críticos de poluentes atmosféricos localizados expõem a população a altos níveis de concentração de poluição do ar. Dados de emissões locais também são importantes para projetar abordagens de políticas adaptadas localmente para a mitigação das mudanças climáticas (Cripta et al., 2021). Dessa forma, Inventários de Emissões são o primeiro passo para mapear GEE e conhecer o quanto se emite.

Em uma escala global, os países, chamados de Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC) desenvolvem, atualizam e publicam periodicamente seus inventários nacionais de gases de efeito estufa, usando metodologias comparáveis a serem acordadas pela Conferência das Partes. As "metodologias comparáveis" acordadas são aquelas produzidas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). Além disso, as Partes do Acordo de Paris decidiram em dezembro de 2018 que cada Parte usará as Diretrizes do IPCC de 2006 para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa e

usará qualquer versão subsequente ou refinamento das diretrizes do IPCC acordadas pela Conferência das Partes, servindo como reunião das Partes do Acordo de Paris (IPCC, 2019).

O IPCC estabeleceu o *National Greenhouse Gas Inventories Programme* (NGGIP) para fornecer métodos para estimar inventários nacionais de emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera e remoções dela. O NGGIP também existe para incentivar o uso da orientação metodológica do IPCC (IPCC, 2019).

Por outro lado, uma abordagem baseada localmente também é importante para o apoio de cidadãos, empresas e governos locais. Os governos locais e regionais têm responsabilidade substancial por muitas decisões para reduzir as emissões e a poluição do ar, por exemplo, no setor transporte e no uso do solo. Portanto, é importante mapear onde as emissões são geradas, para poder adaptar as políticas de redução de emissões às suas fontes geográficas e setoriais.

1.1 Definição de Inventário de emissões de GEE

Um inventário de gases de efeito estufa mapeia e quantifica a quantidade de gases de retenção de calor, liberados por fontes antropogênicas dentro de um limite definido, geralmente ao longo de um ano. Fontes comuns em inventários de toda a comunidade incluem transporte, energia residencial e comercial, tratamento de águas residuais e decomposição de resíduos sólidos (IPCC, 2019).

Os inventários nacionais de gases de efeito estufa são ferramentas essenciais para os países relatarem de forma transparente suas emissões antropogênicas e remoções de gases de efeito estufa. Eles fornecem uma base fundamental para a confiança mútua entre os países, necessária para a implementação eficaz de acordos internacionais para lidar com as mudanças climáticas. Eles também são ferramentas essenciais no desenvolvimento de políticas e no monitoramento de impacto. Além disso, fornecem informações inestimáveis para aqueles que desenvolvem políticas relacionadas às mudanças climáticas.

Os inventários de gases de efeito estufa podem medir a quantidade de emissões

liberadas pelas operações de uma instituição, empresa industrial, organização religiosa, um governo local, estadual ou nacional. Os inventários também podem ser construídos na escala da comunidade, cobrindo as emissões liberadas por todas as atividades humanas que ocorrem dentro dos limites de uma cidade, vila ou condado.

1.2. Importância e objetivo final de um inventário

Ao entender o perfil das emissões por meio do diagnóstico fornecido pelo inventário, qualquer organização pode avançar para o próximo estágio: estabelecer estratégias, planos e metas para a redução e gestão das emissões de gases de efeito estufa (*GHG Protocol* Brasil, 2008).

1.3. Programa Brasileiro *GHG Protocol*

O *Greenhouse Gases Protocol (GHG Protocol)* é um pacote de padrões, orientações, ferramentas e treinamentos para que empresas e governos mensurem e gerenciem as emissões antropogênicas responsáveis pelo aquecimento global. Ele foi criado por uma parceria entre o *World Resource Institute (WRI)* e o *World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)*, o *GHG Protocol* abrange padrões de contabilização de emissões e remoções de gases de efeito estufa (GEE) para cidades, setor corporativo, cadeia de valor, agropecuária, ciclo de vida do produto, entre outros. Os protocolos são, em sua maioria, desenvolvidos de forma abrangente e adaptados em diversos países para melhor atender a cada realidade (*GHG Protocol*, 2004).

Em 2008 surge o Programa Brasileiro *GHG Protocol*, o qual foi criado em 2008 com a responsabilidade de adaptar o método *GHG Protocol* ao contexto brasileiro, assim como o desenvolvimento adaptado de ferramentas de cálculo para estimativas de GEE. O programa foi desenvolvido pelo Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas (FGVces) e o WRI, em parceria com o Ministério do Meio Ambiente, Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), *World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)* e 27 Empresas Fundadoras (*GHG Protocol*, 2008).

O Programa Brasileiro GHG *Protocol* visa promover uma cultura de mensuração, publicação e gestão voluntária das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil. Ele oferece aos participantes acesso a padrões internacionais para contabilização e elaboração de inventários de GEE, além de estabelecer uma plataforma nacional para a publicação desses inventários corporativos e organizacionais.

As organizações envolvidas no Programa têm acesso a treinamentos especializados em contabilização e elaboração de inventários de GEE, além de ferramentas e metodologias reconhecidas internacionalmente. O Programa também facilita a troca de experiências e a busca conjunta por soluções, promovendo a cooperação entre as instituições participantes (GHG *Protocol*, 2008).

No Brasil, o Programa do GHG *Protocol* possui um Registro Público de Emissões que permite que instituições publiquem seus inventários (<https://registropublicodeemissoes.fgv.br/>)

1.4. Inventário de Emissões de GEE para a Universidade Federal do ABC (UFABC)

O objetivo principal deste relatório é mostrar e divulgar os resultados obtidos por meio da elaboração do inventário de emissões de GEE para a UFABC através da utilização da ferramenta de cálculo do Programa Brasileiro GHG *Protocol*.

É mais que evidente que a Emergência Climática é uma realidade no Brasil e os impactos do aquecimento global estão diretamente atrelados com as variabilidades climáticas extremas que atualmente o país enfrenta, um exemplo que pode ser citado é a inundação catastrófica que o sul do Brasil sofreu em maio-junho de 2024. Segundo a Defesa Civil, até o dia 03 de junho de 2024, foram registrados 475 municípios afetados tanto pelas chuvas quanto inunda es, o que corresponde a 96% do total de municípios do Rio Grande do Sul, 806 feridos, 42 desaparecidos, 172 óbitos e um total de 2.390.556 pessoas afetadas pelo evento extremo (Rocha et al., 2024).

Nesse contexto, elaborar inventários de GEE   um passo inicial para que uma institui o,

nesse caso a UFABC, instituição pública federal de ensino superior, possa contribuir para o combate ao aquecimento global.

O conhecimento do tipo de emissões, a partir do diagnóstico de um inventário, podem servir de ajuda para rastrear aumentos e reduções em emissões futuras e deve permitir à UFABC avançar na construção de planos e metas para redução e gestão das emissões de GEE, engajando-se na solução desse enorme desafio global, que é mitigar ou reduzir as emissões de GEE, assim como se tornar mais sustentável, tornando-se exemplo e implantando uma cultura de autoavaliação e de boas práticas.

A UFABC¹ começou a ser idealizada no ano de 2004, quando o Ministério da Educação encaminhou ao Congresso Nacional o Projeto de Lei 3962/2004 que previa a criação da Universidade Federal do ABC. Essa Lei foi sancionada pelo Presidente da República e publicada no Diário Oficial da União de 27 de julho de 2005, com o Nº 11.145 e datada de 26 de julho de 2005. O Projeto Acadêmico da UFABC procura levar em conta as mudanças no campo da ciência, propondo uma matriz interdisciplinar, caracterizada pela intercessão de várias áreas do conhecimento científico e tecnológico.

O Projeto da Universidade¹ ressalta a importância de uma formação integral, que inclui a visão histórica da nossa civilização e privilegia a capacidade de inserção social no sentido amplo. Além disso, o projeto tem como meta a criação de um ambiente acadêmico favorável ao desenvolvimento social, contribuindo para a busca de soluções para os problemas regionais e nacionais, a partir da cooperação com outras instituições de ensino e pesquisa e instâncias do setor industrial e do poder executivo, legislativo e judiciário.

A UFABC localizada no ABC Paulista possui dois campi, um em Santo André (Figura 1a) e o outro em São Bernardo do Campo (Figura 1b) e atende uma população de estudantes, que se estende muito além da Região do ABC Paulista. Segundo um levantamento do perfil socioeconômico de 2010² dos alunos da UFABC, foi revelado que a maior parte dos estudantes matriculados na universidade morava em São Paulo antes de ingressar nos bacharelados

¹ <https://www.ufabc.edu.br/a-ufabc/sobre#>

² <https://www.ufabc.edu.br/noticias/mais-de-um-terco-dos-alunos-da-ufabc-e-da-capital>

oferecidos pela instituição. Com base em um total de 3.812 alunos, 91,11% do total de estudantes, foi encontrado que 38,22% eram da capital paulista. Santo André, com 13,72%, São Bernardo, com 11,31%, e São Caetano do Sul, com 3,07% dos estudantes, aparecem logo atrás. As cidades do interior paulista, juntas, somam 15,22% e outras cidades da Grande São Paulo respondem por 11,04% dos alunos da UFABC. Minas Gerais e outros Estados contabilizam 1,84% e 1,29%, respectivamente. Atualmente, grande parte dos alunos da UFABC continua sendo da cidade de São Paulo, além de continuar trabalhando para se tornar uma "universidade para o mundo", a partir de um novo projeto pedagógico.

Figura 1: Campi da UFABC em Santo André (a) e São Bernardo do Campo (b)



a)



b)

Fonte: <https://www.ufabc.edu.br/a-ufabc/campi>

Com a realização do inventário, a UFABC avança no quesito de sustentabilidade e se torna a primeira universidade da região do ABC Paulista em mapear as suas emissões de GEE.

2. DADOS E METODOLOGIA

Segundo o Programa Brasileiro GHG Protocol (2008), “Entre as diferentes metodologias existentes para a realização de inventários de gases de efeito estufa corporativos, o *The Greenhouse Gas Protocol – A Corporate Accounting and Reporting Standard (O Protocolo de Gases de Efeito Estufa – Um Padrão Corporativo de Contabilização e Reporte)*, ou simplesmente *GHG Protocol*, lançado em 1998 e revisado em 2004, é hoje a ferramenta mais utilizada mundialmente pelas empresas e governos para entender, quantificar e gerenciar suas emissões. Entre as características da ferramenta destacam-se o fato de oferecer uma estrutura para contabilização de GEE, o caráter modular e flexível, a neutralidade em termos de políticas ou programas e a questão de ser baseada em um amplo processo de consulta pública”.

Assim, a metodologia utilizada para o cálculo das emissões de GGE da UFABC foi o do Programa Brasileiro GHG Protocol (2008).

2.1. Limites do Inventário de GEE

Para garantir os princípios básicos de um inventário (relevância, integralidade, consistência, exatidão e transparência), é necessário estabelecer as fronteiras do mesmo (GHG Protocol Brasil, 2008). Essas fronteiras são os limites do inventário e são descritos a seguir.

2.1.1. Limites geográficos

As fontes de emissões localizadas no território brasileiro devem ser incluídas no inventário. As emissões internacionais podem ser relatadas de forma opcional e separada das emissões nacionais. Identificar as fontes móveis de emissão pode ser mais complicado. Essas fontes, sejam terrestres, aéreas ou aquáticas, podem operar tanto dentro quanto fora do Brasil em uma única viagem (GHG Protocol Brasil, 2008).

De acordo com o princípio da integralidade, os participantes que divulgarem informações sobre viagens internacionais devem incluir em seus inventários as emissões relacionadas a trajetos que começaram ou terminaram no Brasil, mesmo que parte dessas

emissões tenha ocorrido fora do limite geográfico (GHG *Protocol* Brasil, 2008).

Para o caso da UFABC, os limites geográficos correspondem aos campi da UFABC, o de Santo André e São Bernardo do Campo.

2.1.2. Limites organizacionais

O Programa Brasileiro GHG *Protocol* adota duas abordagens para definir os limites organizacionais: controle operacional e participação societária. As organizações/instituições que elaboram seu inventário com base na participação societária devem incluir, nesse inventário, as emissões de fontes que possuem total ou parcialmente, conforme sua participação em cada uma delas. Por outro lado, na abordagem de controle operacional, os participantes devem contabilizar 100% das emissões de fontes sob seu controle, excluindo qualquer emissão de fontes que não estão sob sua responsabilidade, independentemente de sua participação acionária (GHG *Protocol* Brasil, 2008).

2.1.3. Limites operacionais

Definir o limite operacional requer identificar as emissões relacionadas às suas atividades, classificando-as em diretas ou indiretas, e escolhendo o escopo para a contabilização e a elaboração do inventário de emissões (GHG *Protocol* Brasil, 2008).

Para auxiliar na identificação das fontes de emissões diretas e indiretas, aumentar a transparência e atender às necessidades de diferentes organizações, políticas relacionadas à mudança climática e objetivos de negócios, são estabelecidos três "escopos" (Escopo 1, Escopo 2 e Escopo 3) para a contabilização e a elaboração do inventário de GEE (GHG *Protocol* Brasil, 2008).

Segundo o Programa Brasileiro GHG *Protocol* (2008), as definições de cada um dos escopos encontram-se a seguir:

- **Escopo 1:** Emissões diretas de GEE são as provenientes de fontes que pertencem ou são controladas pela organização. As emissões do Escopo 1 são divididas em 5 categorias:
 - a) Combustão Estacionária: geração de eletricidade, vapor, energia ou calor de uma fonte fixa (ex: caldeiras, fornos, geradores)

- b) Combustão Móvel: emissão proveniente de transportes.
 - c) Emissões Fugitivas: liberação da produção, processamento, transmissão, armazenagem e uso de combustíveis; e liberação não intencional, como vazamentos, recargas e escapes em equipamentos.
 - d) Emissões de processo: emissão do processo produtivo, mas que não sejam oriundas de combustão.
 - e) Emissões agrícolas: toda emissão proveniente de fermentação entérica, cultivo de arroz, manejo de esterco, preparação de solo, queima prescrita e queima de resíduos agrícolas.
- **Escopo 2:** Emissões indiretas de GEE provenientes da aquisição de energia elétrica e térmica.
 - **Escopo 3:** é uma categoria de relato opcional que abrange todas as demais emissões indiretas. Essas emissões decorrem das atividades da empresa, mas ocorrem em fontes que não são de sua propriedade ou controle. Apesar de ser opcional, o Programa recomenda fortemente o relato das emissões de Escopo 3, que contribuem significativamente para o respectivo inventário.

O Escopo 3 é dividido em 15 categorias. Essas categorias e suas definições podem ser acessadas na Nota Técnica:

https://eaesp.fgv.br/sites/eaesp.fgv.br/files/u1087/biblioteca_ghg_.pdf

2.2. Cálculo das emissões de GEE através da ferramenta do Programa Brasileiro GHG Protocol

Para o cálculo das emissões foi utilizada a ferramenta do Programa Brasileiro GHG Protocol, disponível em: <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSd28GUG1Kc8wXj8JNRAFhMRh32r24Wome4RBuEdsnEb3OLB0Q/viewform>

Ressalta-se que as emissões resultantes da combustão de biomassa devem ser tratadas de maneira distinta das provenientes de combustíveis fósseis. O CO₂ liberado durante a

combustão da biomassa corresponde ao CO₂ absorvido da atmosfera durante a fotossíntese, o que permite considerá-lo como "carbono neutro". Assim, as emissões de CO₂ da biomassa devem ser excluídas dos Escopos 1, 2 e 3 e relatadas separadamente, a fim de garantir consistência com o inventário nacional. Por outro lado, as emissões de CH₄ e N₂O não podem ser consideradas neutras, pois esses gases não são removidos da atmosfera durante o crescimento da biomassa. Portanto, as emissões de CH₄ e N₂O devem ser incluídas nos escopos (GHG *Protocol* Brasil, 2008).

A diferenciação entre os tipos de combustíveis deve ser levada em conta ao contabilizar as emissões resultantes da queima de combustíveis que consistem em uma mistura de biomassa e de origem fóssil (GHG *Protocol* Brasil, 2008).

2.3. Ano Base

Os participantes do Programa Brasileiro GHG *Protocol* devem selecionar o ano-base de seu inventário e justificar a escolha desse ano específico. O ano-base pode ser o ano em que o inventário está sendo elaborado ou qualquer ano anterior para o qual haja dados de emissões verificáveis, conforme as Especificações do Programa Brasileiro GHG *Protocol* (GHG *Protocol* Brasil, 2008).

Para o caso da UFABC, por ser o primeiro inventário desenvolvido para o ano de 2023, este será o ano base. No entanto, a recomendação do Programa Brasileiro GHG *Protocol* será levada em conta: *“devem ser recalculadas as emissões de seu ano-base nos casos de: mudanças estruturais na instituição, alteração na metodologia e descoberta de erros significativos (mudanças que alterem para mais de 5% as emissões de um ano base)”*.

2.4. Gases do efeito estufa considerados e fatores de emissão

Os participantes do Programa Brasileiro GHG *Protocol* devem incluir em seu inventário de emissões, todos os gases reconhecidos internacionalmente como gases de efeito estufa, regulados pelo Protocolo de Kyoto, que são (GHG *Protocol* Brasil, 2008):

- Dióxido de carbono (CO₂)
- Metano (CH₄)
- Óxido nitroso (N₂O)
- Hexafluoreto de enxofre (SF₆)
- Hidrofluorcarbonos (HFCs)
- Perfluorcarbonos (PFCs)

O fator de emissão (FE) é um indicador que mede a quantidade de gases emitidos a partir da transformação ou queima de uma matéria-prima.

O Potencial de Aquecimento Global (GWP) de cada gás, que deve ser utilizado para calcular o equivalente em dióxido de carbono (CO₂e) para cada um dos gases. Os Potenciais de Aquecimento Global de cada gás pode ser encontrado na ferramenta de cálculo do Programa Brasileiro GHG Protocol: [content \(fgv.br\)](http://content.fgv.br)

De forma geral, as emissões de GEE são calculadas para cada fonte individualmente. Se considerarmos, por exemplo, a queima de GLP que emite os seguintes GEE: CO₂, CH₄, N₂O, em um forno teremos a seguinte formulação:

$$EMISSÃO DE GEE GLP (KGCO_2e) = QUANTIDADE DE GLP (TON) \times FE GEE \times GWP GEE \quad \dots (1)$$

Onde:

Emissão de GEE GLP = Emissão de um GEE (CO₂, CH₄, N₂O) utilizado na queima de GLP

FE GEE = É o fator de emissão correspondente a um GEE (CO₂, CH₄, N₂O)

GWP GEE = É o potencial de aquecimento correspondente a cada GEE (CO₂, CH₄, N₂O)

Para o exemplo acima, essa formulação será aplicada para cada GEE (CO₂, CH₄, N₂O) separadamente, para depois fazer a somatória das emissões para os três tipos de GEE e obter a emissão total em KG de carbono equivalente (KGCO₂e).

2.5. Fontes mapeadas e dados coletados da UFABC

Na Tabela 1 se apresentam as fontes mapeadas por categoria e escopo e os dados que foram considerados para o cálculo da emissão. Algumas fontes foram mapeadas, mas devido à ausência de dados, não foi possível o cálculo da emissão. Estas fontes também se encontram especificadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Fontes de dados considerados para o cálculo de emissões de GEE

Escopo	Categoria	Fonte	Dado
Escopo 1	Combustão Estacionária	Geradores - Santo André	Volume de diesel (litros) comprado em 2023
		Geradores - SBC	Volume de diesel (litros) comprado em 2023
		Forno/refeitório - Santo André	Volume de GLP (kg) comprado em 2023
		Forno/refeitório - SBC	Volume de GLP (kg) comprado em 2023
	Combustão Móvel	Carros da frota oficial	Consumo total em litros
		Vans, caminhonetes e VUC	Consumo total em litros
Emissões Fugitivas	Recarga de extintores de CO ₂	Quantidade de extintores e peso dos extintores (kg)	
	Recarga de ar-condicionado	Quantidade (kg) de recarga contratada no ano	
Escopo 2	Energia Elétrica	Sistema interligado nacional	Consumo de energia (kWh)
		Sistema Conectado à rede (sistema fotovoltaico)	Geração de energia para consumo próprio e com a possibilidade de entrega de excedente para rede (kWh)
Escopo 3	Resíduos gerados na operação	Reciclagem	Quantidade (kg) de equipamentos eletrônicos
		Resíduos Incinerados	Quantidade (kg) de resíduos químicos, perfurocortantes,
		Resíduos aterrados	Resíduos úmidos e secos (recicláveis e não recicláveis) não há dado de quantidade e composição. Não foi uma fonte calculada.

	Transporte e Distribuição <i>downstream</i>	Ônibus Interunidades	Estimativa de consumo com base no consumo médio de um ônibus urbano e das distâncias percorridas nos trajetos.
	Viagens a trabalho	Viagens aéreas, rodoviárias, veículos próprios e oficiais, e ferroviárias	Dados obtidos através do portal da transparência ³ . Utilizados os dados de origem e destino para estimar distâncias e consumos.
	Deslocamento casa-universidade	Mobilidade de alunos e professores no trajeto casa-universidade	Dificuldade na obtenção dos dados. Não foi uma fonte calculada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma vez que os relatórios se referem à documentação das estimativas de emissões, nesta seção apresentam-se os resultados obtidos através do uso da ferramenta Programa Brasileiro *GHG Protocol*. As formulações com os cálculos se encontram no Apêndice A.

Os resultados dos cálculos para cada escopo do inventário são apresentados em tabelas, gráficos ou outros formatos usados para comunicar informações de inventário. Inicialmente se estabelece os limites do inventário.

3.1 Limite geográfico

O inventário refere-se aos campi de Santo André e de São Bernardo do Campo.

3.2. Limite organizacional

A abordagem utilizada no inventário é a de controle operacional, ou seja, as emissões relacionadas às atividades da UFABC, classificando-as em diretas ou indiretas, e escolhendo o escopo para a contabilização e a elaboração dos cálculos.

3.3. Limites operacionais: Fontes de emissões de GEE mapeadas na UFABC

³ <https://portaldatransparencia.gov.br/>

As fontes da UFABC mapeadas para cada Escopo encontram-se na Tabela 2 com as especificações para cada fonte já mostradas na Tabela 1.

Tabela 2: Fontes mapeadas na UFABC (Campi de Santo André e São Bernardo do Campo)

Escopo	Categoria	Fonte
Escopo 1	Combustão Estacionária	Geradores - Santo André Geradores - SBC Forno/refeitório - Santo André Forno/refeitório - SBC
	Combustão Móvel	Carros da frota oficial Vans, caminhonetes e VUC
	Emissões Fugitivas	Recarga de extintores de CO ₂ Recarga de ar condicionado
Escopo 2	Energia Elétrica	Sistema interligado nacional Sistema fotovoltaico
Escopo 3	Resíduos gerados na operação	Resíduos aterrados Resíduos Incinerados
	Transporte e Distribuição <i>downstream</i>	Ônibus Interunidades
	Viagens a trabalho	Viagens aéreas Viagens rodoviárias (ônibus e veículos próprios e oficiais) Viagens ferroviárias

3.4. Ano Base

As emissões referem-se ao período de 01/01/2023 a 31/12/2023. A seguir são apresentados os números dos balanços estimados para cada escopo e, no Apêndice A se mostra com maior detalhe os cálculos e os fatores de emissões utilizados, seguindo a metodologia do Programa Brasileiro GHG *Protocol*.

3.5. Emissões de GEE do Escopo 1 por categoria e fonte

Considerando o Escopo 1 (Tabela 3), verifica-se o total de 572 tonCO₂e para emissão fóssil e 7 tonCO₂e para emissão biogênica. Para esse escopo, as emissões mais representativas na UFABC estão na categoria de emissões fugitivas com 403 toneladas de carbono equivalente (tonCO₂e) emitidas em 2023 (Figura 2) relacionadas com a recarga do ar condicionado. As emissões fugitivas representaram 71% das emissões de Escopo 1 considerando as três categorias analisadas, conforme Figura 3 abaixo.

Tabela 3: Emissões de GEE do Escopo 1 na UFABC para o ano 2023

Categoria	Fonte	Emissão fóssil (tonCO ₂ e)		Emissão biogênica (tonCO ₂ e)	
Combustão Estacionária	Geradores - Santo André	21	144	3	3,3
	Geradores - SBC	2		0,3	
	Forno/refeitório - Santo André	82		-	
	Forno/refeitório - SBC	38		-	
Combustão Móvel	Carros da frota oficial	10	25	2,4	4
	Vans, caminhonetes e VUC	15		1,8	

Emissões Fugitivas	Recarga de extintores de CO ₂	0,78	403	-	-
	Recarga de ar condicionado	403		-	-
Emissão total do Escopo 1		572		7	

Gases não controlados pelo Protocolo de Quioto, como o gás R-22 (mas, que sim são controlados no Protocolo de Montreal) que faz parte da recarga de ar condicionado, totalizaram 199,8 tonCO₂e de emissões fugitivas. Esta emissão não é incluída no total de emissões do Escopo 1, por não fazer parte dos gases controlados pelo Protocolo de Quioto, mas devem ser reportados em separado e não contabilizados na emissão total do Escopo.

Figura 2 - Emissões de GEE do Escopo 1 por categorias

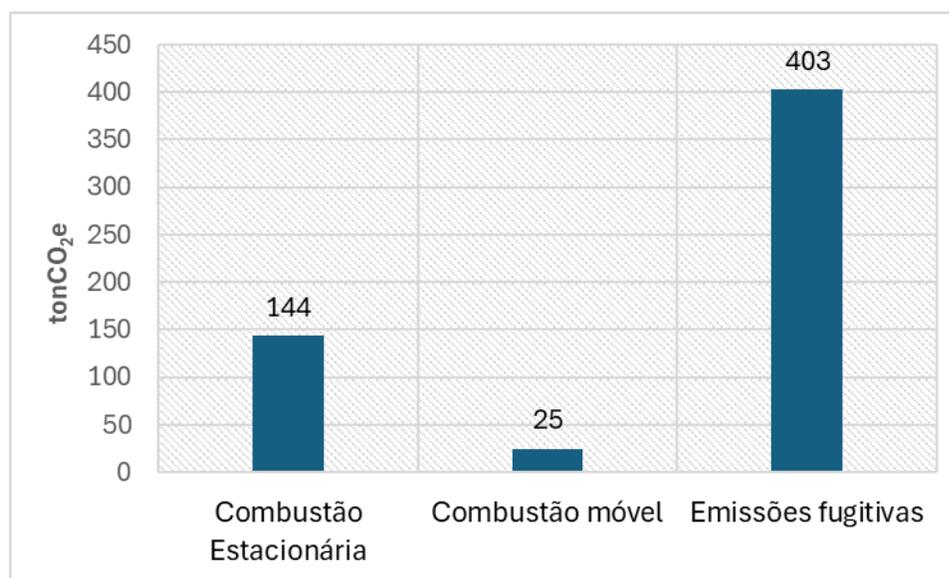
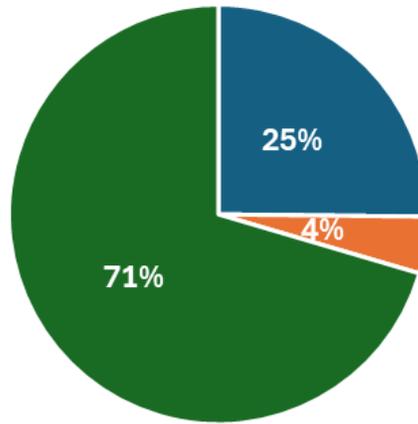


Figura 3 - Representatividade (%) das categorias no Escopo 1



■ Combustão Estacionária ■ Combustão móvel
 ■ Emissões fugitivas

Percebe-se na Tabela 3 que nem todas as informações para o Escopo 1 foram disponibilizadas de forma separada para cada Campus. Apenas as informações relacionadas com a combustão estacionária, especificamente para geradores e fornos no refeitório do restaurante universitário (RU).

A fonte de emissão da categoria de combustão estacionária mais representativa é do forno do refeitório (RU) do Campus de Santo André (Figura 4). Sendo que essa fonte representa 57% das emissões da combustão estacionária da UFABC (Figura 5).

Figura 4 - Fontes de emissão de Combustão Estacionária

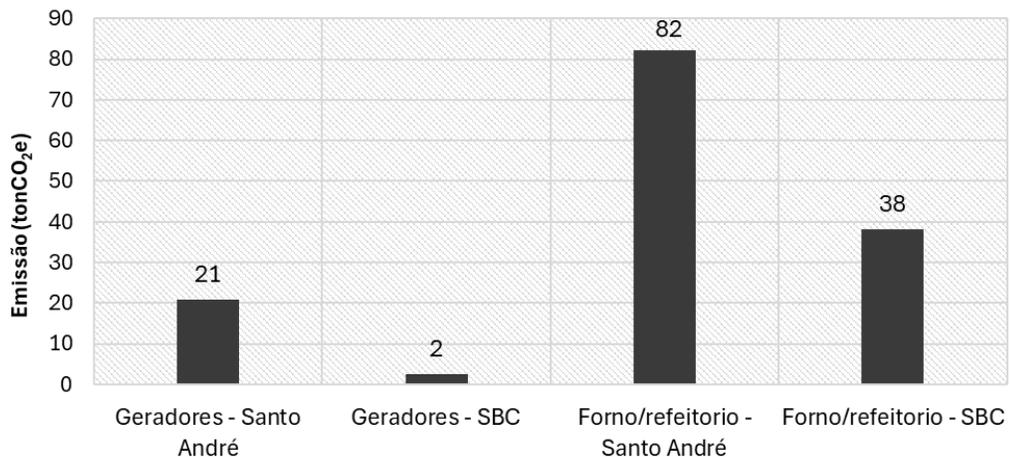
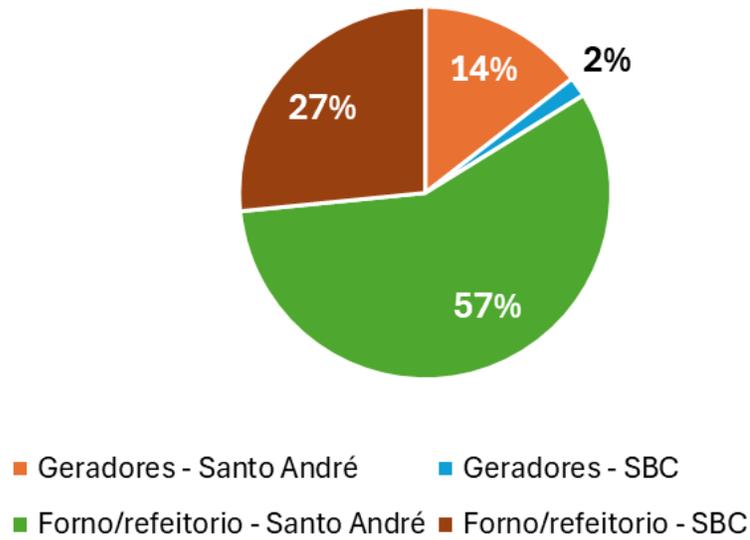


Figura 5 - Representatividade (%) das fontes de combustão estacionária



A fonte das emissões fugitivas mais representativa é a recarga de gás nos equipamentos de ar-condicionado (Figura 6). Essa fonte representa quase 100% das emissões fugitivas (Figura 7).

Figura 6 - Fontes de Emissões Fugitivas

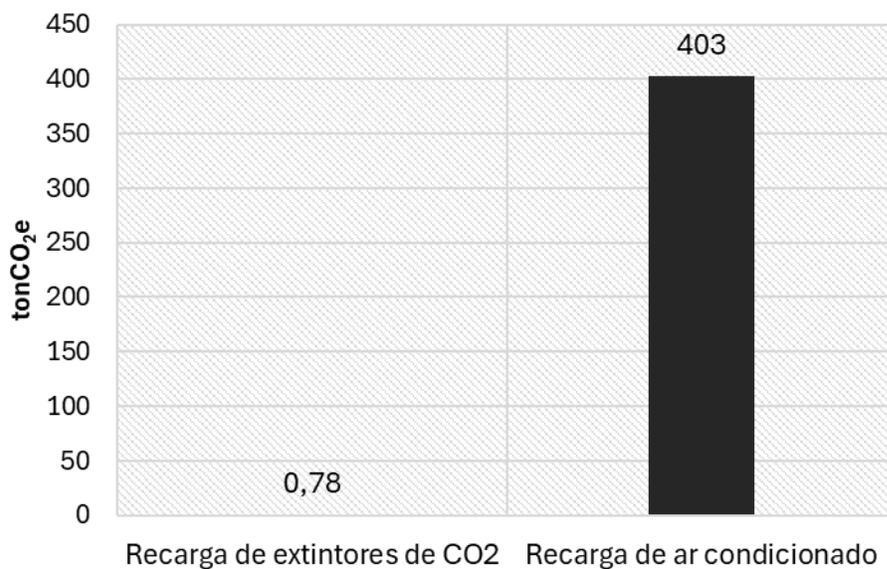
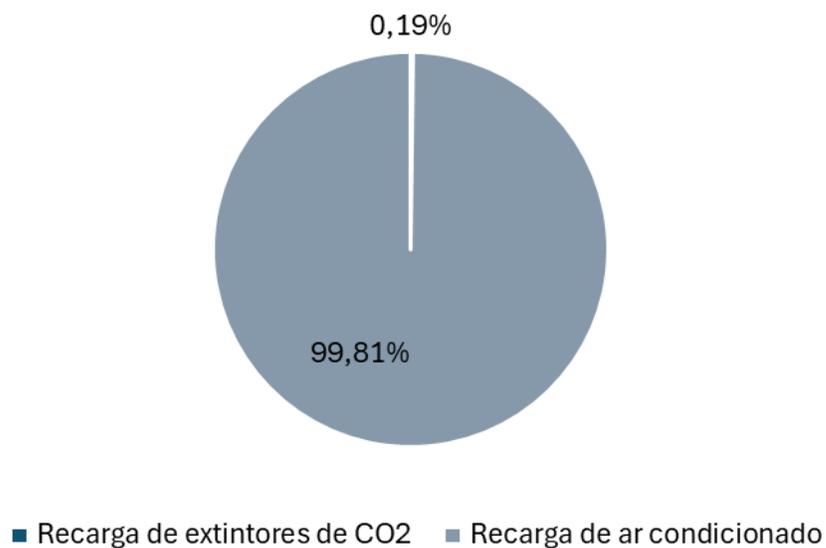


Figura 7 - Representatividade (%) das fontes de emissão fugitiva



As vans, caminhonetes e VUC são as fontes de combustão móvel mais representativa (Figura 8), representando 61% dessa categoria (Figura 9).

Figura 8 - Fontes de Combustão Móvel

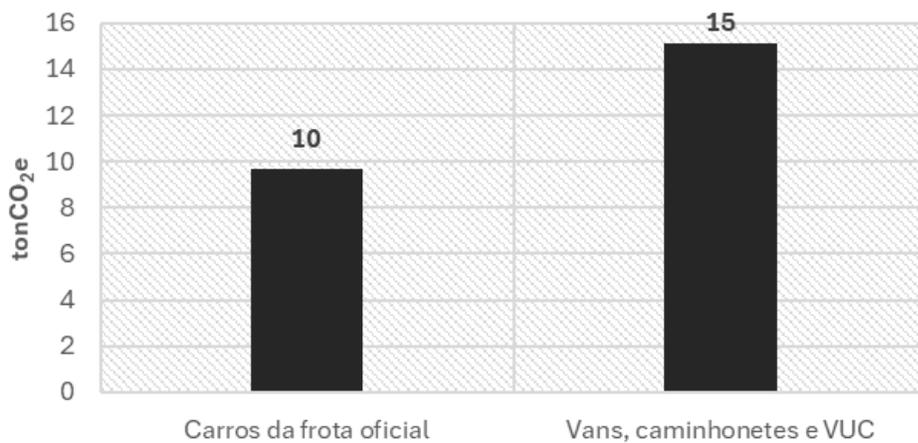
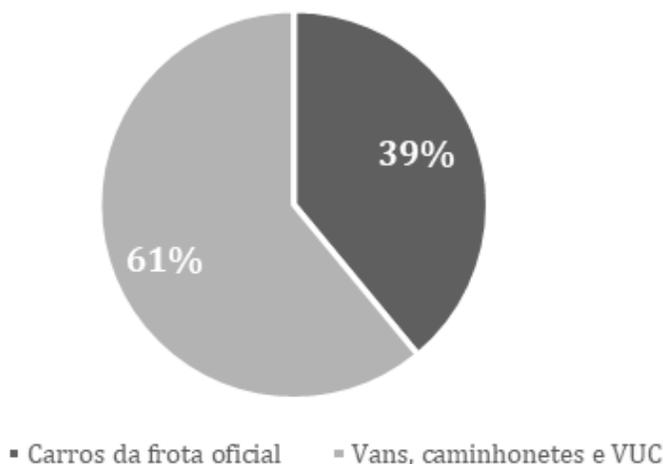


Figura 9 - Representatividade (%) das fontes da combustão móvel



Emissões da biomassa do Escopo 1

As emissões referentes ao carbono biogênico, fonte do uso de combustíveis renováveis, são mais expressivas nos geradores do campus de Santo André e nos carros da frota oficial. Isso se deve pela mistura de biodiesel no diesel e de etanol anidro na gasolina A.

A Figura 10 representa a emissão da biomassa por categoria do Escopo 1. As Figuras 11 e 12 representam as emissões da biomassa por tipo de fonte.

Figura 10 - Emissão da biomassa - Escopo 1

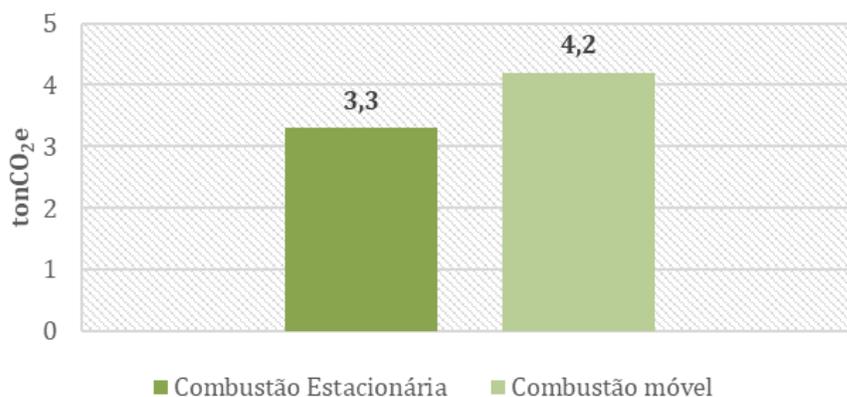


Figura 11 - Emissão da biomassa - Combustão Estacionária

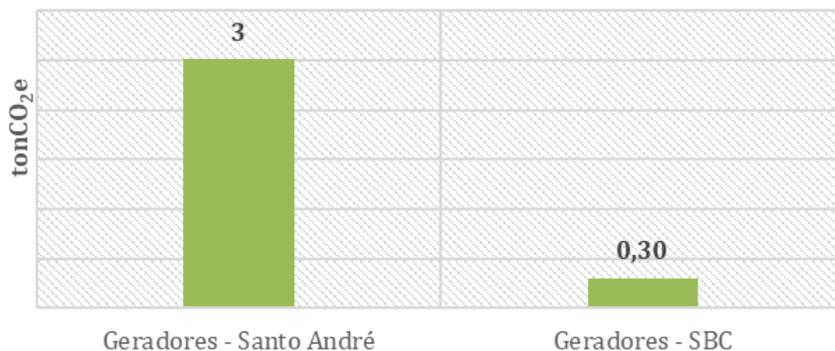
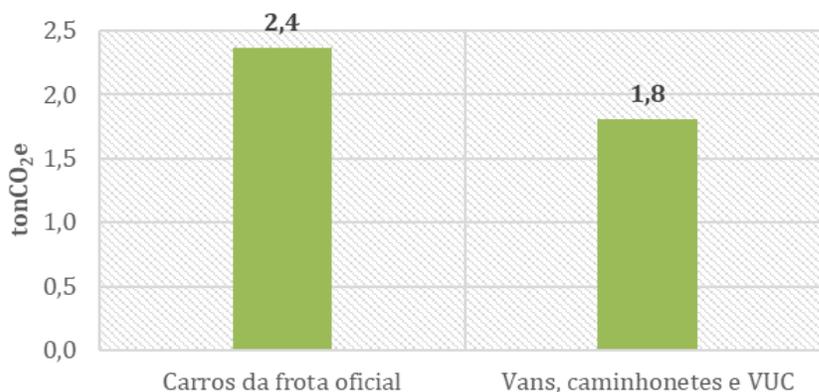


Figura 12 - Emissão da biomassa - Combustão móvel



3.6. Emissões de GEE do Escopo 2 por categoria e fonte

Na Tabela 4 são mostradas as emissões do Escopo 2 relacionadas com a energia elétrica, e separado para cada Campus. Como a UFABC possui uma Usina Solar, a energia gerada e consumida pelos módulos fotovoltaicos não gera emissões de GEE. Contudo, a energia consumida do Sistema Interligado Nacional gerou a emissão de 251 toneladas de carbono equivalente em 2023 (Tabela 4). Também, se observa que é no campus de Santo André onde se tem a maior emissão fóssil (187 tonCO₂e).

Tabela 4: Emissões de GEE do Escopo 2 na UFABC para o ano de 2023

Categoria	Fonte	Emissão fóssil (tonCO ₂ e)		Emissão biogênica (tonCO ₂ e)	
Energia Elétrica	Sistema Interligado Nacional – Santo André	187	251	-	-
	Sistema Interligado Nacional – SBC	64			
	Sistema Conectado à rede (sistema fotovoltaico)	0			
Emissão total do Escopo 2		251		-	

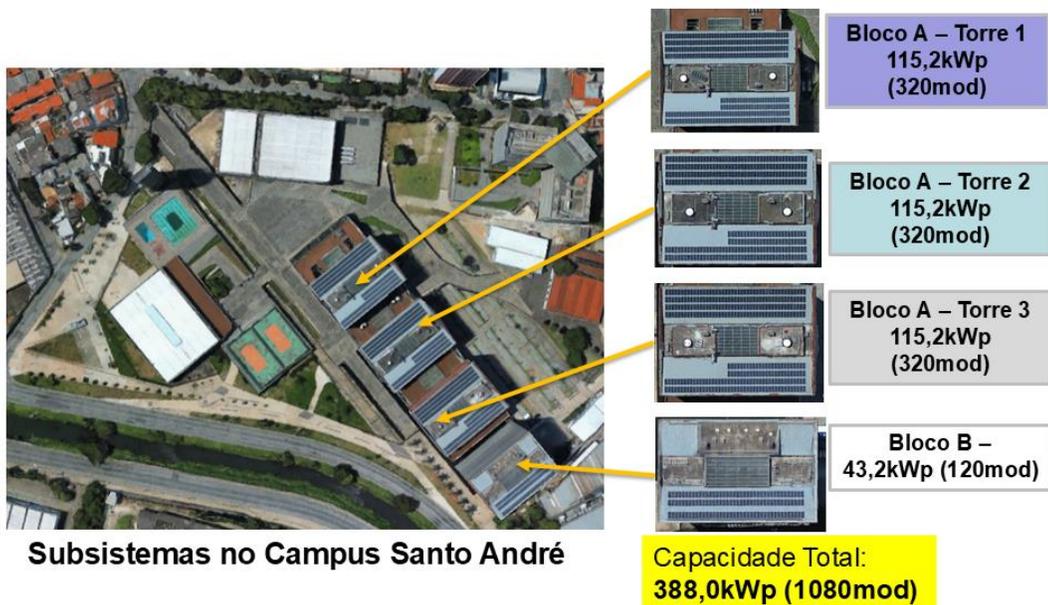
A implantação da usina solar na UFABC foi idealizada em outubro de 2016, quando foi lançado pela ANEEL o Edital da Chamada Nº 001/2016, denominada Projeto Prioritário de Eficiência Energética e Estratégico de P&D: “Eficiência Energética e Minigeração em Instituições Públicas de Educação Superior”. Dessa Chamada, resultou em aprovado pela ANEEL o “Projeto Prioritário de Eficiência Energética e Minigeração na UFABC”, conforme despacho nº. 1.758, de 20 de junho de 2017, em atendimento a uma solicitação do Ministério da Educação.

Para atendimento a essa chamada, a concessionária local fez uma chamada e posteriormente escolheu alguns projetos para financiar. Em seguida foi realizado um convênio entre a concessionária local e a UFABC que permitiu a formatação de um projeto de grande porte (Usina Solar), chegando a 663,1 kWp de autogeração fotovoltaica distribuída nas instalações das edificações de ambos os Campi, em duas localidades distintas, quais sejam, nas cidades de Santo André e São Bernardo do Campo, ambas no estado de São Paulo e dentro da área de concessão da concessionária, conforme pode ser visto abaixo nas Figuras 13 e 14 os sistemas instalados na UFABC.

No Campus de Santo André o parque fotovoltaico tem uma capacidade total estimada de 388,0 kWp e é constituído por 7 (sete) subsistemas conectados à rede que foram instalados nas coberturas (telhados) do Bloco B (43,2 kWp) e nas Torres A1 Norte e A1 Sul (115,2 kWp), A2

Norte e A2 Sul (115,2 kWp) e A3 Norte e A3 Sul (115,2 kWp) do Bloco A, conforme demonstrado na Figura 13.

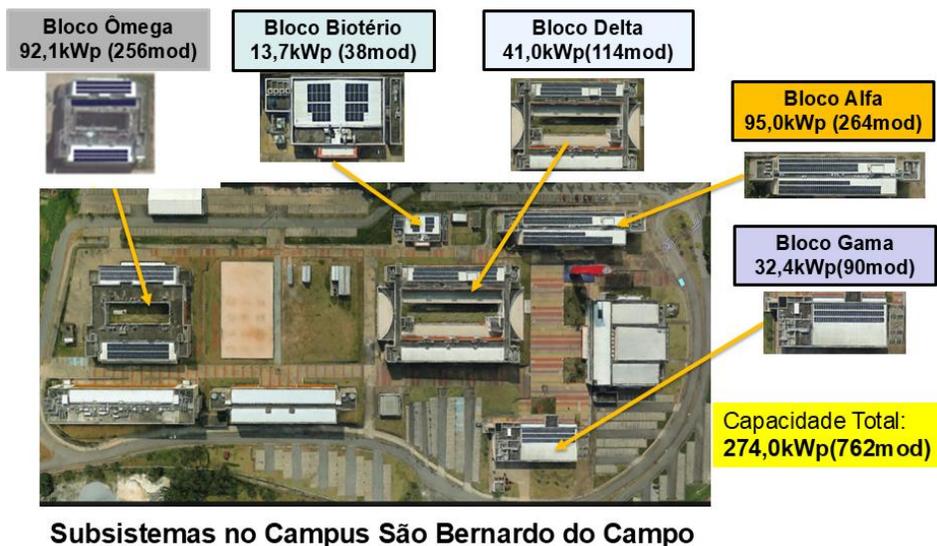
Figura 13: Sistema da Usina Solar instalado no Campus Santo André (388,0 kWp)



Fonte: *Software Google Earth Pro*[1]: Busca por UFABC - Universidade Federal do ABC - Avenida dos Estados - Bangú, Santo André – SP. Acessado em 12/06/2021

Já no Campus de São Bernardo do Campo o parque fotovoltaico tem uma capacidade total estimada de 274,0 kWp e é constituído por 7 (sete) subsistemas conectados à rede, que foram instalados nas coberturas (telhados) dos Blocos Ômega – Norte e Sul (92,2 kWp), Biotério (13,7 kWp), Delta – Norte (41,0 kWp), Gama (32,4 kWp) e Alfa – Norte e Sul (95,0 kWp), conforme demonstrado na Figura 14.

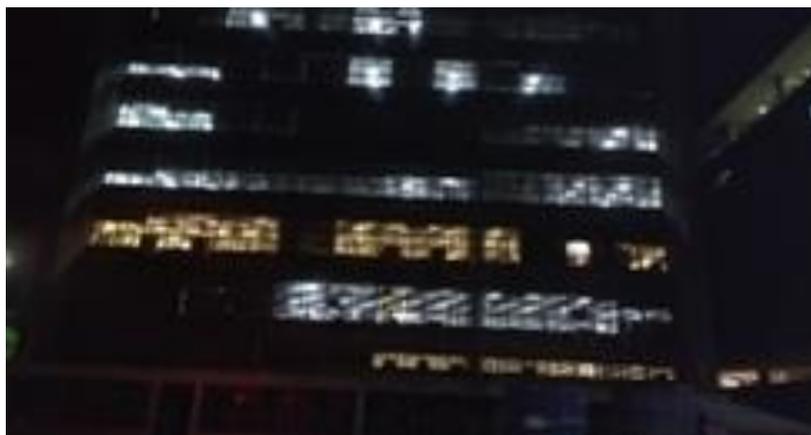
Figura 14 - Sistema instalado no Campus São Bernardo do Campo (274,0 kWp)



Fonte: Software Google Earth Pro : Busca por Alameda da Universidade - Anchieta, São Bernardo do Campo – SP. Acessado em 12/06/2021

Também foi realizada a troca de 12.600 lâmpadas fluorescentes de 16 watts por outras de tecnologia LED, e de 9 watts no Campus de Santo André, conforme Figuras 15 e 16. Houve a troca de lâmpadas no Bloco B no campus Santo André – (luz amarela – ainda com fluorescente e luz branca tecnologia Led) (Figura 15).

Figura 15 - Troca de lâmpadas no Bloco B do Campus Santo André



Na Figura 16 se observa a tecnologia LED instalada em todo estacionamento do Bloco A

no campus Santo André em substituição às lâmpadas fluorescentes.

Figura 16 - Troca de lâmpadas LED instaladas em todo estacionamento do bloco A no campus Santo André



Detalhes sobre o funcionamento da instalação na instituição pode ser verificado no link: <https://pu.ufabc.edu.br/noticias/relatorio-de-indicadores-energia-eletrica-2024>

Apesar da instalação de um sistema fotovoltaico de grande porte, quando se refere a uma instalação em um consumidor cativo, ou seja, um consumidor que gera energia elétrica internamente para uso próprio e/ou entrega o excedente para o sistema elétrico, sendo ressarcido através de créditos de energia que poderão ser utilizados até 5 anos após a sua geração, essa geração interna não atende toda a carga da instituição durante o período de funcionamento durante as horas de sol. Portanto, é necessário o fornecimento de energia elétrica da rede da distribuidora, que é atendida pelo Sistema Interligado Nacional, o qual é aproximadamente 70% abastecido por fontes de geração de energia renováveis como hidrelétricas de grande porte (reservatório ou a fio d'água), solar, eólica e biomassa.

Destaca-se que, apesar de ser bastante renovável, o Sistema Interligado Nacional, para atendimento da demanda de energia elétrica, necessita de uma complementação térmica de aproximadamente 30%, que são fontes emissoras de GEE.

A UFABC já vem realizando estratégias para redução de GEE, como por exemplo a busca de parcerias para melhorar seu sistema de energia elétrica, como em ações internas de manutenção e campanhas de uso eficiente de energia, mas para se tornar uma instituição sustentável, no tocante a uso eficiente de energia elétrica, algumas ações precisam ainda ser ampliadas e implementadas. Sendo assim na seção 3.10, deste relatório, foram propostas algumas ações.

3.7. Emissões de GEE do Escopo 3 por categoria e fonte

As emissões da categoria do Escopo 3 (Tabela 5) totalizam 794 tonCO₂e para emissão fóssil e 35 tonCO₂e para emissão biogênica. As mais representativas das emissões fóssil são provenientes da emissão de viagens a trabalho (reuniões/congressos/eventos acadêmicos, etc.), com 63% (Figura 17), sendo que 99,6% dessa emissão provêm de viagens aéreas. A emissão de resíduos aterrados é zero, uma vez que a composição do resíduo é 100% inerte.

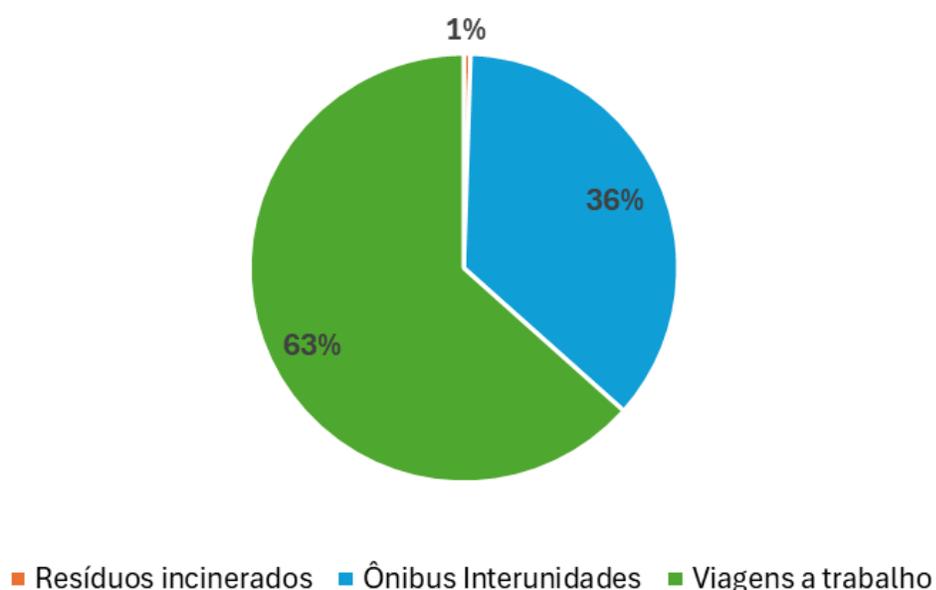
A emissão da biomassa do Escopo 3 é proveniente do biodiesel presente no diesel utilizado nos ônibus interunidades.

Tabela 5: Emissões de GEE do Escopo 3 na UFABC para o ano 2023

Categoria	Fonte	Emissão fóssil (tonCO ₂ e)		Emissão biogênica (tonCO ₂ e)	
Resíduos gerados na operação	Resíduos aterrados	0	3,7	-	-
	Resíduos incinerados	3,7		-	
Transporte e Distribuição <i>downstream</i>	Ônibus Interunidades	287	287	34	34
Viagens a trabalho	Viagens Aéreas	502,9	504,09	-	0,26

	Viagens de ônibus	0,17		0,02	
	Viagens ferroviárias	0,03		-	
	Viagens com veículos próprios ou oficiais	0,98		0,24	
Emissão total do Escopo 3			794		35

Figura 17 - Representatividade (%) das fontes do Escopo 3



3.8. Emissões de GEE total por Escopo

Considerando a emissão total de GEE nos Campi da UFABC para o ano de 2023, a Figura 18 mostra que o escopo mais representativo é o Escopo 3, o qual inclui as categorias de resíduos gerados na operação (incinerados), transporte e distribuição *downstream* (Ônibus Interunidades) e as viagens a trabalho (aérea, ônibus e ferroviária) (Tabela 2), representando

49% das emissões totais da UFABC (Figura 19).

As Figuras 20 e 21 mostram que a fonte de emissão mais representativa da UFABC, considerando todos os Escopos e suas respectivas categorias é a emissão de viagens aéreas (31%), seguida de emissão fugitiva de recarga de ar condicionado (25%) e emissão pelo transporte de ônibus interunidades (18%).

Figura 18 – Emissões de GEE por Escopos da UFABC

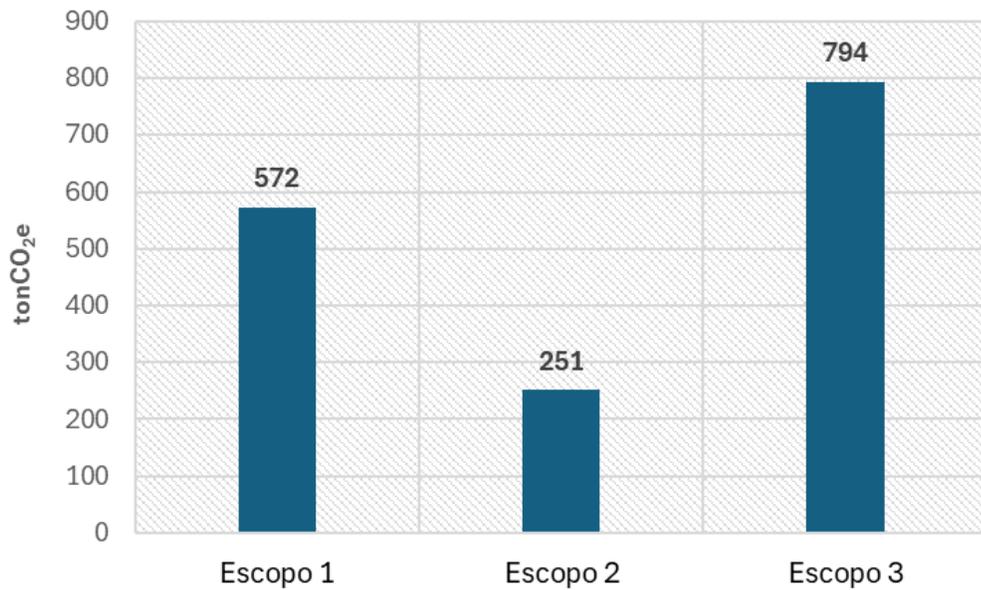


Figura 19 - Representatividade (%) das emissões por Escopos na UFABC

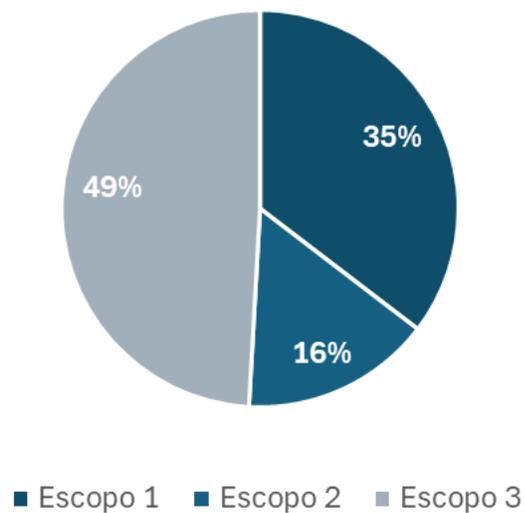


Figura 20 - Fontes de emissão mapeadas de todas as categorias e Escopos da UFABC

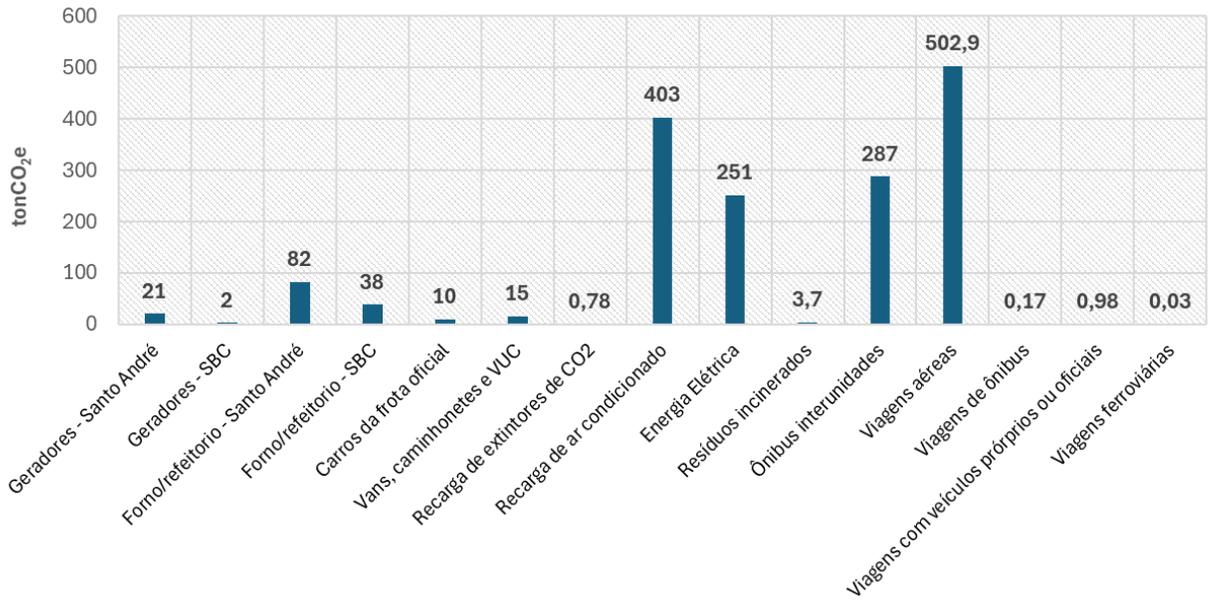
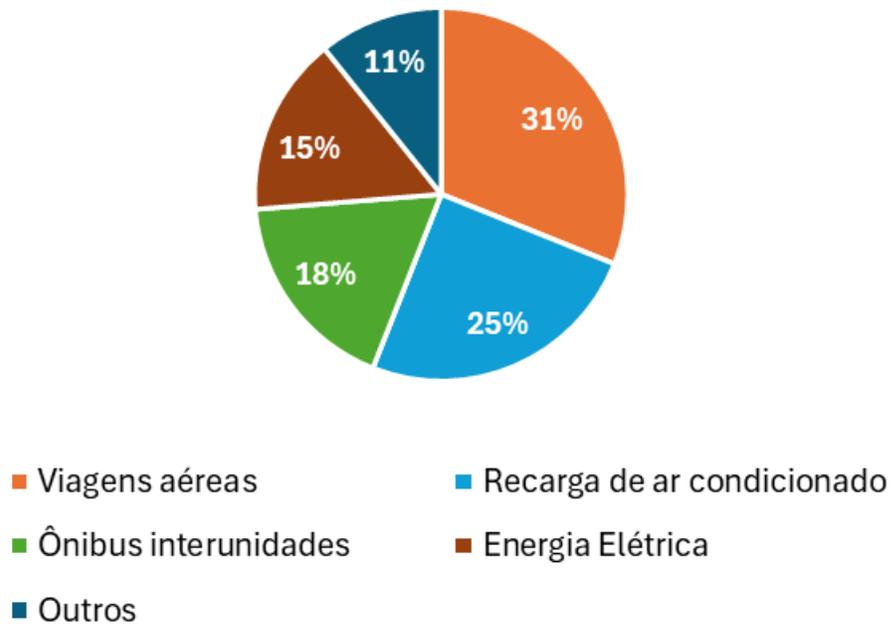


Figura 21 - Representatividade (%) das fontes de emissões da UFABC



3.9. Ações para reduzir as emissões de GEE no setor de resíduos sólidos e efluentes:

Recomendações

Com base no arcabouço teórico deste documento, na missão da UFABC e nas suas mais diversas comissões e ações de ensino, pesquisa e extensão, a redução das emissões de GEE no que se refere a resíduos sólidos e efluentes, exige ações integradas que envolvam tecnologia (estrutura da Universidade), gestão (coordenações e comissões) e conscientização/educação (ensino, pesquisa e extensão).

Entende-se que a porcentagem de emissões por resíduos gerados devido a operação (reciclagem, resíduos incinerados e aterrados) foi baixa (4%), devido à ausência de disponibilidade de dados de resíduos aterrados, pois não houve informação de resíduos úmidos e secos. Por esse motivo não foi uma fonte de emissão calculada.

No entanto, a UFABC, que se declara uma universidade do século 21, está comprometida com a sustentabilidade e, por isso, tem ações solidificadas e potenciais para implementar iniciativas adicionais que ampliem seu impacto positivo e consolidem seu papel como referência em práticas ambientais, especialmente na região do Grande ABC.

Como propostas de ações organizadas com base no diagnóstico do Inventário de Emissões de GEE, em boas práticas reconhecidas, e nas mais diversas ações que ocorrem nos eixos acadêmicos da UFABC, para a gestão de resíduos sólidos, as ações propostas são: criação de um centro de triagem e gerenciamento de resíduos, digitalização de processos administrativos, parcerias para logística reversa, desenvolvimento de tecnologias de reaproveitamento, redução de plásticos de uso único e incentivo à compostagem comunitária (Figura 22).

Sobre a criação de um centro de triagem e gerenciamento de resíduos (ou estabelecer parcerias com as empresas de limpeza urbana da região), visa-se estruturar um espaço centralizado para o gerenciamento de resíduos sólidos, onde materiais recicláveis, orgânicos e rejeitos sejam triados adequadamente, permitindo maior controle sobre o destino dos resíduos e a redução de emissões associadas ao transporte e disposição inadequada.

Outro item já discutido e em processo de implementação é a digitalização de processos administrativos, visando reduzir o uso de papel e outros materiais descartáveis por meio da

digitalização de documentos e processos administrativos, diminuindo a geração de resíduos e incentivando práticas mais sustentáveis.

Figura 22 – Fluxograma de ação para a gestão de resíduos sólidos



Parcerias para logística reversa, algo que já acontece de modo simples e que tem potencial de escalonamento, realiza-se por firmar convênios com empresas fabricantes para a devolução de resíduos eletrônicos e materiais perigosos, garantindo que sejam reciclados ou descartados de forma ambientalmente adequada.

O desenvolvimento de tecnologias de reaproveitamento tem por objetivo o incentivo de projetos acadêmicos que promovam o reaproveitamento de resíduos em novos produtos, através do desenvolvimento de tecnologias, como biodiesel ou bioplásticos, em parceria com os laboratórios da universidade, como, por exemplo, o Laboratório de Caracterização de Biomassa e Biocombustíveis (LACABIO).

A redução de plásticos de uso único irá minimizar o uso de plásticos descartáveis nos campi, substituindo-os por opções reutilizáveis ou biodegradáveis, como copos, talheres e recipientes.

O incentivo à compostagem comunitária, que já existe em algumas escolas do estado de São Paulo, pode disponibilizar composteiras comunitárias nos campi para resíduos orgânicos gerados por alunos e funcionários, promovendo a redução de resíduos enviados a aterros.

Em relação a Gestão de Efluentes, um item que não foi mapeado no inventário de emissões, também se estipula bases a serem estabelecidas, as quais são: captação e reaproveitamento de água de chuva, sistemas de *wetlands* construídos, monitoramento automatizado de efluentes, tratamento de efluentes para biogás e mapeamento e redução de vazamentos (Figura 22).

A captação e reaproveitamento de água de chuva se dará por meio de instalação de sistemas de captação nos telhados dos prédios dos campi (sem concorrência com as usinas fotovoltaicas), destinando-a ao uso em sanitários, irrigação de áreas verdes e limpeza.

Implementar *wetlands* construídos como tecnologia alternativa para o tratamento de efluentes pode ser, mesmo que incipiente, um projeto potencial, utilizando plantas e processos naturais para remover poluentes e reduzir emissões de GEE.

O desenvolvimento e implementação de sistemas de monitoramento automatizado para identificar de forma precisa a qualidade dos efluentes e possibilitar intervenções rápidas em caso de irregularidades, é uma ação já consolidada no mercado e que há grande potencial na UFABC.

Tratamento de efluentes para biogás, onde visa-se utilizar biodigestores para tratar efluentes líquidos, transformando a matéria orgânica em biogás, pode ser utilizado como fonte energética para pequenos trabalhos em laboratórios de pesquisa nos campi.

Mapeamento e redução de vazamentos, a partir de ações de inspeções periódicas nos sistemas de distribuição e coleta de água, tem potencial de identificar e corrigir vazamentos, melhorando o uso de recursos hídricos.

Figura 23 - Fluxograma de ação para a gestão de efluentes



3.10. Ações para reduzir as emissões de GEE no setor de energia: Recomendações

Para reduzir as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) no setor de energia elétrica da Universidade Federal do ABC (UFABC), algumas recomendações de ações podem ser implementadas, tais como:

- a) **Ampliação da adoção de energias renováveis:** substituir sempre que possível a matriz energética atual por fontes renováveis, como energia solar (ampliar o sistema já existente) e estudar a possibilidade de instalação de pequenos aerogeradores pode reduzir significativamente as emissões de GEE;
- b) **Eficiência energética:** modernizar sistemas de iluminação e equipamentos de climatização para modelos mais eficientes energeticamente, como o uso de tecnologia LED, projetos que aproveitem a luz externa e sistemas de condicionamento ambiental eficientes, pode reduzir o consumo de energia elétrica;
- c) **Gestão de resíduos:** implementar programas de reciclagem e reutilização de

materiais com o objetivo de diminuir a quantidade de resíduos gerados e, conseqüentemente, as emissões associadas;

- d) **Educação e conscientização:** promover campanhas de conscientização sobre o uso eficiente de energia elétrica e incentivar práticas sustentáveis entre estudantes e funcionários, tais como desligar equipamentos elétricos ao saírem da sala de aula ou local de trabalho e incentivar práticas saudáveis, incentivando sempre que possível, a substituição de elevadores por escadas (subidas e descidas);
- e) **Distribuição eficiente das aulas de laboratório com carga elevada:** buscar distribuir as aulas durante o período em que o sistema renovável pode auxiliar na geração de eletricidade para atendimento à carga interna da instituição, evitando, sempre que possível, horários de pico;
- f) **Criar estratégias de uso da energia elétrica durante o período de recesso da instituição:** evitar que toda a instituição fique ligada (do ponto de vista de energia elétrica) nos períodos de recesso. Para isso, localizar os pontos estratégicos (secretarias para atendimento ao público em geral) e concentrá-los em postos de trabalho em um único prédio, bem como mapear os laboratórios de funcionamento essencial (que não podem ser desligados) e os que não necessitam de funcionamento 24h, estabelecendo uma rotina para esse período;
- g) **Parcerias e financiamento:** buscar parcerias com empresas e organizações que possam fornecer suporte financeiro e técnico para a implementação dessas ações, além do Ministério da Educação.

Essas ações não só ajudarão a reduzir as emissões de GEE, mas também promoverão uma cultura de sustentabilidade interna e externamente à universidade, uma vez que o público interno será formado e executará ações sustentáveis para o uso eficiente da energia elétrica nos campi, tornando-se porta-voz dessas ações e propagando-as externamente à instituição.

3.11. Ações para reduzir as emissões de GEE no setor de Transporte e Mobilidade:

Recomendações

As recomendações para reduzir as emissões de GEE no setor de transporte e mobilidade são baseadas no “Guia de Uso de Energia Eficiente na Mobilidade Urbana - UEEMU” (IBTS, 2019) adaptadas para o contexto de um serviço terceirizado de transporte corporativo de passageiros.

O Guia UEEMU (IBTS, 2019) aborda o uso eficiente de energia na mobilidade urbana, focando em estratégias para reduzir o consumo energético no transporte urbano e seus impactos ambientais e sociais associados. O trabalho identifica como problema central, o crescente consumo de energia no setor de transporte urbano, que resulta em diversos impactos negativos, incluindo o aumento das emissões de gases de efeito estufa, poluição atmosférica, congestionamentos e consequente degradação da qualidade de vida nas cidades. O transporte interunidades, apesar de insignificante diante do tráfego entre os municípios de Santo André e São Bernardo do Campo, contribui para as emissões e demais impactos negativos associados ao transporte, dado que é um serviço privado destinado a atender exclusivamente a demanda adicional gerada pela própria universidade.

Considerando a relevância dos impactos ambientais e sociais decorrentes do setor de transporte, o Guia UEEMU (IBTS, 2019) fornece diretrizes e ferramentas que auxiliem gestores públicos e privados na promoção de uma mobilidade urbana mais sustentável e eficiente em termos energéticos. O documento traz sugestões para o planejamento e implementação de políticas e ações voltadas para a eficiência energética na mobilidade urbana, promovendo a redução do consumo de combustíveis e das emissões de gases poluentes.

Mas como em todo processo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) um elemento importante é medir e monitorar a eficiência energética das ações implementadas no setor de transporte. Para isso, o Guia UEEMU (IBTS, 2019), aplica um método dividido em fases específicas como o estabelecimento de um cenário de referência (baseline), monitoramento da implantação e avaliação dos resultados após a implementação das ações propostas.

Logo, a primeira ação já é atendida neste relatório de inventário de emissões, considerando que não há previsão de ampliação do serviço interunidades atual, o que exigiria a projeção de um *baseline*.

Os estudos que fundamentam o Guia UEEMU (IBTS, 2019) apontam que a implementação de práticas de gestão eficiente de mobilidade urbana pode reduzir significativamente o consumo energético e as emissões de GEE, além de proporcionar melhorias substanciais na qualidade de vida urbana e na eficiência dos transportes públicos e não motorizados. Como conclusão, o trabalho enfatiza que uma gestão eficiente da mobilidade urbana focada em eficiência energética é essencial para o desenvolvimento sustentável das cidades, destacando a necessidade de monitoramento contínuo e de políticas integradas para maximizar os benefícios ambientais e sociais.

No contexto do transporte interunidades da UFABC e supondo a prioridade em manutenção do serviço, as sugestões do Guia UEEMU (IBTS, 2019) são as seguintes:

- Renovação e Modernização da Frota – Substituir veículos antigos por modelos mais eficientes e com menor emissão de poluentes (especificação de idade máxima para os veículos nas licitações para a prestação do serviço interunidades)
- Implementação do *Ecodriving* – Treinar motoristas em práticas de direção econômica para reduzir o consumo de combustível (exigência de certificação de treinamento em licitações para a prestação do serviço interunidades).
- Uso de Combustíveis Alternativos – Adotar veículos movidos a combustíveis mais limpos, como eletricidade e biocombustíveis. (especificação de tecnologias mais eficientes disponíveis no mercado dentro do horizonte de vigência das licitações para a prestação do serviço interunidades).
- Monitoramento do Consumo de Combustível – Realizar um acompanhamento contínuo do consumo de combustível ou energia para identificar oportunidades de economia (especificação do fornecimento de dados da operação do serviço nas licitações para a prestação do serviço interunidades).
- Painéis de Informação em Tempo Real – Desenvolvimento de aplicativo para informar

horários, monitorar e otimizar o fluxo de passageiros (especificação do fornecimento de dados da operação do serviço nas licitações para a prestação do serviço interunidades).

No contexto do transporte realizado pela frota oficial, vans, caminhonetes e VUC, bem como o transporte aéreo, além das sugestões acima que em sua maioria podem ser aplicadas, estimular o uso da webconferência em substituição aos encontros presenciais pode ser uma forma de diminuir significativamente as emissões no Escopo 3.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este relatório teve como objetivo principal mostrar os resultados do primeiro inventário de GEE da Universidade Federal do ABC, tendo 2023 como ano base. Este relatório e inventário é um esforço conjunto dos integrantes do projeto de pesquisa e inovação cadastrado na PROPES -PIE1307-2024: Inventário de emissões de gases de efeito estufa na Universidade Federal do ABC (UFABC) e estratégias de mitigação.

A metodologia de estimativa foi baseada no *GHG Protocol* com a utilização da ferramenta pertencente ao Programa Brasileiro *GHG Protocol*, que calcula as emissões diretas e indiretas de GEE através de três Escopos que incluem a Combustão Estacionária, Combustão Móvel, Emissões Fugitivas, Processos Industriais, Resíduos e Efluentes, Energia Elétrica e Térmica, Transporte e Distribuição, viagens a negócios, deslocamento de funcionários (casa - trabalho), entre outros.

Nesse primeiro relatório foram mapeadas a maior quantidade de informações disponíveis para realizar o inventário, relacionadas com os Escopos acima mencionados, e se obteve como resultado principal que a mais alta porcentagem de emissões de GEE corresponde ao Escopo 3 (emissões indiretas), especificamente as que correspondem as viagens aéreas, representando o 31% do total de emissões, seguida de emissão fugitiva (Escopo 1) de recarga de ar condicionado (25%) e da emissão pelo transporte de ônibus interunidades (18%) (Escopo 3).

Segundo Terrenoire et al., (2019) o setor da aviação "é responsável por menos de 2% das emissões anuais de CO₂ do mundo e espera-se que o crescente setor da aviação experimente

um aumento de três vezes entre 2000 e 2050 em termos de passageiros, considerando que a emissão de carbono nos voos é calculada por passageiro". Também, já é demonstrado que o setor da aviação comercial responde por cerca de 5% da sobrecarga global do clima.

Nesse contexto, algumas medidas podem ajudar a minimizar o impacto ambiental em relação as emissões de GEE, ocasionado pelas viagens aéreas, como por exemplo, optar por voos sem escala, voos da classe econômica e selecionar companhias que visem neutralizar ou compensar a sua emissão de carbono.

No que se refere à UFABC é necessário discretizar o motivo das viagens para orientar a forma de sua racionalização, bem como medir as emissões por viagem para reforçar a reflexão. Uma sugestão válida é uso da webconferência com maior frequência. Atualmente em eventos acadêmicos é comum a participação híbrida (presenciais quanto virtuais), essa opção não limitaria a participação dos docentes e discentes, principalmente em eventos científicos internacionais.

Outro ponto a destacar do relatório é que algumas fontes de emissões não foram mapeadas devido a indisponibilidade de informação, estas são os resíduos úmidos e secos (recicláveis e não recicláveis), pois não existia dados da quantidade e composição.

Também, não foi possível mapear a mobilidade de alunos professores e comunidade universitária em geral, no trajeto casa-universidade, devido a indisponibilidade dessas informações. Próximos relatórios devem focar nessa informação através dos CEPs da comunidade universitária, isto é, realizar uma pesquisa de padrão de deslocamento da comunidade acadêmica, para posteriormente calcular as emissões.

Em 2016 a UFABC em parceria com o WRI Brasil Cidades Sustentáveis realizou o primeiro Projeto de Mobilidade da UFABC: Relatório de diagnóstico⁴, e teve por finalidade o desenvolvimento de um diagnóstico de mobilidade da comunidade acadêmica do campus de Santo André.

⁴ <https://www.ufabc.edu.br/images/reitoria/projeto-de-mobilidade-da-ufabc-relatorio-de-diagnostico-2016.pdf>

A partir das informações obtidas através das estimativas das emissões de GEE e das ausências levantadas em relação as fontes de emissões não incluídas, serão visadas estratégias junto com a prefeitura universitária e setores responsáveis para sanar as falhas e poder incluir em próximos relatórios, as informações faltantes.

REFERÊNCIAS

- Crippa, M. et al. (2021). Global anthropogenic emissions in urban areas: patterns, trends, and challenges. *Environmental Research Letters*, Volume 16, Number 7. Doi: 10.1088/1748-9326/ac00e2
- GHG *Protocol*. (2004). The Greenhouse Gas Protocol – A Corporate Accounting and Reporting Standard, Revised Edition. World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development, 116 pp
- GHG *Protocol* Brasil. (2008). Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol: Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Execução FGV CES (Centro de Estudos em Sustentabilidade) e WRI (*World Resources Institute*), 2008. Disponível em <https://repositorio.fgv.br/server/api/core/bitstreams/c7c1073a-44dc-489b-8c3c-da456d740592/content>. Acessado em 10 de Outubro de 2024.
- IBTS. (2019). GUIA DE REFERÊNCIA Uso de Energia Eficiente na Mobilidade Urbana UEEMU. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://ibts.eco.br/src/uploads/2019/11/ueemu_ibts_final_isbn.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2024.
- IPCC. (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize, S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland. Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/0_Overview/19R_V0_00_Cover_Foreword_Preface_Dedication.pdf
- Rocha, R. P.; Reboita, S. M.; Crespo, N. M. (2024) Análise do evento extremo de precipitação ocorrido no Rio Grande do Sul entre abril e maio de 2024. *JOURNAL HEALTH NPEPS*, v. 9, p. e12603, 2024.

- Terrenoire, E. et al (2019). The contribution of carbon dioxide emissions from the aviation sector to future climate change. *Environ. Res. Lett.* 14 084019. DOI 10.1088/1748-9326/ab3086
- United Nations Environment Programme (2024). Emissions gap report 2024: no more hot air ... please! with a massive gap between rhetoric and reality, countries draft new climate commitments. [Internet]. 2024. [quote: 2024, October] Available from: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/46404>

APÊNDICE A

Para o cálculo de emissões de gases do efeito estufa foi utilizada a Ferramenta de Cálculo do Programa Brasileiro GHG Protocol do ano de 2023. A ferramenta encontra-se disponível em: <https://eaesp.fgv.br/centros/centro-estudos-sustentabilidade/projetos/programa-brasileiro-ghg-protocol>.

Abaixo a metodologia de cálculo utilizada na ferramenta é descrita para cada fonte de emissão.

Escopo 1

a) Combustão Estacionária / geradores do campus Santo André

Quantidade consumida (em litros): 8.880 litros de diesel.

Considera-se que em 2023, a média de biodiesel no diesel foi de: 11,5%, logo:

Quantidade de Diesel puro: 7859 litros

Quantidade de Biodiesel B100: 1021 litros

Os fatores de emissão (FE) para a combustão do diesel puro em fontes estacionárias são:

$FE_{CO_2} = 2,6$ kg de CO_2 /litro de diesel

$FE_{CH_4} = 0,0004$ kg de CH_4 /litro de diesel

$FE_{N_2O} = 0,00002$ kg de N_2O /litro de diesel

Os FE para combustão do biodiesel em fontes estacionárias são:

$FE_{CO_2} = 2,46$ kg de CO_2 /litro de biodiesel

$FE_{CH_4} = 0,0003$ kg de CH_4 /litro de biodiesel

$FE_{N_2O} = 0,00002$ kg de N_2O /litro de biodiesel

Para o cálculo da emissão fóssil do diesel dos geradores:

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ diesel puro (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de diesel puro (litros)} \times \text{FECO}_2 \times \text{GWPCO}_2$$

$$\text{Emissão de CH}_4 \text{ diesel puro (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de diesel puro (litros)} \times \text{FECH}_4 \times \text{GWPC}_4$$

$$\text{Emissão de N}_2\text{O diesel puro (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de diesel puro (litros)} \times \text{FEN}_2\text{O} \times \text{GWPN}_2\text{O}$$

$$\text{Emissão de CH}_4 \text{ biodiesel (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de biodiesel (litros)} \times \text{FECH}_4 \times \text{GWPC}_4$$

$$\text{Emissão de N}_2\text{O biodiesel (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de biodiesel (litros)} \times \text{FEN}_2\text{O} \times \text{GWPN}_2\text{O}$$

Substituindo:

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ diesel puro (kgCO}_2\text{e)} = 7859 \text{ litros de diesel puro} \times 2,6 \text{ kg de } \frac{\text{CO}_2}{\text{litro}} \times 1$$

$$\text{Emissão de CH}_4 \text{ diesel puro (kgCO}_2\text{e)} = 7859 \text{ litros de diesel puro} \times 0,0004 \text{ kg de } \frac{\text{CH}_4}{\text{litro}} \times 28$$

$$\text{Emissão de N}_2\text{O diesel puro (kgCO}_2\text{e)} = 7859 \text{ litros de diesel puro} \times 0,00002 \text{ kg de } \frac{\text{N}_2\text{O}}{\text{litro}} \times 265$$

$$\text{Emissão CH}_4 \text{ biodiesel (kgCO}_2\text{e)} = 1021 \text{ litros de biodiesel} \times 0,0003 \text{ kg de } \frac{\text{CH}_4}{\text{litro}} \times 28$$

$$\text{Emissão de N}_2\text{O biodiesel (kgCO}_2\text{e)} = 1021 \text{ litros de biodiesel} \times 0,00002 \text{ kg de } \frac{\text{N}_2\text{O}}{\text{litro}} \times 265$$

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ diesel puro (tonCO}_2\text{e)} = 20,68 \text{ toneladas de CO}_2\text{e}$$

$$\text{Emissão de CH}_4 \text{ diesel puro (tonCO}_2\text{e)} = 0,08 \text{ toneladas de CO}_2\text{e}$$

$$\text{Emissão de N}_2\text{O diesel puro (tonCO}_2\text{e)} = 0,04 \text{ toneladas de CO}_2\text{e}$$

$$\text{Emissão CH}_4 \text{ biodiesel (tonCO}_2\text{e)} = 0,009 \text{ toneladas de CO}_2\text{e}$$

$$\text{Emissão de N}_2\text{O biodiesel (tonCO}_2\text{e)} = 0,005 \text{ toneladas de CO}_2\text{e}$$

$$\text{EMISSÃO TOTAL (FÓSSIL)} = \quad \quad \quad \mathbf{20,81 \text{ TONELADAS DE CO}_2\text{e}}$$

Para o cálculo da parcela da biomassa da emissão do diesel em geradores (emissões biogênicas):

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ biodiesel (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de diesel (litros)} \times \text{FECO}_2 \times \text{GWPCO}_2$$

Substituindo:

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ biodiesel (kgCO}_2\text{e)} = 1021 \times \frac{2,46\text{kgCO}_2}{\text{litro}} \times 1$$

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ biodiesel (tonCO}_2\text{e)} = 2,51 \text{ toneladas de CO}_2\text{e}$$

EMISSÃO TOTAL (BIOMASSA) = 2,51 TONELADAS DE CO₂e

b) Combustão Estacionária / geradores do campus São Bernardo do Campo

Quantidade consumida (em litros): 1.060 litros de diesel.

Considera-se que em 2023, a média de biodiesel no diesel foi de: 11,5%, logo:

Quantidade de Diesel puro: 938 litros

Quantidade de Biodiesel B100: 122 litros

Os fatores de emissão (FE) para a combustão do diesel puro em fontes estacionárias são:

$FE_{CO_2} = 2,6$ kg de CO₂/litro de diesel

$FE_{CH_4} = 0,0004$ kg de CH₄/litro de diesel

$FE_{N_2O} = 0,00002$ kg de N₂O/litro de diesel

Os fatores de emissão (FE) para combustão do biodiesel em fontes estacionárias são:

$FE_{CO_2} = 2,46$ kg de CO₂/litro de biodiesel

$FE_{CH_4} = 0,0003$ kg de CH₄/litro de biodiesel

$FE_{N_2O} = 0,00002$ kg de N₂O/litro de biodiesel

Para o cálculo da emissão fóssil do diesel dos geradores:

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ diesel puro (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de diesel puro (litros)} \times FE_{CO_2} \times GWPCO_2$$

$$\text{Emissão de CH}_4 \text{ diesel puro (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de diesel puro (litros)} \times FE_{CH_4} \times GWPCH_4$$

$$\text{Emissão de N}_2\text{O diesel puro (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de diesel puro (litros)} \times FE_{N_2O} \times GWPN_2O$$

$$\text{Emissão de CH}_4 \text{ biodiesel (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de biodiesel (litros)} \times FE_{CH_4} \times GWPCH_4$$

$$\text{Emissão de N}_2\text{O biodiesel (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de biodiesel (litros)} \times FE_{N_2O} \times GWPN_2O$$

Substituindo:

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ diesel puro (kgCO}_2\text{e)} = 938 \text{ litros de diesel puro} \times 2,6 \text{ kg de } \frac{\text{CO}_2}{\text{litro}} \times 1$$

$$\text{Emissão de CH}_4 \text{ diesel puro (kgCO}_2\text{e)} = 938 \text{ litros de diesel puro} \times 0,0004 \text{ kg de } \frac{\text{CH}_4}{\text{litro}} \times 28$$

$$\text{Emissão de N}_2\text{O diesel puro (kgCO}_2\text{e)} = 938 \text{ litros de diesel puro} \times 0,00002 \text{ kg de } \frac{\text{N}_2\text{O}}{\text{litro}} \times 265$$

$$\text{Emissão CH}_4 \text{ biodiesel (kgCO}_2\text{e)} = 122 \text{ litros de biodiesel} \times 0,0003 \text{ kg de } \frac{\text{CH}_4}{\text{litro}} \times 28$$

$$\text{Emissão de N}_2\text{O biodiesel (kgCO}_2\text{e)} = 122 \text{ litros de biodiesel} \times 0,00002 \text{ kg de } \frac{\text{N}_2\text{O}}{\text{litro}} \times 265$$

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ diesel puro (tonCO}_2\text{e)} = 2,47 \text{ toneladas de CO}_2\text{e}$$

$$\text{Emissão de CH}_4 \text{ diesel puro (tonCO}_2\text{e)} = 0,009 \text{ toneladas de CO}_2\text{e}$$

$$\text{Emissão de N}_2\text{O diesel puro (tonCO}_2\text{e)} = 0,005 \text{ toneladas de CO}_2\text{e}$$

$$\text{Emissão CH}_4 \text{ biodiesel (tonCO}_2\text{e)} = 0,001 \text{ toneladas de CO}_2\text{e}$$

$$\text{Emissão de N}_2\text{O biodiesel (tonCO}_2\text{e)} = 0,0006 \text{ toneladas de CO}_2\text{e}$$

$$\text{EMISSÃO TOTAL (FÓSSIL)} = \quad \quad \quad \mathbf{2,48 \text{ TONELADAS DE CO}_2\text{e}}$$

Para o cálculo da parcela da biomassa da emissão do diesel em geradores (emissões biogênicas):

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ biodiesel (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de biodiesel (litros)} \times \text{FECO}_2 \times \text{GWPCO}_2$$

Substituindo:

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ biodiesel (kgCO}_2\text{e)} = 122 \times \frac{2,46 \text{ kgCO}_2}{\text{litro}} \times 1$$

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ biodiesel (tonCO}_2\text{e)} = 0,3 \text{ toneladas de CO}_2\text{e}$$

$$\text{EMISSÃO TOTAL (BIOMASSA)} = \mathbf{0,3 \text{ TONELADAS DE CO}_2\text{e}}$$

c) Combustão Estacionária / Fornos e Fogões do refeitório do campus de Santo André

Quantidade comprada de GLP em 2023: 28 toneladas.

Os fatores de emissão (FE) para a combustão do GLP em fontes estacionárias são:

$FE_{CO_2} = 2931$ kg de CO_2 /tonelada de GLP

$FE_{CH_4} = 0,23$ kg de CH_4 / tonelada de GLP

$FE_{N_2O} = 0,005$ kg de N_2O /tonelada de GLP

Para o cálculo da emissão fóssil do uso de GLP nos fornos/fogões do refeitório:

$$\text{Emissão de } CO_2 \text{ GLP (kgCO}_2\text{e)} = \text{quantidade de GLP (ton)} \times FE_{CO_2} \times GW_{PCO_2}$$

$$\text{Emissão de } CH_4 \text{ GLP (kgCO}_2\text{e)} = \text{quantidade de GLP (ton)} \times FE_{CH_4} \times GW_{PCH_4}$$

$$\text{Emissão de } N_2O \text{ GLP (kgCO}_2\text{e)} = \text{quantidade de GLP (ton)} \times FE_{N_2O} \times GW_{PN_2O}$$

Substituindo:

$$\text{Emissão de } CO_2 \text{ GLP (kgCO}_2\text{e)} = 28 \text{ toneladas} \times 2931 \text{ kg de } \frac{CO_2}{\text{ton}} \times 1$$

$$\text{Emissão de } CH_4 \text{ GLP (kgCO}_2\text{e)} = 28 \text{ toneladas} \times 0,23 \text{ kg de } \frac{CH_4}{\text{ton}} \times 28$$

$$\text{Emissão de } N_2O \text{ GLP (kgCO}_2\text{e)} = 28 \text{ toneladas} \times 0,005 \text{ kg de } \frac{N_2O}{\text{ton}} \times 265$$

$$\text{Emissão de } CO_2 \text{ GLP (tonCO}_2\text{e)} = 82,07 \text{ toneladas de } CO_2\text{e}$$

$$\text{Emissão de } CH_4 \text{ GLP (tonCO}_2\text{e)} = 0,10 \text{ toneladas de } CO_2\text{e}$$

$$\text{Emissão de } N_2O \text{ GLP (tonCO}_2\text{e)} = 0,03 \text{ toneladas de } CO_2\text{e}$$

EMISSÃO TOTAL (FÓSSIL) =

82,28 TONELADAS DE $CO_2\text{e}$

d) Combustão Estacionária / Fornos e Fogões do refeitório do campus de São Bernardo do Campo

Quantidade comprada de GLP em 2023: 13 toneladas.

Os fatores de emissão (FE) para a combustão do GLP em fontes estacionárias são:

$FE_{CO_2} = 2931$ kg de CO_2 /tonelada de GLP

$FE_{CH_4} = 0,23$ kg de CH_4 / tonelada de GLP

$FE_{N_2O} = 0,005$ kg de N_2O /tonelada de GLP

Para o cálculo da emissão fóssil do uso de GLP nos fornos/fogões do refeitório:

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ GLP (kgCO}_2\text{e)} = \text{quantidade de GLP (ton)} \times \text{FECO}_2 \times \text{GWPCO}_2$$

$$\text{Emissão de CH}_4 \text{ GLP (kgCO}_2\text{e)} = \text{quantidade de GLP (ton)} \times \text{FECH}_4 \times \text{GWPCCH}_4$$

$$\text{Emissão de N}_2\text{O GLP (kgCO}_2\text{e)} = \text{quantidade de GLP (ton)} \times \text{FEN}_2\text{O} \times \text{GWPN}_2\text{O}$$

Substituindo:

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ GLP (kgCO}_2\text{e)} = 13 \text{ toneladas} \times 2931 \text{ kg de } \frac{\text{CO}_2}{\text{ton}} \times 1$$

$$\text{Emissão de CH}_4 \text{ GLP (kgCO}_2\text{e)} = 13 \text{ toneladas} \times 0,23 \text{ kg de } \frac{\text{CH}_4}{\text{ton}} \times 28$$

$$\text{Emissão de N}_2\text{O GLP (kgCO}_2\text{e)} = 13 \text{ toneladas} \times 0,005 \text{ kg de } \frac{\text{N}_2\text{O}}{\text{ton}} \times 265$$

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ GLP (tonCO}_2\text{e)} = 38,10 \text{ toneladas de CO}_2\text{e}$$

$$\text{Emissão de CH}_4 \text{ GLP (tonCO}_2\text{e)} = 0,08 \text{ toneladas de CO}_2\text{e}$$

$$\text{Emissão de N}_2\text{O GLP (tonCO}_2\text{e)} = 0,02 \text{ toneladas de CO}_2\text{e}$$

EMIÇÃO TOTAL (FÓSSIL) =

38,2 TONELADAS DE CO₂e

e) Combustão Móvel / Carros da frota oficial

Quantidade de gasolina C (em litros): 5736,30 litros de gasolina C.

Considera-se que em 2023, a média de etanol anidro na gasolina C foi de: 27% logo:

Quantidade de gasolina A: 4187,50 litros

Quantidade de etanol anidro: 1548,80 litros

Os fatores de emissão (FE) para a combustão de gasolina A em fontes móveis são:

$\text{FECO}_2 = 2,21 \text{ kg de CO}_2/\text{litro de gasolina A}$

$\text{FECH}_4 = 0,001 \text{ kg de CH}_4/\text{litro de gasolina A}$

$\text{FEN}_2\text{O} = 0,0003 \text{ kg de N}_2\text{O}/\text{litro de gasolina A}$

Os fatores de emissão (FE) para combustão do etanol anidro em fontes móveis são:

$FECO_2 = 1,53 \text{ kg de } CO_2/\text{litro de etanol anidro}$

$FECH_4 = 0,0002 \text{ kg de } CH_4/\text{litro de etanol anidro}$

$FEN_2O = 0,00001 \text{ kg de } N_2O/\text{litro de etanol anidro}$

Para o cálculo da emissão fóssil dos veículos à gasolina C:

$$\text{Emissão de } CO_2 \text{ gasolina A (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de gasolina A (litros)} \times FECO_2 \times GWPCO_2$$

$$\text{Emissão de } CH_4 \text{ gasolina A (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de gasolina A (litros)} \times FECH_4 \times GWPCH_4$$

$$\text{Emissão de } N_2O \text{ gasolina A (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de gasolina A (litros)} \times FEN_2O \times GWPN_2O$$

$$\text{Emissão de } CH_4 \text{ etanol anidro (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de etanol anidro (litros)} \times FECH_4 \times GWPCH_4$$

$$\text{Emissão de } N_2O \text{ etanol anidro (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de etanol anidro (litros)} \times FEN_2O \times GWPN_2O$$

Substituindo:

$$\text{Emissão de } CO_2 \text{ gasolina A (kgCO}_2\text{e)} = 4187,50 \text{ litros de gasolina A} \times 2,21 \text{ kg de } \frac{CO_2}{\text{litro}} \times 1$$

$$\text{Emissão de } CH_4 \text{ gasolina A (kgCO}_2\text{e)} = 4187,50 \text{ litros de gasolina A} \times 0,001 \text{ kg de } \frac{CH_4}{\text{litro}} \times 28$$

$$\text{Emissão de } N_2O \text{ gasolina A (kgCO}_2\text{e)} = 4187,50 \text{ litros de gasolina A} \times 0,00002 \text{ kg de } \frac{N_2O}{\text{litro}} \times 265$$

$$\text{Emissão } CH_4 \text{ etanol anidro (kgCO}_2\text{e)} = 1548,8 \text{ litros de etanol anidro} \times 0,0002 \text{ kg de } \frac{CH_4}{\text{litro}} \times 28$$

$$\text{Emissão de } N_2O \text{ etanol anidro (kgCO}_2\text{e)} = 1548,8 \text{ litros de etanol anidro} \times 0,00001 \text{ kg de } \frac{N_2O}{\text{litro}} \times 265$$

$$\text{Emissão de } CO_2 \text{ gasolina A (tonCO}_2\text{e)} = 9,26 \text{ toneladas de } CO_2\text{e}$$

$$\text{Emissão de } CH_4 \text{ gasolina A (tonCO}_2\text{e)} = 0,095 \text{ toneladas de } CO_2\text{e}$$

$$\text{Emissão de } N_2O \text{ gasolina A (tonCO}_2\text{e)} = 0,29 \text{ toneladas de } CO_2\text{e}$$

$$\text{Emissão } CH_4 \text{ etanol anidro (tonCO}_2\text{e)} = 0,01 \text{ toneladas de } CO_2\text{e}$$

$$\text{Emissão de } N_2O \text{ etanol anidro (tonCO}_2\text{e)} = 0,01 \text{ toneladas de } CO_2\text{e}$$

EMIÇÃO TOTAL (FÓSSIL) =

9,66 TONELADAS DE CO₂e

Para o cálculo da parcela da biomassa da emissão do etanol anidro na frota própria (emissões biogênicas):

$$\text{Emissão de } CO_2 \text{ etanol anidro (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de etanol anidro (litros)} \times FECO_2 \times GWPCO_2$$

Substituindo:

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ biodiesel (kgCO}_2\text{e)} = 1548,8 \times \frac{1,53 \text{ kgCO}_2}{\text{litro}} \times 1$$

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ etanol anidro (tonCO}_2\text{e)} = 2,36 \text{ toneladas de CO}_2\text{e}$$

$$\text{EMISSÃO TOTAL (BIOMASSA)} = 2,36 \text{ TONELADAS DE CO}_2\text{e}$$

f) Combustão Móvel / Vans, Caminhonetes e VUC

Quantidade consumida (em litros): 6.453,7 litros de diesel.

Considera-se que em 2023, a média de biodiesel no diesel foi de: 11,5%, logo:

Quantidade de Diesel puro: 5711,52 litros

Quantidade de Biodiesel B100: 742,18 litros

Os fatores de emissão (FE) para a combustão do diesel puro em fontes móveis são:

$FE_{CO_2} = 2,6$ kg de CO_2 /litro de diesel

$FE_{CH_4} = 0,0001$ kg de CH_4 /litro de diesel

$FE_{N_2O} = 0,0001$ kg de N_2O /litro de diesel

Os fatores de emissão (FE) para combustão do biodiesel em fontes móveis são:

$FE_{CO_2} = 2,43$ kg de CO_2 /litro de biodiesel

$FE_{CH_4} = 0,0003$ kg de CH_4 /litro de biodiesel

$FE_{N_2O} = 0,00002$ kg de N_2O /litro de biodiesel

Para o cálculo da emissão fóssil do diesel dos geradores:

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ diesel puro (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de diesel puro (litros)} \times FE_{CO_2} \times GWPCO_2$$

$$\text{Emissão de CH}_4 \text{ diesel puro (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de diesel puro (litros)} \times FE_{CH_4} \times GWPCH_4$$

$$\text{Emissão de N}_2\text{O diesel puro (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de diesel puro (litros)} \times FE_{N_2O} \times GWPN_2O$$

$$\text{Emissão de CH}_4 \text{ biodiesel (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de biodiesel (litros)} \times FE_{CH_4} \times GWPCH_4$$

$$\text{Emissão de N}_2\text{O biodiesel (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de biodiesel (litros)} \times FE_{N_2O} \times GWPN_2O$$

Substituindo:

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ diesel puro (kgCO}_2\text{e)} = 5711,52 \text{ litros de diesel puro} \times 2,6 \text{kg de } \frac{\text{CO}_2}{\text{litro}} \times 1$$

$$\text{Emissão de CH}_4 \text{ diesel puro (kgCO}_2\text{e)} = 5711,52 \text{ litros de diesel puro} \times 0,0001 \text{kg de } \frac{\text{CH}_4}{\text{litro}} \times 28$$

$$\text{Emissão de N}_2\text{O diesel puro (kgCO}_2\text{e)} = 5711,52 \text{ litros de diesel puro} \times 0,0001 \text{kg de } \frac{\text{N}_2\text{O}}{\text{litro}} \times 265$$

$$\text{Emissão CH}_4 \text{ biodiesel (kgCO}_2\text{e)} = 742,18 \text{ litros de biodiesel} \times 0,0003 \text{kg de } \frac{\text{CH}_4}{\text{litro}} \times 28$$

$$\text{Emissão de N}_2\text{O biodiesel (kgCO}_2\text{e)} = 742,18 \text{ litros de biodiesel} \times 0,00002 \text{kg de } \frac{\text{N}_2\text{O}}{\text{litro}} \times 265$$

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ diesel puro (tonCO}_2\text{e)} = 14,87 \text{ toneladas de CO}_2\text{e}$$

$$\text{Emissão de CH}_4 \text{ diesel puro (tonCO}_2\text{e)} = 0,022 \text{ toneladas de CO}_2\text{e}$$

$$\text{Emissão de N}_2\text{O diesel puro (tonCO}_2\text{e)} = 0,2 \text{ toneladas de CO}_2\text{e}$$

$$\text{Emissão CH}_4 \text{ biodiesel (tonCO}_2\text{e)} = 0,007 \text{ toneladas de CO}_2\text{e}$$

$$\text{Emissão de N}_2\text{O biodiesel (tonCO}_2\text{e)} = 0,004 \text{ toneladas de CO}_2\text{e}$$

$$\text{EMISSÃO TOTAL (FÓSSIL)} = \quad \quad \quad \mathbf{15 \text{ TONELADAS DE CO}_2\text{e}}$$

Para o cálculo da parcela da biomassa da emissão do diesel em geradores (emissões biogênicas):

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ biodiesel (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de biodiesel (litros)} \times \text{FECO}_2 \times \text{GWPCO}_2$$

Substituindo:

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ biodiesel (kgCO}_2\text{e)} = 742,18 \times \frac{2,43 \text{kgCO}_2}{\text{litro}} \times 1$$

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ biodiesel (tonCO}_2\text{e)} = 1,8 \text{ toneladas de CO}_2\text{e}$$

$$\text{EMISSÃO TOTAL (BIOMASSA)} = \mathbf{1,8 \text{ TONELADAS DE CO}_2\text{e}}$$

g) Emissões Fugitivas / Recarga de Extintores a CO₂

Dado: 130 unidades de extintores de 6kg cada. Recargas anuais.

Pela metodologia, a quantidade de recarga é igual a emissão (conservadorismo), logo:

$$\text{Emissão (kgCO}_2\text{e)} = \text{quantidade de extintores} \times \text{peso de cada extintor (kg)} \times \text{GWPCO}_2$$

Substituindo:

$$\text{Emissão (kgCO}_2\text{e)} = 130 \times 6\text{kg} \times 1$$

EMIÇÃO TOTAL (FÓSSIL) =	0,78 TONELADAS DE CO₂e
--------------------------------	--

h) Emissões Fugitivas / Recarga de gases refrigerantes (ar condicionado)

Dado: contrato de 113,5 kg de recarga anual para cada um dos gases (R410A e R407C). Por conservadorismo, considerou-se o total de recarga contratada, ou seja, recarga de 113,5kg de R410A e 113,5kg de R407C

$$\text{Emissão gás refrigerante R410A (kgCO}_2\text{e)} = \text{quantidade de recarga (kg)} \times \text{GWPR410A}$$

$$\text{Emissão gás refrigerante R407C (kgCO}_2\text{e)} = \text{quantidade de recarga (kg)} \times \text{GWP407C}$$

Substituindo:

$$\text{Emissão gás refrigerante R410A (kgCO}_2\text{e)} = 113,5 \text{ kg} \times 1924$$

$$\text{Emissão gás refrigerante R407C (kgCO}_2\text{e)} = 113,5 \text{ kg} \times 1624$$

EMIÇÃO TOTAL (FÓSSIL) =	402,67 TONELADAS DE CO₂e
--------------------------------	--

Há também a utilização do gás refrigerante R-22, porém ele é controlado pelo Protocolo de Montreal. Pela metodologia, ele não entra na contabilização das emissões do inventário, mas deve ser reportado em separado, sendo assim:

$$\text{Emissão gás refrigerante R22 (kgCO}_2\text{e)} = 113,5 \text{ kg} \times 1760$$

EMIÇÃO TOTAL (FÓSSIL) =	199,8 TONELADAS DE CO₂e
--------------------------------	---

Escopo 2

a) Energia Elétrica / Sistema Interligado Nacional

Dado: consumo de energia elétrica do ano: 4855MWh em Santo André

Dado: consumo de energia elétrica do ano: 6520,7 em São Bernardo do Campo

O fator de emissão (FE) médio da rede interligada nacional no ano de 2023 foi:

$$FECO_2=0,0385 \text{ tonelada de } CO_2/MWh$$

$$Emissão \text{ de } CO_2 \text{ (tonCO}_2e) = consumo \text{ de energia (MWh)} \times FECO_2 \times GWPCO_2$$

Substituindo:

$$Emissão \text{ de } CO_2 \text{ Energia elétrica Santo André (tonCO}_2e) = 4855MWh \times 0,0385 \text{ ton de } \frac{CO_2}{litrMWh} \times 1$$

$$Emissão \text{ de } CO_2 \text{ Energia elétrica SBC (tonCO}_2e) = 6520,7MWh \times 0,0385 \text{ ton de } \frac{CO_2}{litrMWh} \times 1$$

EMISSÃO TOTAL (FÓSSIL) =

251,11 TONELADAS DE CO₂e

b) Energia Elétrica / Sistema Fotovoltaico

Dado do sistema fotovoltaico: geração de energia elétrica por meio de módulo solares instalados nos campi da UFABC no ano de 2023:

467 MWh em Santo André

321 MWh em São Bernardo do Campo

Não há emissões de GEE atreladas a energia elétrica gerada por fontes fotovoltaicas, portanto, a emissão é zero.

Escopo 3

a) Resíduos Gerados na Operação / Reciclagem

Equipamentos eletrônicos são destinados para a reciclagem, além de serem inertes, não gerando emissão de GEE.

b) Resíduos Gerados na Operação / Incineração

Dado: 271,6 kg de resíduos químicos perigosos foram enviados para incineração em 2023.

Dado: 5.627,60 kg de perfurocortantes foram enviados para incineração em 2023.

Dessa forma, foram 5,9 toneladas de resíduos enviados para incineração, sendo que a composição do resíduo foi de 4,6 % de resíduo fóssil líquido e 95,4 % de resíduo inerte.

Foi considerada incineração semi-contínua (leito fluidizado).

Para resíduos fósseis líquidos:

Teor de carbono em % de massa seca: 80%

Fração de carbono fóssil em % do carbono total: 100%

Umidade: Não considerada

Para resíduos inertes:

Teor de carbono em % de massa seca: 3%

Fração de carbono fóssil em % do carbono total: 100%

Umidade: 10%

Emissão de CO₂e de resíduos fósseis líquidos =

Teor de carbono em % de massa seca x Fração de carbono fóssil em % de carbono total * GWPCO₂ * fator de conversão de C para CO₂ x % do tipo de resíduo no total

Emissão de CO₂e de resíduos inertes =

Teor de carbono em % de massa seca x Fração de carbono fóssil em % de carbono total X GWPCO₂ X fator de conversão de C para CO₂ x umidade x % do tipo de resíduo no total

Substituindo:

Emissão de CO₂ de resíduos fósseis líquidos (em tonCO₂e) = 80% x 100% x 1 x 22/44 x 18% = **3,11 toneladas de CO₂e**

Emissão de CO₂ de resíduos inertes (em tonCO₂e) = 3% x 100% x 1 x 22/44 x 10% x 82% = **0,48 toneladas**

de CO₂e

Através da ferramenta, também é estimada a emissão de N₂O pela composição dos resíduos:

Emissão de N₂O (em tonCO₂e)= **0,10 toneladas de CO₂e**

EMISSÃO TOTAL (FÓSSIL) = 3,11+0,48+0,10 = 3,7 TONELADAS DE CO₂e

c) Transporte e Distribuição Downstream / Ônibus interunidades

Foram estimadas as distâncias pelo Google Maps para os seguintes trechos:

Santo André (SA) para São Bernardo do Campo (SBC)
SBC para SA
SBC para terminal
SA para SBC (Sábado)
Terminal SBC para SBC

As frequências e distâncias estão abaixo:

SA para SBC	Foram 66 trajetos diários de 7km cada em 2023. Em 2023 foram 248 dias úteis
SBC para SA	Foram 63 trajetos diários de 7,5km cada em 2023. Em 2023 foram 248 dias úteis
SBC para terminal	Foram 6 trajetos diários de 8,6km cada em 2023. Em 2023 foram 248 dias úteis
SA para SBC (Sábado)	Linha roda de sábado. Foram 8 trajetos diários de 7km cada em 2023. Em 2023 foram 52 sábados
Terminal SBC para SBC	6 saídas diárias, 8,1 km

Considerou-se ônibus urbano a diesel, e a ferramenta do Programa Brasileiro considera um consumo médio de 2,1 km/l.

Dessa forma, calculou-se um total de 123.196 litros de diesel.

Os fatores de emissão (FE) para a combustão do diesel puro em fontes móveis são:

FE_{CO₂}= 2,6 kg de CO₂/litro de diesel

FE_{CH₄}= 0,0001 kg de CH₄/litro de diesel

FE_{N₂O}=0,0001 kg de N₂O/litro de diesel

Os fatores de emissão (FE) para combustão do biodiesel em fontes móveis são:

FE_{CO₂}= 2,43 kg de CO₂/litro de biodiesel

FE_{CH₄}= 0,0003 kg de CH₄/litro de biodiesel

FEN₂O=0,00002 kg de N₂O/litro de biodiesel

Para o cálculo da emissão fóssil do diesel dos geradores:

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ diesel puro (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de diesel puro (litros)} \times \text{FECO}_2 \times \text{GWPCO}_2$$

$$\text{Emissão de CH}_4 \text{ diesel puro (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de diesel puro (litros)} \times \text{FECH}_4 \times \text{GWPCCH}_4$$

$$\text{Emissão de N}_2\text{O diesel puro (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de diesel puro (litros)} \times \text{FEN}_2\text{O} \times \text{GWPN}_2\text{O}$$

$$\text{Emissão de CH}_4 \text{ biodiesel (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de biodiesel (litros)} \times \text{FECH}_4 \times \text{GWPCCH}_4$$

$$\text{Emissão de N}_2\text{O biodiesel (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de biodiesel (litros)} \times \text{FEN}_2\text{O} \times \text{GWPN}_2\text{O}$$

Substituindo:

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ diesel puro (kgCO}_2\text{e)} = 109.117 \text{ litros de diesel puro} \times 2,6 \text{ kg de } \frac{\text{CO}_2}{\text{litro}} \times 1$$

$$\text{Emissão de CH}_4 \text{ diesel puro (kgCO}_2\text{e)} = 109.117 \text{ litros de diesel puro} \times 0,0001 \text{ kg de } \frac{\text{CH}_4}{\text{litro}} \times 28$$

$$\text{Emissão de N}_2\text{O diesel puro (kgCO}_2\text{e)} = 109.117 \text{ litros de diesel puro} \times 0,0001 \text{ kg de } \frac{\text{N}_2\text{O}}{\text{litro}} \times 265$$

$$\text{Emissão CH}_4 \text{ biodiesel (kgCO}_2\text{e)} = 14.179 \text{ litros de biodiesel} \times 0,0003 \text{ kg de } \frac{\text{CH}_4}{\text{litro}} \times 28$$

$$\text{Emissão de N}_2\text{O biodiesel (kgCO}_2\text{e)} = 14.179 \text{ litros de biodiesel} \times 0,00002 \text{ kg de } \frac{\text{N}_2\text{O}}{\text{litro}} \times 265$$

EMIÇÃO TOTAL (FÓSSIL) =

286,53 TONELADAS DE CO₂e

Para o cálculo da parcela da biomassa da emissão do diesel em geradores (emissões biogênicas):

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ biodiesel (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de biodiesel (litros)} \times \text{FECO}_2 \times \text{GWPCO}_2$$

Substituindo:

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ biodiesel (kgCO}_2\text{e)} = 14.179 \times \frac{2,43 \text{ kgCO}_2}{\text{litro}} \times 1$$

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ biodiesel (tonCO}_2\text{e)} = 34,47 \text{ toneladas de CO}_2\text{e}$$

EMIÇÃO TOTAL (BIOMASSA) = 34,47 TONELADAS DE CO₂e

d) Viagens aéreas

Para o ano de 2023 foram contabilizados 403 trechos, equivalente a 403 viagens. Foram utilizados

os dados de aeroportos de origem e de aeroportos de destino. Esses dados foram inseridos na Ferramenta do Programa Brasileiro GHG *Protocol*, que utiliza a metodologia do *Department for Environment, Food and Rural Affairs* - DEFRA para o cálculo da emissão de viagens aéreas por passageiro.

A distância aérea entre dois aeroportos é classificada em curta, média ou longa a depender da distância entre os aeroportos, e é adicionado um acréscimo para refletir a rota real (considerando pouso, decolagem e taxiamento). A metodologia dá para cada classificação os fatores de emissão por passageiro, conforme a Tabela A1 abaixo.

Tabela A1: Fatores de emissão para aviação civil - transporte de passageiros

Distância aérea	Acréscimo para refletir a rota real	Fatores de emissão originais (DEFRA)			Fatores de emissão convertidos		
		Fator de emissão de CO2 (kgCO2e / passageiro .km)	Fator de emissão de CH4 (kgCO2e / passageiro .km)	Fator de emissão de N2O (kgCO2e / passageiro .km)	Fator de emissão de CO2 (kgCO2 / passageiro.k m)	Fator de emissão de CH4 (kgCH4 / passageiro.k m)	Fator de emissão de N2O (kgN2O / passageiro.km)
Curta distância (d ≤ 500 km)	0,08	0,15942	0,00022	0,00134	0,147611111	7,27513E-06	4,68204E-06
Média distância (500 < d ≤ 3.700 km)	0,08	0,10881	0,00001	0,00092	0,10075	3,30688E-07	3,21454E-06
Longa distância (d > 3.700 km)	0,08	0,15293	0,00001	0,00129	0,141601852	3,30688E-07	4,50734E-06

Fonte: DEFRA - UK Government conversion factors for Company Reporting⁵. Ano: 2023.

e) Viagens ferroviárias

Foram utilizados os dados de origem e destino das viagens ferroviárias. Foram identificados 14 trechos de trem, equivalentes para 14 viagens ferroviárias em 2023. No Google Maps foram calculadas as distâncias em km. E a partir dos fatores de emissões abaixo (Tabela A2), foram calculadas as emissões com base na distância percorrida por passageiro.

Tabela A2: Fatores de emissão para transporte de passageiros em trem

kWh / P.km	FE SIN (t CO ₂ / MWh)	Emissão (g CO ₂ / P.km)
0,1381	0,0385	5,32

Fonte: DEFRA - UK Government conversion factors for Company Reporting⁵. Ano: 2023.

f) Viagens de ônibus

⁵ <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2023>

Foram utilizados os dados de origem e destino das viagens de ônibus, sendo identificado para 2023 25 trechos de ônibus. No Google Maps foram calculadas as distâncias em km. E a partir dos fatores de emissões abaixo (Tabela A3), foram calculadas as emissões com base na distância percorrida por passageiro. Considera-se que há mistura de biodiesel no diesel (11,5%).

Tabela A3: Fatores de emissão para transporte de passageiro em ônibus de viagem

Tipo de ônibus	Ano	Fator emissão - DEFRA (kg CO ₂ e/passageiro.km)	Fator de consumo (L/passageiro.km)	Óleo Diesel			Biodiesel		
				Emissão (kg CO ₂ /p.km)	Emissão (kg CH ₄ /p.km)	Emissão (kg N ₂ O/p.km)	Emissão (kg CO ₂ /p.km)	Emissão (kg CH ₄ /p.km)	Emissão (kg N ₂ O/p.km)
Ônibus de viagem	-	0,027181	0,011	0,028	0,000001	0,000001	0,026	0,000004	0,00000022

Fonte: DEFRA - UK Government conversion factors for Company Reporting⁵. Ano: 2023.

g) Viagens com veículos próprios ou frota oficial

Foram utilizados os dados de origem e destino das viagens contabilizadas para 37 trechos de veículo próprio ou oficial. No Google Maps foram calculadas as distâncias em km entre origem e destino.

Foram considerados todos os veículos à gasolina, com consumo médio de: 15,3km/l.

Foram percorridos 8891,40km. Logo, 577,99 litros de gasolina C.

Quantidade de gasolina C (em litros): 577,99 litros de gasolina C.

Considera-se que em 2023, a média de etanol anidro na gasolina C foi de: 27% logo:

Quantidade de gasolina A: 421,93 litros

Quantidade de etanol anidro: 156,06 litros

Os fatores de emissão (FE) para a combustão de gasolina A em fontes móveis são:

FE_{CO₂}= 2,21 kg de CO₂/litro de gasolina A

FE_{CH₄}= 0,001 kg de CH₄/litro de gasolina A

FE_{N₂O}=0,0003 kg de N₂O/litro de gasolina A

Os fatores de emissão (FE) para combustão do etanol anidro em fontes móveis são:

FE_{CO₂}= 1,53 kg de CO₂/litro de etanol anidro

FE_{CH₄}= 0,0002 kg de CH₄/litro de etanol anidro

FE_{N₂O}=0,00001 kg de N₂O/litro de etanol anidro

Para o cálculo da emissão fóssil dos veículos à gasolina C:

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ gasolina A (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de gasolina A (litros)} \times \text{FECO}_2 \times \text{GWPCO}_2$$

$$\text{Emissão de CH}_4 \text{ gasolina A (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de gasolina A (litros)} \times \text{FECH}_4 \times \text{GWPCCH}_4$$

$$\text{Emissão de N}_2\text{O gasolina A (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de gasolina A (litros)} \times \text{FEN}_2\text{O} \times \text{GWPN}_2\text{O}$$

$$\text{Emissão de CH}_4 \text{ etanol anidro (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de etanol anidro (litros)} \times \text{FECH}_4 \times \text{GWPCCH}_4$$

$$\text{Emissão de N}_2\text{O etanol anidro (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de etanol anidro (litros)} \times \text{FEN}_2\text{O} \times \text{GWPN}_2\text{O}$$

Substituindo:

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ gasolina A (kgCO}_2\text{e)} = 577,99 \text{ litros de gasolina A} \times 2,21 \text{ kg de } \frac{\text{CO}_2}{\text{litro}} \times 1$$

$$\text{Emissão de CH}_4 \text{ gasolina A (kgCO}_2\text{e)} = 577,99 \text{ litros de gasolina A} \times 0,001 \text{ kg de } \frac{\text{CH}_4}{\text{litro}} \times 28$$

$$\text{Emissão de N}_2\text{O gasolina A (kgCO}_2\text{e)} = 577,99 \text{ litros de gasolina A} \times 0,00002 \text{ kg de } \frac{\text{N}_2\text{O}}{\text{litro}} \times 265$$

$$\text{Emissão CH}_4 \text{ etanol anidro (kgCO}_2\text{e)} = 577,99 \text{ litros de etanol anidro} \times 0,0002 \text{ kg de } \frac{\text{CH}_4}{\text{litro}} \times 28$$

$$\text{Emissão de N}_2\text{O etanol anidro (kgCO}_2\text{e)} = 577,99 \text{ litros de etanol anidro} \times 0,00001 \text{ kg de } \frac{\text{N}_2\text{O}}{\text{litro}} \times 265$$

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ gasolina A (tonCO}_2\text{e)} = 0,93 \text{ toneladas de CO}_2\text{e}$$

$$\text{Emissão de CH}_4 \text{ gasolina A e etanol anidro (tonCO}_2\text{e)} = 0,00003 \text{ toneladas de CO}_2\text{e}$$

$$\text{Emissão de N}_2\text{O gasolina A e etanol anidro (tonCO}_2\text{e)} = 0,00001 \text{ toneladas de CO}_2\text{e}$$

$$\text{EMISSÃO TOTAL (FÓSSIL)} = \quad \quad \quad \mathbf{0,98 \text{ TONELADAS DE CO}_2\text{e}}$$

Para o cálculo da parcela da biomassa da emissão do etanol anidro na frota própria (emissões biogênicas):

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ etanol anidro (kgCO}_2\text{e)} = \text{volume de etanol anidro (litros)} \times \text{FECO}_2 \times \text{GWPCO}_2$$

Substituindo:

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ biodiesel (kgCO}_2\text{e)} = 156,06 \times \frac{1,53 \text{ kgCO}_2}{\text{litro}} \times 1$$

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ etanol anidro (tonCO}_2\text{e)} = 0,24 \text{ toneladas de CO}_2\text{e}$$

EMISSÃO TOTAL (BIOMASSA) = 0,24 TONELADAS DE CO₂e