



# INVENTÁRIO E CENÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA



**DESENVOLVIMENTO URBANO E  
ESTRATÉGIAS DE BAIXO CARBONO  
PARA A DESCARBONIZAÇÃO DAS  
CIDADES BRASILEIRAS**



Outubro de 2024

## HISTÓRICO

<b>Versão</b>	<b>Revisão</b>	<b>Data da publicação</b>	<b>Responsável Técnico</b>
00	Emissão Inicial	22/04/2023	Lucas Pereira e Bárbara Xavier (elaboração) Isabela Horta e Juliana Antunes (revisão)
01	1ª Revisão	28/05/2024	Lucas Pereira, Bárbara Xavier, Patrícia Perussi, Isabela Horta e Juliana Antunes
02	2ª Revisão	01/07/2024	Lucas Pereira, Bárbara Xavier, Isabela Horta e Juliana Antunes
03	3ª Revisão	17/07/2024	Lucas Pereira, Bárbara Xavier, Isabela Horta e Juliana Antunes
04	4ª Revisão	30/08/2024	Bárbara Xavier e Renato Toledo
05	5ª Revisão	04/10/2024	Lucas Pereira e Bárbara Xavier

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	30/08/2024	Pág. 2 de 90

## SUMÁRIO

<b>ACRÔNIMOS E ABREVIações</b> .....	<b>7</b>
<b>INFORMAÇÕES GERAIS</b> .....	<b>9</b>
<b>1 APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2 METODOLOGIA</b> .....	<b>11</b>
<b>2.1 Abrangência e período coberto</b> .....	<b>12</b>
<b>2.2 Gases de efeito estufa e fontes de emissão</b> .....	<b>15</b>
<b>2.3 Setores de atividades-fonte de emissão</b> .....	<b>15</b>
<b>2.4 Escopo das emissões</b> .....	<b>16</b>
<b>2.5 Elaboração do Inventário</b> .....	<b>16</b>
<b>2.6 Classificação das informações</b> .....	<b>18</b>
<b>3 INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GEE DE FLORIANÓPOLIS</b> .....	<b>19</b>
<b>3.1 Comparação entre os inventários de 2013 e 2022</b> .....	<b>19</b>
<b>3.2 Resultados do Inventário de Gases de Efeito Estufa de 2022</b> .....	<b>28</b>
<b>4 CENÁRIOS DE EMISSÕES E METAS DE DESCARBONIZAÇÃO</b> .....	<b>46</b>
<b>5 DESAFIOS ENFRENTADOS E SUGESTÕES DE MELHORIAS</b> .....	<b>53</b>
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	<b>55</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>57</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>59</b>
<b>Anexo A – Mudança de Uso do solo de 2012 a 2022 (ha)</b> .....	<b>59</b>
<b>Anexo B - Quadro comparativo das emissões de GEE de 2013 e de 2022</b> .....	<b>60</b>
<b>Anexo C - Mapeamento das fontes de emissão</b> .....	<b>61</b>
<b>Anexo D - Coleta das informações e cálculo das emissões</b> .....	<b>67</b>
<b>PARTICIPANTES</b> .....	<b>90</b>

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	30/08/2024	Pág. 3 de 90

## Lista de Figuras

FIGURA 1. LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS – SC. FONTE: IBGE - BASE VETORIAL CONTÍNUA (2021).....	12
FIGURA 2. USO E COBERTURA DO SOLO NO MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS EM 2012, SEGUNDO MAPBIOMAS COLEÇÃO 8. FONTE: MAPBIOMAS (2024).....	14
FIGURA 3. USO E COBERTURA DO SOLO NO MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS EM 2022, SEGUNDO MAPBIOMAS COLEÇÃO 8. FONTE: MAPBIOMAS (2024).....	15
FIGURA 4. EMISSÕES DE GEE DO SETOR DE ENERGIA ESTACIONÁRIA POR FONTE DE EMISSÃO PERDAS NA T&D: PERDAS NA TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DA ELETRICIDADE.....	20
FIGURA 5. EMISSÕES DE GEE DO SETOR DE TRANSPORTE POR FONTE DE EMISSÃO.....	21
FIGURA 6. EMISSÕES DE GEE DO SETOR DE RESÍDUOS POR FONTE DE EMISSÃO.....	24
FIGURA 7. EMISSÕES DE GEE DO SETOR DE IPPU POR FONTE DE EMISSÃO.....	26
FIGURA 8. EMISSÕES DE GEE DO SETOR DE AFOLU POR FONTE DE EMISSÃO.....	27
FIGURA 9. CONTRIBUIÇÃO ABSOLUTA DE CADA SETOR PARA O TOTAL DAS EMISSÕES.....	28
FIGURA 10. CONTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DE CADA SETOR DE EMISSÃO DE GEE.....	29
FIGURA 11. CONTRIBUIÇÃO DE CADA SUBSETOR PARA AS EMISSÕES TOTAIS DO SETOR DE ENERGIA.....	30
FIGURA 12. CONTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS FONTES DE EMISSÃO DO SUBSETOR I.1 (INSTALAÇÕES RESIDENCIAIS).....	30
FIGURA 13. CONTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS FONTES DE EMISSÃO DO SUBSETOR I.2.....	31
FIGURA 14. CONTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS FONTES DE EMISSÃO DO SUBSETOR I.3.....	32
FIGURA 15. CONTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS FONTES DE EMISSÃO DO SUBSETOR I.4.....	32
FIGURA 16. CONTRIBUIÇÃO DE CADA SUBSETOR PARA AS EMISSÕES TOTAIS DO SETOR DE TRANSPORTE.....	34
FIGURA 17. CONTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS FONTES DE EMISSÃO DO SUBSETOR II.1.....	34
FIGURA 18. CONTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS FONTES DE EMISSÃO DO SUBSETOR II.4.....	36
FIGURA 19. LOCALIZAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DE BIGUAÇU - SC E A ESTAÇÃO DE TRANSBORDO DE FLORIANÓPOLIS.....	37
FIGURA 20. CONTRIBUIÇÃO DE CADA SUBSETOR PARA AS EMISSÕES TOTAIS DO SETOR DE RESÍDUOS.....	38

FIGURA 21. CONTRIBUIÇÃO DE CADA SUBSETOR PARA AS EMISSÕES TOTAIS DO SETOR DE AFOLU .....	41
FIGURA 22. EMISSÕES E REMOÇÕES DE GEE POR FONTE EM 2022. ....	42
FIGURA 23. EMISSÕES DE GEE POR ESCOPO EM 2022. ....	43
FIGURA 24. CONTRIBUIÇÃO DE CADA FONTE DE EMISSÃO INDIRETA PARA O TOTAL DAS EMISSÕES CONTABILIZADAS E REPORTADAS NO ESCOPO 3.....	44
FIGURA 25. PROJEÇÕES PARA O CENÁRIO BUSINESS-AS-USUAL (BAU).....	48
FIGURA 26. CENÁRIO DE EMISSÕES AMBICIOSO.....	51
FIGURA 27. CENÁRIO DE NEUTRALIDADE.....	52
FIGURA 28. EMISSÕES DE GEE NOS CENÁRIOS BAU, AMBICIOSO E DE NEUTRALIDADE .....	53

### Lista de Quadros

QUADRO 1. RESUMO DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS.....	13
QUADRO 2. SUBSETORES DE EMISSÃO .....	17
QUADRO 3. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS DADOS, SEGUNDO O GPC .....	18
QUADRO 4. INDICADORES DE EMISSÃO.....	45
QUADRO 5. DADOS NACIONAIS UTILIZADOS NO CÁLCULO DAS METAS MÍNIMAS DE REDUÇÃO.....	49
QUADRO 6. DADOS LOCAIS UTILIZADOS NO CÁLCULO DAS METAS MÍNIMAS DE REDUÇÃO .....	50
QUADRO 7. METAS DE REDUÇÃO PARA OS CENÁRIOS AMBICIOSO E DE NEUTRALIDADE A PARTIR DO CENÁRIO BAU .....	50
QUADRO 8. QUANTIFICAÇÃO DA MUDANÇA DO USO DO SOLO DE 2012 A 2022 EM HECTARES .....	59
QUADRO 9. DIFERENÇA ENTRE AS EMISSÕES DE 2022 E 2013 POR FONTE (TCO2E).....	60
QUADRO 10. USO DAS CHAVES DE NOTAÇÃO, SEGUNDO O GPG. ....	61
QUADRO 11. DESCRIÇÃO E CHAVES DE NOTAÇÃO DE CADA FONTE DE EMISSÃO.....	62
QUADRO 12. PARÂMETROS QUE SOFRERAM ALTERAÇÕES DO INVENTÁRIO DE 2013 PARA O INVENTÁRIO DE 2022 .....	67
QUADRO 13. FONTE E QUALIDADE DOS DADOS DE ATIVIDADE E FATORES DE EMISSÃO ....	67

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	30/08/2024	Pág. 5 de 90

QUADRO 14. TIER DOS FATORES DE EMISSÃO EMPREGADOS NO INVENTÁRIO DE GEE DE FLORIANÓPOLIS DE 2022.....	72
QUADRO 15. DADOS DE ATIVIDADE PARA O SUBSETOR III.4.....	81
QUADRO 16. DADOS PARA CÁLCULO DO FATOR DE ALOCAÇÃO DA UREIA E OUTROS FERTILIZANTES NITROGENADOS SINTÉTICOS .....	88

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	30/08/2024	Pág. 6 de 90

## ACRÔNIMOS E ABREVIações

AFOLU	Agricultura, Florestas e outros Usos do Solo
BAU	Business as Usual
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
C40	Climate Leadership Group (C40)
CH <sub>4</sub>	Metano
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
CO <sub>2</sub> e	Carbono equivalente
COBRAPE	Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos
CURB	Climate Action for Sustainability
DA	Dados de atividade
FE	Fatores de emissão
GEE	Gases de Efeito Estufa
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
GPC	Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Inventories
HFCs	Hidrofluorcarbono
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICLEI	Governos Locais pela Sustentabilidade
IEA	Agência Internacional de Energia
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
IPPU	Indústria e Processos Industriais
N <sub>2</sub> O	Óxido de Nitrogênio
NDC	Contribuição Nacionalmente Determinada
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PIB	Produto Interno Bruto

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	30/08/2024	Pág. 7 de 90

PEDEM	Plano Estratégico de Desenvolvimento Econômico Municipal de Florianópolis
PFCs	Perfluorcarbono
PMF	Prefeitura Municipal de Florianópolis
SMMADS	Secretaria Municipal do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SF <sub>6</sub>	Hexafluoreto de enxofre
WRI	World Resources Institute (WRI)

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	30/08/2024	Pág. 8 de 90



## INFORMAÇÕES GERAIS

**QUADRO 1: IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR**

<b>Contratante:</b>	BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento
<b>Beneficiário</b>	Município de Florianópolis - SC
<b>Número do Contrato:</b>	C-BR-T1502-P002 e BR-T1503 / CT nº ATN/PI-19306-BR
<b>Gestor do Contrato</b>	Diego Andres Arcia - darcia@iadb.org
<b>Endereço:</b>	SEN Quadra 802 Cj. F Lote 39 – Brasília/DF
<b>Objeto:</b>	Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras – Florianópolis.

**QUADRO 2: IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA EXECUTORA**

<b>Razão Social:</b>	Egis Engenharia e Consultoria Ltda.
<b>CNPJ:</b>	44.239.135/0005-03
<b>Endereço:</b>	Rua Pasadena, 89, Parque Industrial San Jose, CEP 06715-864 - , Cotia, SP

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	30/08/2024	Pág. 9 de 90

## 1 APRESENTAÇÃO

Os Gases de Efeito Estufa (GEE) são componentes da atmosfera terrestre particularmente influentes na temperatura do planeta. Os principais GEE são dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido de nitrogênio (N<sub>2</sub>O), hidrofluorcarbono (HFCs), perfluorcarbono (PFCs), e hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>). Quando presentes em equilíbrio, esses gases garantem a vida na Terra ao manter a temperatura ideal para a fauna e flora. No entanto, problemas surgem quando os níveis de GEE são alterados. Essa mudança pode levar a condições extremas e prejudiciais à vida, devido à interação dos gases com a radiação solar e outros componentes da atmosfera.

As principais alterações climáticas no planeta, decorrentes do aumento dos níveis de GEE, apontadas pelos especialistas são:

- Aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, tais como tempestades, intensificação e prolongamento de estiagens, ondas de calor e frio extremo;
- Alterações das correntes e ecossistemas marítimos;
- Perda da biodiversidade envolvendo a extinção de espécies.

As atividades antrópicas são consideradas a principal causa para as atuais alterações dos níveis de GEE na atmosfera. A queima de combustíveis fósseis, a decomposição de resíduos, e diversos processos industriais, como a produção de cimento, são exemplos de atividades que aumentam as emissões de GEE para a atmosfera. Algumas atividades ainda diminuem as remoções naturais de GEE da atmosfera, como aquelas que envolvem desmatamento, comprometem a fertilidade das terras, contaminam ambientes aquáticos, degradam manguezais, entre outros.

Analisando a problemática no âmbito nacional, percebemos que o Brasil deu um salto nas emissões a partir do século XX, quando foram fortalecidas as políticas para a industrialização do país. Estima-se que o país tenha emitido um total de 2,3 bilhões de toneladas de GEE em 2022. Sendo 617 milhões do setor Agropecuário, 412 milhões do setor de Energia, 1,1 bilhão do setor de Mudança de Uso da Terra e Floresta, 78 milhões de Processos Industriais e 91 milhões do setor de Resíduos (SEEG, 2024).

O Inventário de Emissão de GEE é uma ferramenta com informações e dados técnicos que tem como objetivo embasar o planejamento e ações de descarbonização e, assim, mitigar os riscos advindos da mudança do clima. De forma simplificada, o Inventário de GEE consiste no documento que reúne a quantidade de GEE emitido por um determinado local, durante um período determinado.

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	30/08/2024	Pág. 10 de 90

Dessa forma, o inventário de emissões de gases de efeito estufa é crucial para o Poder Público e a sociedade civil planejarem políticas públicas e projetos para promoção da sustentabilidade de comunidades, cidades, estados e regiões em geral. Ao identificar as principais fontes de emissões de GEE, governos e organizações podem desenvolver estratégias direcionadas para reduzir essas emissões, promover a eficiência energética, incentivar o uso de energias renováveis e implementar práticas sustentáveis em diversos setores da economia.

Ao fornecer informações claras e acessíveis sobre as emissões de GEE e seus impactos, pode-se educar e capacitar indivíduos, empresas e comunidades para a adoção de comportamentos mais sustentáveis e a contribuir ativamente para a preservação do meio ambiente. Isso não apenas fortalece a comunidade, mas também promove uma cultura de responsabilidade compartilhada em relação ao cuidado com o ambiente e com as futuras gerações.

O presente documento consiste no Inventário e Cenário de Emissões de Gases de Efeito Estufa, desenvolvido no âmbito do contrato para o Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização, celebrado entre o Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID e a Egis Engenharia e Consultoria, tendo o município de Florianópolis como beneficiário.

Este inventário visa, portanto, estabelecer uma referência técnica que permitirá ao município adotar uma abordagem integrada para sua descarbonização. Ao fornecer dados detalhados e diretrizes estratégicas, o inventário facilitará a implementação de políticas e ações coordenadas que diminuirão a pegada de carbono local.

Este relatório apresenta os resultados e análises da atualização do Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa - GEE de Florianópolis, os Cenários de Emissões para Florianópolis - *Business-as-usual* (BAU), Ambicioso, e de Neutralidade e, por fim, as metas de descarbonização para o horizonte do estudo.

## 2 METODOLOGIA

A metodologia empregada para o diagnóstico das emissões do município de Florianópolis foi a *Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Inventories* (GPC), desenvolvido em 2014 pelo World Resources Institute (WRI) em parceria com Governos Locais pela Sustentabilidade (ICLEI) e o Climate Leadership Group (C40).

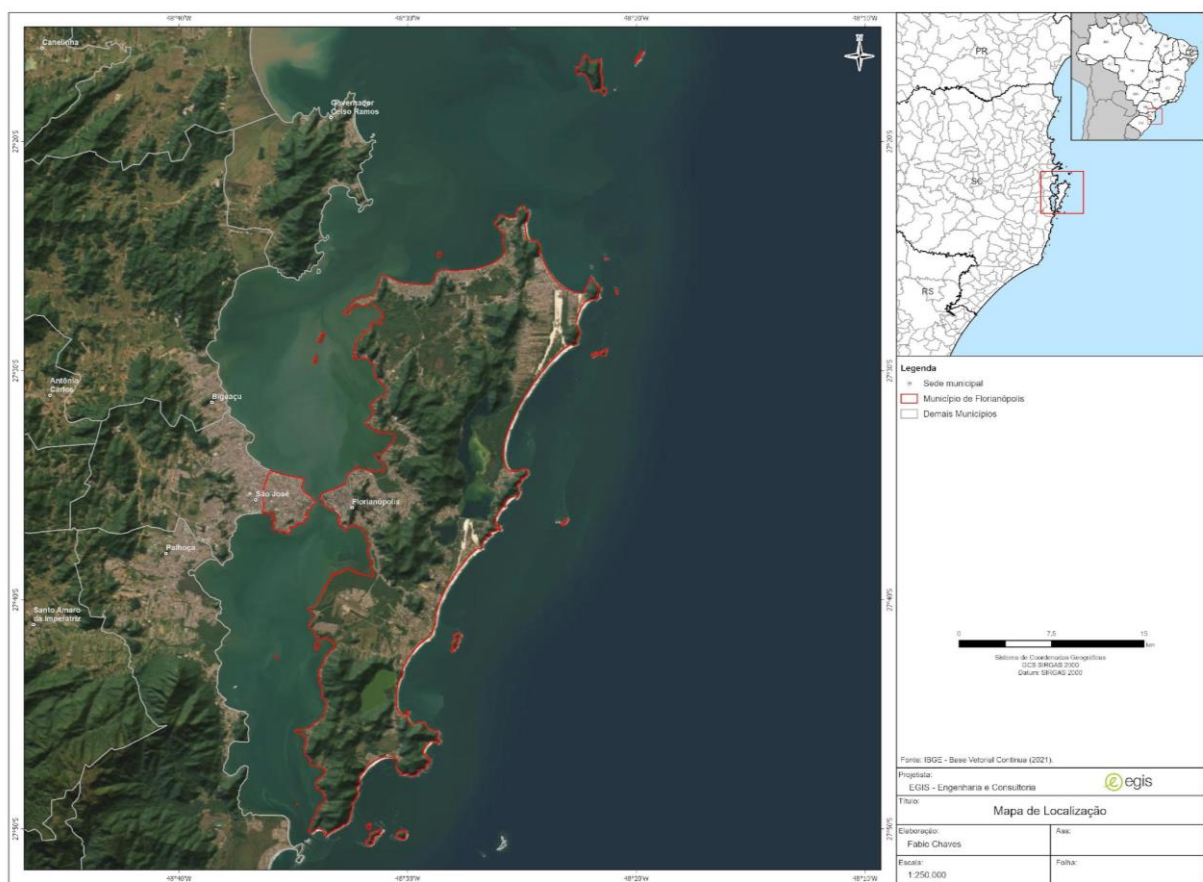
A GPC fornece uma estrutura para agregação de atividades emissoras de forma assertiva e orienta quanto aos métodos de cálculo das emissões para diferentes tipos de dados disponíveis. Isso proporciona uma confiabilidade e permite que os inventários de GEE de diferentes governos locais, desenvolvidos por esse método, sejam comparados.

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	30/08/2024	Pág. 11 de 90

A seguir serão detalhados a área de abrangência e o ano base do Inventário, bem como os dados utilizados e os cálculos feitos. O leitor encontra essas informações organizadas em tabelas nos Anexos A, B, C e D no final do documento.

## 2.1 Abrangência e período coberto

O inventário de emissões abrange geograficamente as porções insulares e continental do município de Florianópolis (delineadas em vermelho na Figura 1) e tem como ano base o ano de 2022, por ser o ano mais recente para o qual há disponibilidade de dados consolidados das atividades emissoras.



**FIGURA 1. LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS – SC.**  
 FONTE: IBGE - BASE VETORIAL CONTÍNUA (2021)

Florianópolis destaca-se entre as capitais brasileiras pelo seu elevado Índice de Desenvolvimento Humano (0,847), sendo o 1º colocado no ranking de Santa Catarina e o 3º colocado no ranking do Brasil (Atlas Brasil, 2010). A oferta de serviços aliada à beleza cênica e o alto índice de desenvolvimento, tem atraído cada vez mais pessoas para morar no município e região metropolitana. O PIB per capita do município, de acordo com o IBGE, atingiu cerca de

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	30/08/2024	Pág. 12 de 90

R\$ 45.602,98 em 2021, sendo suas principais atividades econômicas relacionadas ao setor de serviços.

O Plano Estratégico de Desenvolvimento Econômico Municipal de Florianópolis (PEDEM), desenvolvido pelo Serviço de Apoio às Micros Empresas (SEBRAE) em 2018 para orientar o desenvolvimento econômico do município até 2028, revela um município inclinado a manter a sua base econômica em serviços e tecnologia. O documento estabelece 5 eixos prioritários a serem seguidos:

- 1) Turismo, comércio, economia criativa e do mar;
- 2) Tecnologia da comunicação e da informação;
- 3) Tecnologia em saúde e bem-estar;
- 4) Nanotecnologia e novos materiais; e
- 5) Energia.

Com relação à população, em 2022, Florianópolis abrigava cerca de 537.211 habitantes, o que significa um acréscimo de 28% com relação ao censo de 2010 (IBGE, 2010; 2022). A tendência é que a população continue crescendo pelos próximos anos, em paralelo com o aumento das atividades urbanas, o que, provavelmente, provocará também um aumento no padrão de emissões de gases de efeito estufa.

#### QUADRO 1. RESUMO DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

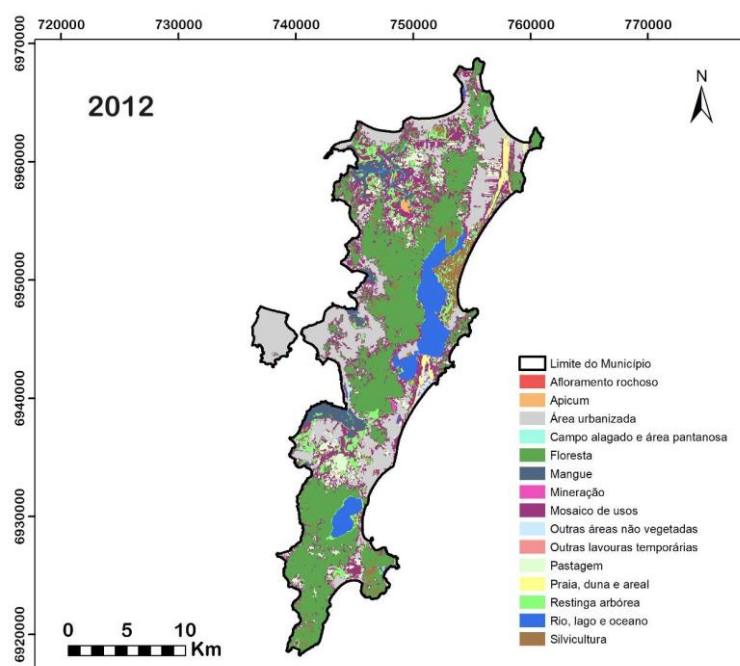
Resumo das principais características da abrangência do inventário	
Nome do Município	Florianópolis
Estado	Santa Catarina
Limites geográficos	Município de São José, e oceano Atlântico
População – Censo 2022	537.211 habitantes
IDH-M (2010)	0,847 (alto)
PIB per capita (2021)	R\$ 45.602,98
Ano Base do Inventário	2022

As figuras a seguir ilustram o uso e cobertura do solo no município de Florianópolis em 2012 e em 2022, segundo o Mapbiomas<sup>1</sup>, coleção 7. Nos mapas é possível observar que, no período de 10 anos analisado, não houve uma alteração significativa no padrão de uso do solo.

<sup>1</sup> acurácia de 83.1% para Mata Atlântica. <https://brasil.mapbiomas.org/estatistica-de-acuracia/colecao-8/>

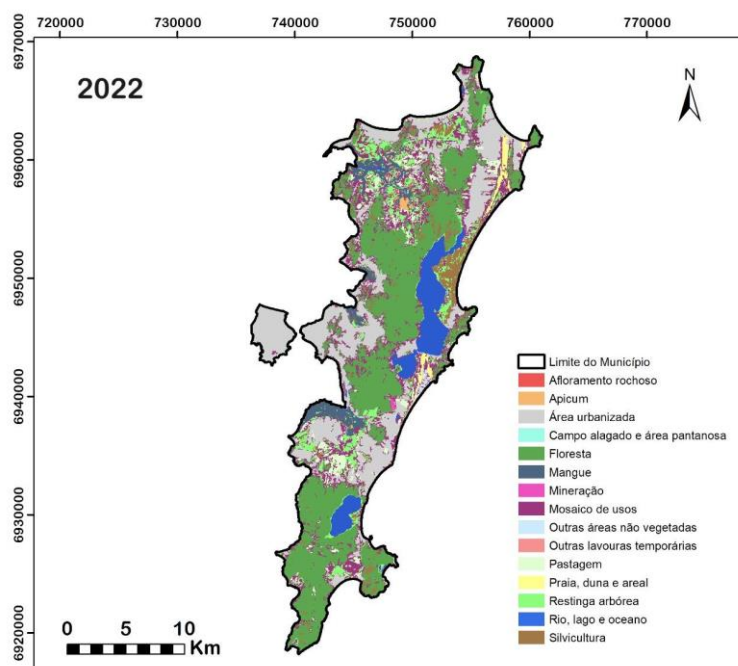
Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	30/08/2024	Pág. 13 de 90

Destacam-se que as áreas de florestas cresceram, mas outras mudanças são tão sutis que não são representativas. A partir dos dados representados no Anexo A – Mudança de Uso do solo de 2012 a 2022 é possível perceber que a classe Floresta teve um aumento de 548,86 hectares (ha), a classe Formação natural não florestal teve um aumento de 22,75 ha, a Agropecuária teve uma diminuição de 1.253,49 ha, e a Área não vegetada teve um acréscimo de 636,65 ha.



**FIGURA 2. USO E COBERTURA DO SOLO NO MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS EM 2012, SEGUNDO MAPBIOMAS COLEÇÃO 8. FONTE: MAPBIOMAS (2024).**

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	30/08/2024	Pág. 14 de 90



**FIGURA 3. USO E COBERTURA DO SOLO NO MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS EM 2022, SEGUNDO MAPBIOMAS COLEÇÃO 8. FONTE: MAPBIOMAS (2024)**

## 2.2 Gases de efeito estufa e fontes de emissão

Assim como indicado pelo GPC, o inventário de emissões de GEE de Florianópolis contabilizou as emissões de todos os sete gases de efeito estufa previstos pelo Protocolo de Kyoto: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido de nitrogênio (N<sub>2</sub>O), hidrofluorcarbono (HFCs), perfluorcarbono (PFCs), e hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>).

Os GEEs são gerados durante a combustão de combustíveis fósseis, decomposição de resíduos sólidos urbanos e águas residuais, fermentação entérica de animais, aplicação de fertilizantes nitrogenados no solo, durante processos químicos indústrias, no transporte e manipulação de combustíveis e gases refrigerantes - como na troca dos fluidos de ar-condicionado, dentre outras atividades.

## 2.3 Setores de atividades-fonte de emissão

O inventário foi realizado conforme a metodologia GPC para o nível BASIC+ e as fontes de emissão foram alocadas em seis setores, os quais são subdivididos em subsetores<sup>2</sup>:

<sup>2</sup> O quadro 3 do relatório 2 do produto 1 detalha os setores de emissão e suas subdivisões em subsetores e abrangência de cada setor a nível de escopo.

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	30/08/2024	Pág. 15 de 90



- I. Energia estacionária: engloba as emissões decorrentes da geração, transformação, distribuição e consumo de energia em fontes fixas e as emissões fugitivas decorrentes de exploração, processamento, transformação de petróleo, gás natural, e carvão e da distribuição de combustíveis fósseis.
- II. Transporte: abrange as emissões geradas na queima de combustíveis em fontes móveis e o consumo de energia por veículos elétricos.
- III. Resíduos: emissões relacionadas à disposição e tratamento de resíduos sólidos e efluentes.
- IV. Processos industriais e uso de produtos (IPPU, do inglês *Industrial Processes and Product Use*): emissões decorrentes de transformações físicas ou químicas da matéria e emissões provenientes do uso não energético de combustíveis fósseis e uso de GEE em produtos.
- V. Agricultura, floresta e uso da terra (AFOLU, do inglês *Agriculture, Forestry, and Other Land Use*): emissões decorrentes do uso e manejo do solo.
- VI. Outras emissões indiretas: abrange as emissões geradas fora do limite geográfico do inventário, mas que são relacionadas por atividades que ocorrem dentro do limite e que não foram contabilizadas em outros setores.

## 2.4 Escopo das emissões

Cada fonte de emissão é classificada ainda em Escopos 1, 2 e 3, de acordo com a localização geográfica das fontes de emissão, sendo:

- Escopo 1: Emissões por fontes localizadas dentro dos limites do município;
- Escopo 2: Emissões de GEE que ocorrem como consequência do uso de eletricidade fornecida pela rede nacional dentro dos limites do município;
- Escopo 3: Emissões de GEE que ocorrem fora dos limites da cidade como resultado de atividades que ocorrem dentro dos limites do município.

## 2.5 Elaboração do Inventário

O inventário, portanto, foi elaborado para os seguintes setores<sup>3</sup>:

- Energia Estacionária (Setor I);
- Transporte (Setor II);
- Resíduos (Setor III);

<sup>3</sup> A versão 1.1 classifica as emissões nesses 5 setores, diferentemente do que ocorria na versão utilizada no inventário de 2013.

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	30/08/2024	Pág. 16 de 90



- IPPU - Indústria e Processos Industriais- (Setor IV);
- AFOLU - Agricultura, silvicultura e outros usos da terra (Setor V).

As emissões de escopo 3, que incluem as emissões de GEE que ocorrem fora dos limites da cidade como resultado de atividades que ocorrem dentro dos limites do município, que não estão incluídas nos setores I a V foram reportadas no setor “Outras Emissões de Escopo 3” (Setor VI). Cada setor de emissão é subdividido pelo GPC<sup>4</sup> em subsetores. Ao longo do processo de coleta de dados junto com a Prefeitura Municipal de Florianópolis (PMF), a equipe consultora identificou quais seriam as atividades que geram de emissões de GEE. Dessa forma, os subsetores considerados para o Inventário de 2022 estão listados a seguir, no Quadro 2.

**QUADRO 2. SUBSETORES DE EMISSÃO**

Setor	Subsetor
Energia Estacionária (I)	Instalações Residenciais (I.1)
	Edifícios e Instalações Comerciais e Institucionais (I.2)
	Indústrias Manufatureiras e Construção (I.3)
	Indústrias Energéticas (I.4)
	Agropecuária, Silvicultura e Pesca (I.5)
	Fontes Não Específicas (I.6)
	Emissões Fugitivas de Combustíveis (I.7)
Transportes (II)	Rodoviário (II.1)
	Ferrovário (II.2)
	Aquaviário (II.3)
	Aeroviário (II.4)
Resíduos (III)	Resíduos Sólidos (III.1)
	Tratamento Biológico (III.2)
	Incineração e Queima (III.3)
	Águas Residuais (III.4)
Indústria e Processos Industriais (IV)	Processos Industriais (IV.1)
	Uso de Produtos (IV.2)
Agricultura, florestas e outros usos da terra (V)	Criação de Animais (V.1)
	Usos da Terra (V.2)
	Fontes Agregadas e Fontes de Emissão Não-CO <sub>2</sub> em Terra (V.3)

Fonte: WRI, C40, ICLEI e GHG Protocol (2021).

<sup>4</sup> Versão 1.1 de 2021

## 2.6 Classificação das informações

As emissões foram calculadas pelo produto entre os dados de atividade (DA) e os fatores de emissão (FE). Após os cálculos, os DAs e os FEs foram avaliados e classificados quanto à qualidade da informação, conforme mostrado no Quadro 3.

**QUADRO 3. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS DADOS, SEGUNDO O GPC**

Qualidade do dado	Dado de Atividade (DA)	Fator de Emissão (FE)
Alto (A)	Dado de atividade detalhado	Fatores de emissão específicos (Tier 3)
Médio (M)	Dados de atividades modelados utilizando premissas robustas	Fatores de emissão mais gerais (Tier 2)
Baixo (B)	Dados de atividades altamente modelados ou incertos	Fatores de emissão padrão (Tier 1)

FONTE: WRI, C40, ICLEI E GHG PROTOCOL (2021).

Os fatores de emissão também foram classificados quanto ao nível de abordagem (Tier) do IPCC (2006): os fatores de emissão padrão do IPCC são de Tier 1; os FEs específicos do país para a categoria de fonte são de Tier 2; e os FEs calculados pela abordagem Tier 3, são aqueles que levam em conta parâmetros mais detalhados, como a tecnologia empregada, por exemplo, na combustão ou no manejo dos dejetos de animais, a qualidade da manutenção, idade do equipamento utilizado, dentre outros parâmetros importantes para cada fonte de emissão. No Anexo D estão apresentadas as classificações dos FEs empregados conforme o nível de abordagem.

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	30/08/2024	Pág. 18 de 90

### 3 INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GEE DE FLORIANÓPOLIS

#### 3.1 Comparação entre os inventários de 2013 e 2022

A primeira versão da metodologia do Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Inventories (GPC), lançada em 2014 e utilizada no inventário de emissões de Florianópolis em 2013, passou por diversas atualizações e revisões até sua última versão, publicada em 2022, a qual foi adotada no presente estudo. O aprimoramento dos métodos de cálculo, a reorganização das emissões por Setores e Subsetores, e a definição de fontes de emissão de reporte obrigatório ou opcional são algumas das mudanças significativas observadas entre os inventários de 2013 e 2022, as quais serão detalhadas ao longo desta seção.

O Inventário de GEE de 2013, elaborado pelo Consórcio IDOM-COBRAPE, revelou o perfil de um município pouco industrializado, porém altamente urbanizado, onde o transporte rodoviário predominava e a população estava em crescimento. Este panorama manteve-se em grande parte similar no Inventário de GEE de 2022, indicando uma continuidade nas principais características urbanas e socioeconômicas da cidade.

##### 3.1.1 Análise geral

Em 2013, as principais fontes de emissão de GEE foram, em ordem decrescente: gasolina A, querosene de aviação, processos industriais, óleo diesel, eletricidade, águas residuais domésticas e GLP. Já no ano de 2022, as fontes que mais emitiram CO<sub>2</sub>e foram: gasolina A, aterro regularizado, querosene de aviação, óleo diesel, águas residuais, eletricidade e GLP.

Já com relação à remoção de carbono, em 2013 foram identificados três sumidouros de carbono: estoque de madeira urbana, solos alterados e solos sem mudança de uso. Já em 2022, o único sumidouro identificado foi em alterações de cobertura do solo: de categoria com menor estoque de carbono, para categoria com maior estoque.

No inventário de GEE de 2013, contabilizou-se a emissão de 1.229.627,27 toneladas métricas de CO<sub>2</sub>e, enquanto no inventário de 2022, foram contabilizadas 1.102.068,18 toneladas métricas de CO<sub>2</sub>e. Assim, comparando os resultados dos dois inventários, destaca-se que o inventário de 2022 contabilizou -127.559,09 toneladas métricas de CO<sub>2</sub>e a menos do que o inventário de 2013, o que equivale a -10,37% em relação ao inventário anterior. Essa diferença será explicada no item 3.1.2 "Estudo Comparativo por Setor".

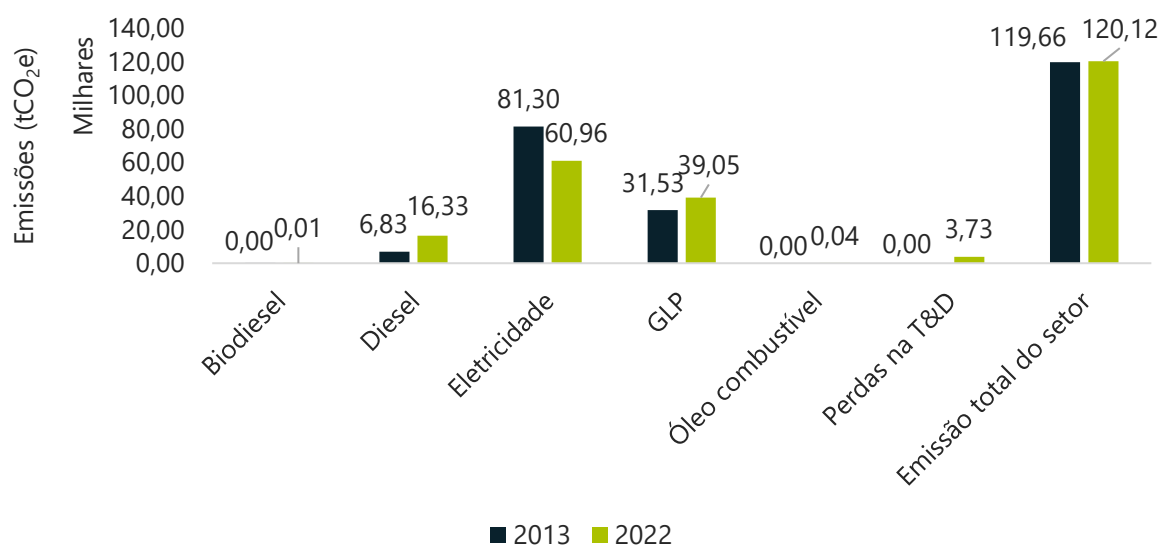
Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	30/08/2024	Pág. 19 de 90

### 3.1.2 Estudo Comparativo por Setor

#### 3.1.2.1 Setor de Energia Estacionária

No setor de energia, entre 2013 e 2022, observou-se aumento de consumo de 21% para eletricidade e de 24% para gás liquefeito de petróleo (GLP) em relação a 2013. Entretanto, como se pode ver no gráfico apresentado na Figura 4, houve uma redução de 25% nas emissões de 2013 para 2022. Isso ocorreu, pois, o FE utilizado em 2013 era 0,06858 kg de CO<sub>2</sub> por kWh, enquanto o novo FE empregado foi 0,042596 kg de CO<sub>2</sub> por kWh. Ambos têm como fonte o Ministério da Ciência e Tecnologia e refletem a composição da matriz energética empregada no Brasil naquele ano, em função da maior ou menor utilização de termelétricas no Sistema Interligado Nacional. Além disso, no inventário de 2022, passou-se a contabilizar as emissões de perdas na transmissão e distribuição da eletricidade (perdas na T&D), fonte que não foi considerada no inventário anterior.

Já as emissões decorrentes da combustão do GLP aumentaram 24%, sendo essa diferença acrescida pela atualização do fator de emissão, que antes era um FE Tier 1 do IPCC e passou a ser um FE Tier 2 do MCTI.



**FIGURA 4. EMISSÕES DE GEE DO SETOR DE ENERGIA ESTACIONÁRIA POR FONTE DE EMISSÃO PERDAS NA T&D: PERDAS NA TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DA ELETRICIDADE**

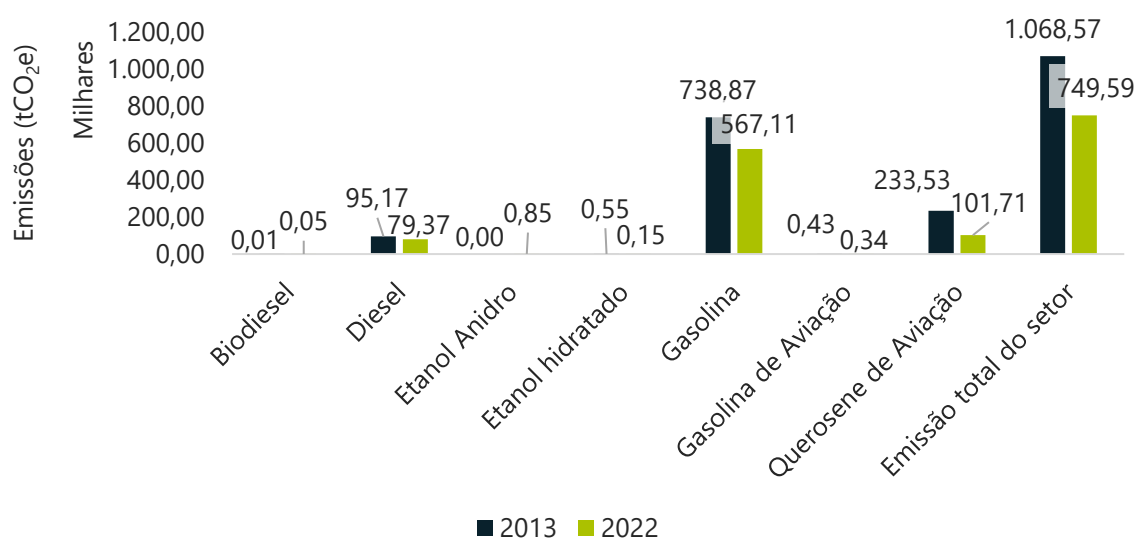
FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024), A PARTIR DE DADOS DO INVENTÁRIO DE GEE DE FLORIANÓPOLIS DE 2013 E DE 2022.

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	30/08/2024	Pág. 20 de 90

Outros três combustíveis integram o setor de energia estacionária: o óleo combustível, o qual não havia sido contabilizado em 2013, além do diesel fóssil e do biodiesel, os quais contribuíram com menos de 1% para a diferença total apresentada entre os inventários.

### 3.1.2.2 Setor de Transporte

Na Figura 5 observa-se uma queda nas emissões de querosene de aviação de 56,4% de 2013 para 2022, que é resultado de uma queda de 57,3% no consumo. Com relação à gasolina de aviação, houve uma queda de 21% no volume vendido ao município em 2022, com relação à 2013, o que resultou em uma diminuição de 19% nas emissões decorrentes do uso desse combustível. As diferenças residuais são explicadas pelas atualizações nos fatores de emissão.



**FIGURA 5. EMISSÕES DE GEE DO SETOR DE TRANSPORTE POR FONTE DE EMISSÃO**

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024), A PARTIR DE DADOS DO INVENTÁRIO DE GEE DE FLORIANÓPOLIS DE 2013 E DE 2022.

As emissões decorrentes da combustão da gasolina A (gasolina pura) também foram maiores em 2013 do que em 2022. Entretanto, percebe-se que existe uma diferença entre a variação da emissão de Escopo 1 e de Escopo 3. As emissões de Escopo 1 foram calculadas diretamente pelo produto da gasolina pura vendida ao município pelo fator de emissão. Já as emissões de Escopo 3 foram calculadas pelo produto do volume de combustível estimado para a frota flutuante pelo fator de emissão. Essa estimativa é feita a partir dos parâmetros centrais: volume de combustível vendido ao município (o mesmo valor empregado no escopo 1) e do número de turistas, além de outros parâmetros secundários<sup>5</sup>. Por essa diferença metodológica entre os dois escopos, as variações serão explicadas separadamente por escopo de emissão.

No Escopo 1, houve um aumento de 10,7% no consumo de gasolina comercial de 2013 para 2022. Tal aumento gerou um acréscimo de 2,2% das emissões decorrentes da combustão da gasolina A. Isso porque, entre 2013 e 2022, devido às alterações na regulamentação nacional sobre os combustíveis, houve uma redução em 6% de gasolina A na composição da gasolina comercial (de 80%, em 2013, para 74%, em 2022). A variação residual é explicada pela atualização no fator de emissão empregado<sup>6</sup>.

Já com relação ao Escopo 3, para os combustíveis gasolina A, etanol anidro, etanol hidratado e biodiesel, o dado de atividade utilizado no cálculo das emissões é a quantidade de combustível consumida pela frota flutuante. Esse valor foi calculado, em ambos os inventários, pelo produto entre o dado de atividade do Escopo 1 (volume de combustível vendida ao município) pela razão entre o número de automóveis da frota flutuante pelo número de automóveis da frota de Florianópolis<sup>7</sup> (razão frota flutuante/frota municipal).

Assim, identificou-se que a principal causa da queda das emissões associadas à gasolina A foi a atualização das variáveis empregadas na estimativa razão frota flutuante/frota municipal: tal parâmetro foi 49% menor em 2022 do que em 2013 (era 0,96 em 2013 e passou a 0,47 em 2022). Sendo a redução nas emissões de combustão de gasolina A no Escopo 3 diretamente

---

<sup>5</sup> Parâmetros envolvidos: percentual de turistas que viajam de carro (foi o mesmo em ambos os inventários); frota de turistas (varia de acordo com o número de turistas e com o percentual que viaja de carro) e frota de Florianópolis (dado do IBGE).

<sup>6</sup> O FE empregado para os combustíveis em 2013 era dado em unidades de massa de GEE por energia (kg GEE/TJ) e, para adequar o valor do dado de atividade recebido em litros, para o equivalente em energia, era preciso converter volume em massa e, em seguida, massa em energia, empregando os fatores de conversão: massa específica e poder calorífico inferior. Tais conversões geraram pequenos desvios no valor das emissões, os quais estão abrangidos pela causa "atualização dos fatores de emissão".

<sup>7</sup> Quantidade de combustível consumida pela frota flutuante = quantidade de combustível consumida pela frota de Florianópolis \* (frota flutuante / frota de Florianópolis)

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 22 de 90

proporcional à variação nesse parâmetro, foi possível observar uma queda de 49,8% nas emissões em 2022 com relação a 2013. A variação residual é explicada pela atualização no FE.<sup>8</sup>

Esse método de cálculo do consumo de combustíveis no Escopo 3 também foi utilizado para o etanol anidro e o etanol hidratado. Entretanto, em 2013 não foi feita a diferenciação entre etanol anidro e hidratado, sendo ambos considerados como “Álcool” e empregado apenas um fator de emissão para todo volume de etanol consumido. Portanto, não foi realizada a análise detalhada do impacto das atualizações dos parâmetros nas emissões desses biocombustíveis, as quais representam cerca de 0,1% das emissões totais do município.

Por fim, em ambos os anos, o óleo diesel comercial só foi considerado no Escopo 1, portanto, ambas as fontes de emissão “Diesel Puro” e “Biodiesel” só aparecem nesse escopo. A análise comparativa do consumo e emissões do óleo diesel total (para os setores de transporte e de energia estacionária) demonstrou que, de 2013 para 2022 houve um aumento de 1,2% no consumo de diesel comercial com relação aquele ano, mas um acréscimo em apenas 0,3% das emissões de diesel puro em 2013. Isso ocorreu pela redução, em 5%, do volume de diesel puro no diesel comercial no mesmo período<sup>9</sup> (de 95% para 90%).

### 3.1.2.3 Setor de Resíduos

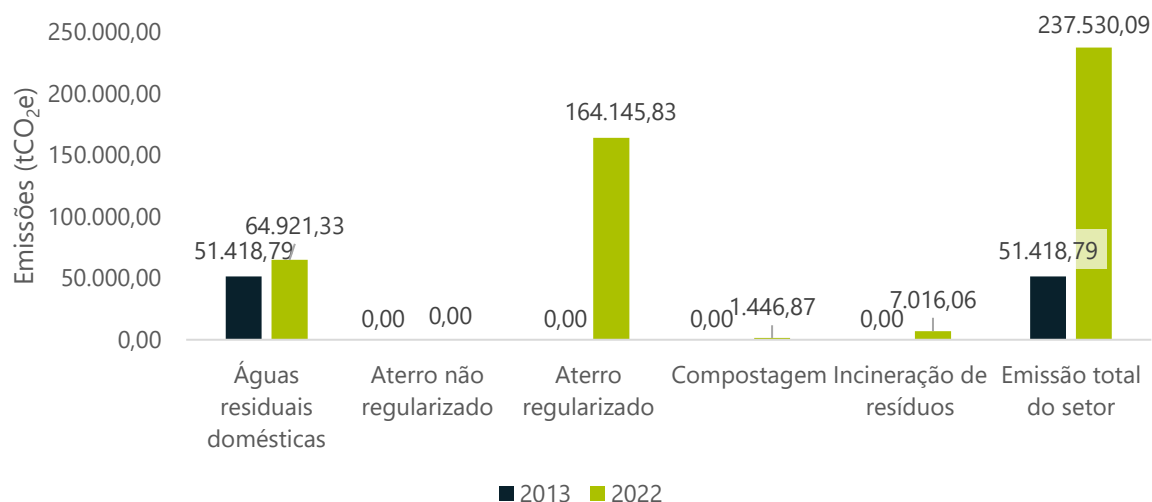
Em 2013, a única fonte de emissão do Setor de Resíduos foi o tratamento das águas residuais domésticas, responsável por 51.418,79 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. Já as emissões oriundas dos resíduos destinados ao aterro, bem como as emissões da queima ou incineração de resíduos, foram consideradas zero naquele ano, como se pode observar na Figura 6.

---

<sup>8</sup> Mesma explicação da nota número 8.

<sup>9</sup> Ferramenta GHG Protocol v2023.0.3

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 23 de 90



**FIGURA 6. EMISSÕES DE GEE DO SETOR DE RESÍDUOS POR FONTE DE EMISSÃO**

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024), A PARTIR DE DADOS DO INVENTÁRIO DE GEE DE FLORIANÓPOLIS DE 2013 E DE 2022.

Com relação aos resíduos sólidos destinados ao aterro, no que diz respeito ao inventário de 2013, considerou-se que 100% do metano queimado no *flare* do aterro sanitário era destruído, ou seja, transformado em gás carbônico biogênico, logo a emissão foi igual a zero. Já em 2022, foi informado pela companhia que faz a gestão do aterro (Veolia Environnement), que 46,2% biogás gerado no aterro sanitário é capturado e queimado com uma eficiência de 99,9999% de destruição do metano (Sgobbi, 2024). A companhia informou ainda que o biogás gerado em 2022 era composto por 53,1% de metano (Sgobbi, 2024).

Assim, a emissão de metano pelo aterro é dada pela emissão residual de metano da queima (menos de 0,0001% da fração queimada) somado à fração de metano não coletada (53,8% do total gerado). Desse modo, o aterro sanitário gerou, em 2022, uma emissão de 164.145,83 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.

Em 2013 foi considerado que não havia resíduo destinado à incineração. Entretanto, de acordo com a legislação brasileira, os resíduos do serviço de saúde devem ser incinerados. Portanto, no presente inventário foi realizada a adequação nesse subsetor de emissões no qual foi contabilizada a emissão de 7.016,06 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente de origem fóssil e mais 10.299.818,1 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente de origem biogênica.

As emissões de águas residuais tiveram uma grande variação entre os dois inventários. Tais emissões são calculadas tendo como principal fator o número de habitantes do município, mas também dependem de alguns parâmetros: fator de emissão de cada tipo de destinação

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 24 de 90



empregada no município (foram empregados os FEs padrão do IPCC), grau de utilização de cada tipo de destinação (informado pela prefeitura) e matéria orgânica gerada por habitante a cada ano em kg de demanda bioquímica de oxigênio (DBO)<sup>10</sup>.

De 2013 para 2022, houve um aumento de 19% no número de habitantes. Além disso, houve uma redução no percentual da população que utiliza fossas sépticas (que possui um fator de emissão de 0,30 kg de CH<sub>4</sub>/ kg de DBO), e um aumento da utilização do tratamento de esgoto fornecido pelo município, tanto do sistema de Lodo ativado, quanto de Reator Anaeróbio.

Para o Inventário de 2022 considerou-se os fatores de emissão do Lodo ativado e do Reator Anaeróbio iguais a, respectivamente, 0,06 e 0,48 kg CH<sub>4</sub>/kg de DBO<sup>11</sup>, conforme empregado no Quarto Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (Brasil, 2020). Em 2013, o fator de emissão do lodo ativado era 0,48 kg CH<sub>4</sub>/kg de DBO e o FE de metano do Reator Anaeróbio foi considerado zero, pois considerava-se que 100% do metano era destruído pela queima em *flare*. Entretanto, para o inventário de 2022, a Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN) informou apenas que o biogás gerado no Reator Anaeróbio é capturado e queimado em *flare*, mas a eficiência do queimador não foi informada, logo considerou-se uma eficiência de 50% na destruição do metano, conforme indicado no Relatório de Referência para o Setor de Resíduos da Quarta Comunicação Nacional - 4CN (Brasil, 2020).

Também houve uma atualização na DBO estimada para a população do Brasil, parâmetro que informa a quantidade de matéria orgânica gerada por habitante a cada ano. No inventário de 2013, estava sendo considerado um valor de 40g de DBO por pessoa por dia, entretanto, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA, em sua Resolução 672 de 28 de abril de 2014, indica um valor médio de 54g de DBO por pessoa por dia<sup>12</sup>.

No inventário de 2022, passou-se a considerar a emissão de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) oriunda do nitrogênio contido nas águas residuais domésticas, as quais foram calculadas conforme as diretrizes e parâmetros do IPCC, e considerando um consumo de proteína de 30,7kg por habitante por ano, conforme indicado no relatório da 4CN (Brasil, 2020).

Assim, o aumento da população do município, associado à mudança na destinação do efluente doméstico do município e à atualização nos fatores de emissão e na DBO por habitante, além

<sup>10</sup> DBO=demanda bioquímica de oxigênio, é um parâmetro utilizado para medir nível de poluição por matéria orgânica.

<sup>11</sup> O fator de emissão de um determinado tipo de tratamento de água residual reflete o potencial daquela técnica de remover a matéria orgânica da fase líquida. Para mais detalhes sobre o cálculo das emissões de águas residuárias: ver Anexo D.

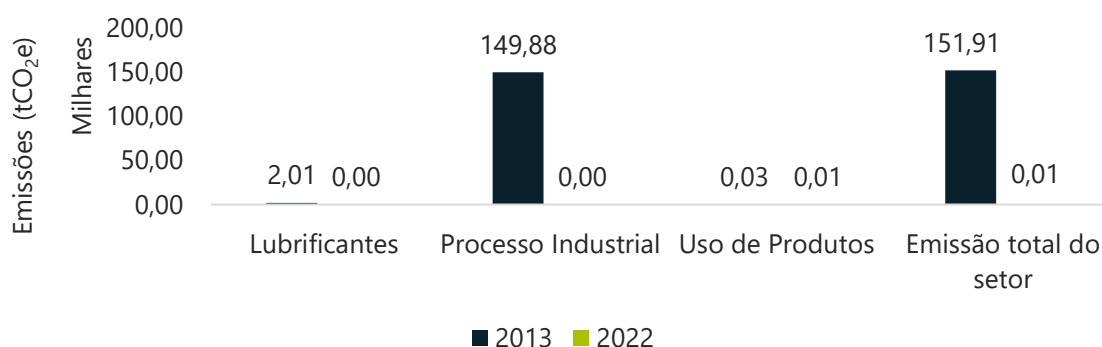
<sup>12</sup> <https://www.ana.gov.br/arquivos/resolucoes/2014/672-2014.pdf> (cap VII inciso III pf 2º: 54 g DBO/ hab.dia)

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 25 de 90

da inserção da contabilização da emissão de N<sub>2</sub>O pelas águas residuais, geraram um aumento de 26% nas emissões, com relação à 2013.

### 3.1.2.4 Setor de IPPU

No contexto das emissões de processos industriais e uso de produtos, ocorreram importantes atualizações nas orientações de contabilização de emissões municipais entre 2013 e 2022. Em 2013 não existiam os subsetores de Uso de Produtos e de Processos Industriais, com isso, as emissões da produção de bens e serviços adquiridos pelo município, mas que eram produzidos fora, tais como aço e cimento, eram reportadas direto no Setor IPPU como Escopo 3, tendo como fonte “processos industriais”<sup>13</sup>. Entretanto, a versão 1.1 do Guia, utilizada nesse inventário de 2022, orienta que tais emissões devem ser computadas no setor “Outras emissões de escopo 3” (VI), de reporte opcional. Sendo assim, tais emissões não foram incluídas no somatório final do Inventário de GEE de 2022, pois os dados não foram disponibilizados ou não foram reportados pelos órgãos consultados. A diferença entre as emissões de 2013 e 2022 desse setor estão mostradas na Figura 7.



**FIGURA 7. EMISSÕES DE GEE DO SETOR DE IPPU POR FONTE DE EMISSÃO.**

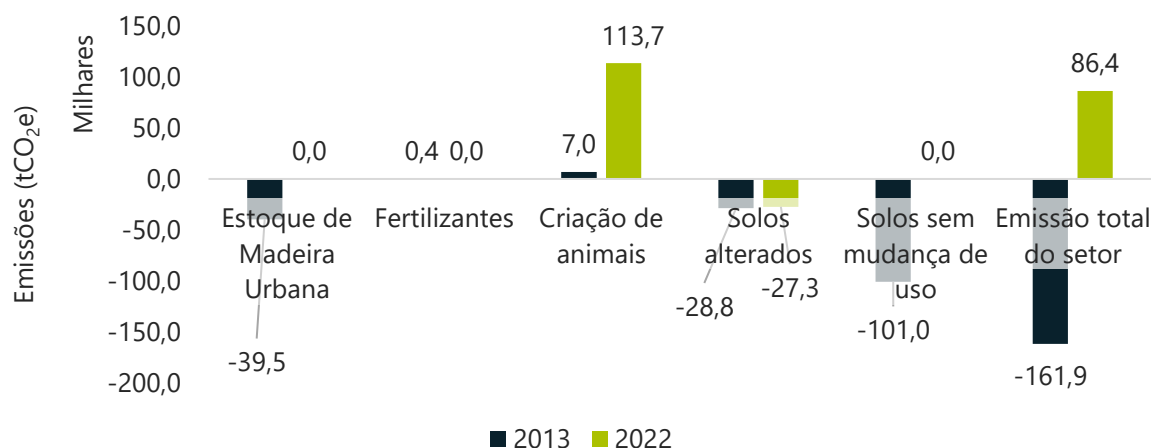
FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024), A PARTIR DE DADOS DO INVENTÁRIO DE GEE DE FLORIANÓPOLIS DE 2013 E DE 2022.

### 3.1.2.5 Setor de AFOLU

Como se pode observar na Figura 8, entre os inventários de 2013 e 2022, as emissões da Criação de Animais tiveram um aumento significativo (217%). Esse crescimento se deve à correção do fator de emissão de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) proveniente dos dejetos animais e à

<sup>13</sup> Em 2023, as emissões que tinham como fonte “processos industriais” eram emissões de Escopo 3, da fabricação de produtos (ou serviços) que ocorria fora do município, mas que eram utilizados dentro do município. Atualmente, de acordo com a versão 1.1 do GPC, existe um subsetor de emissões que se chama “Subsetor de Processos Industriais”, mas que é diferente daquele de 2013, pois se refere às emissões de Escopo 1, por indústrias instaladas dentro do município.

inclusão das emissões de metano (CH<sub>4</sub>) geradas pelos dejetos. Essas mudanças refletem uma estimativa mais precisa das emissões associadas à essa categoria.



**FIGURA 8. EMISSÕES DE GEE DO SETOR DE AFOLU POR FONTE DE EMISSÃO**

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024), A PARTIR DE DADOS DO INVENTÁRIO DE GEE DE FLORIANÓPOLIS DE 2013 E DE 2022.

A categoria de solos alterados, a qual representa o uso do solo e sua dinâmica, aspectos centrais nesta seção, não apresentaram variação expressiva na última década. Mesmo considerando diferenças metodológicas da quantificação de uso e cobertura do solo nos dois inventários, o quadro geral é de estabilidade.

As diferenças de montantes inventariados para as categorias de “estoque de madeira urbana e “solo sem mudança de uso” são principalmente relacionadas à duas diferenças metodológicas:

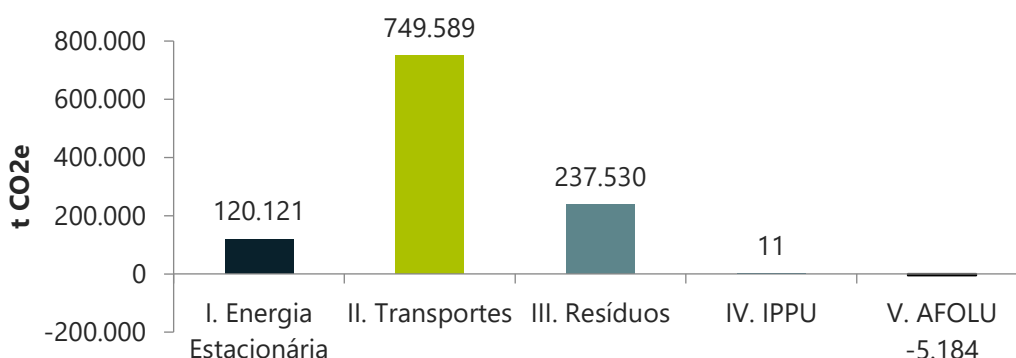
1. As emissões atribuídas ao “estoque de madeira urbana” em 2013 não foram consideradas como integrantes do setor AFOLU, já que são decorrentes do plantio e corte de árvores para confecção de painel reconstituído e de madeira serrada, ou seja, consiste na madeira produzida e adquirida pelo município para construção civil. Assim como as emissões de processos industriais mencionadas no item 3.1.2.5, referente ao Setor de IPPU, a produção de madeira para construção civil é de Escopo 3, por ocorrer fora do município e, portanto, seriam reportadas no setor Outras Emissões de Escopo 3, o qual não se soma ao final do inventário de emissões.
2. Ao contrário do que foi feito em 2013, neste Inventário de GEE de 2022 os solos sem mudança de uso não foram considerados como fonte de emissão ou remoção de carbono atmosférico, pois não há perspectiva de alterações de estoques terrestres, conseqüentemente, não há emissões ou remoções de carbono atmosférico. Essa

mudança, detalhada previamente na seção metodológica, se fez necessária para que o inventário de emissões e remoções de GEE seja condizente com a ausência de informações sobre variação no porte da vegetação.

### 3.2 Resultados do Inventário de Gases de Efeito Estufa de 2022

Com base na metodologia GPC BASIC+, descrita no capítulo 2, foi diagnosticada uma emissão de 1.102.068,18 tCO<sub>2</sub>e equivalente (CO<sub>2</sub>e). Quanto à qualidade dos dados de atividade que compuseram o inventário, 46% dos dados utilizados foram classificados com qualidade alta (A), 37% foram classificados com qualidade média (M) e 17% foram classificados com qualidade baixa (B). A descrição completa encontra-se no Quadro 10, Anexo C.

Em termos da distribuição dos valores absolutos para cada setor, tem-se que, o setor de Transporte foi o maior responsável pela emissão de GEE do município, totalizando 749.589 tCO<sub>2</sub>e, seguido pelo setor de Resíduos, responsável pela emissão de 237.530 tCO<sub>2</sub>e, pelo setor de Energia Estacionária, terceiro maior emissor, responsável por 120.121 tCO<sub>2</sub>e, pelo setor de IPPU, responsável por 11 tCO<sub>2</sub>e e, por fim, pelo setor de AFOLU, responsável pela emissão de 22.119 tCO<sub>2</sub>e e remoção de -27.303 tCO<sub>2</sub>e, resultando em uma remoção líquida de -5.184 11 tCO<sub>2</sub>e, como pode ser observado na Figura 9.

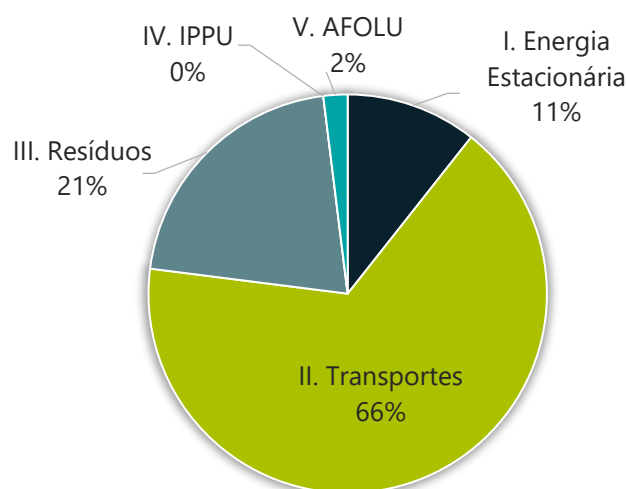


**FIGURA 9. CONTRIBUIÇÃO ABSOLUTA DE CADA SETOR PARA O TOTAL DAS EMISSÕES**

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024).

O Setor de Transportes foi o principal promotor das emissões de GEE do município, tendo sido responsável por 66% das emissões. A distribuição percentual das emissões por setor é apresentada no gráfico da Figura 10.

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 28 de 90



**FIGURA 10. CONTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DE CADA SETOR DE EMISSÃO DE GEE**

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024).

### 3.2.1 Emissão por Setor

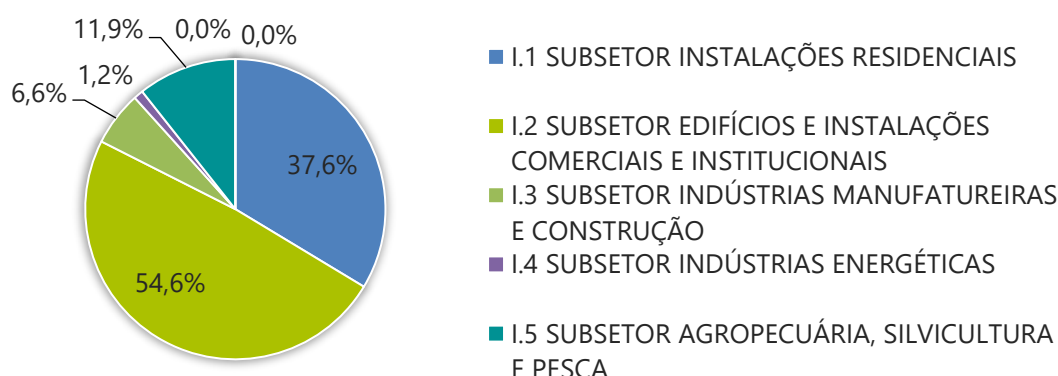
#### 3.2.1.1 Setor de Energia Estacionária

Nesse setor são contabilizadas as emissões de Escopo 1 decorrentes do uso de gás liquefeito de petróleo (GLP, ou gás de cozinha), emissões de Escopo 2 associadas ao consumo da energia elétrica oriunda do Sistema Interligado Nacional (SIN), fornecida pela Celesc - Centrais Elétricas de Santa Catarina, e emissões de Escopo 3 associadas às perdas por transmissão e distribuição (T&D) da energia elétrica consumida do SIN.

O setor de energia estacionária contribui com 10,6% das emissões do município. As emissões de Escopo 1 desse setor são decorrentes da combustão de Diesel, GLP, querosene iluminante e óleo combustível; as emissões de Escopo 2 são oriundas a geração da eletricidade consumida do SIN; e as emissões de Escopo 3 são referentes à geração da parcela da energia elétrica da rede que é perdida na transmissão e distribuição.

O gráfico da Figura 11 evidencia que o subsetor “edifícios e instalações comerciais e institucionais” (I.2) é o principal responsável pelas emissões decorrentes da compra e geração de energia estacionária (54,6%), reflexo do perfil econômico do município, centrado no setor de serviços. O segundo subsetor que mais contribui é o de instalações residenciais (I.1), com 37,6% das emissões do setor de energia. Os demais subsectores: indústrias manufatureiras e construção (I.3) e indústrias energéticas (I.4) contribuem respectivamente com 6,6% e 1,2% das emissões de GEE do setor I.

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 29 de 90

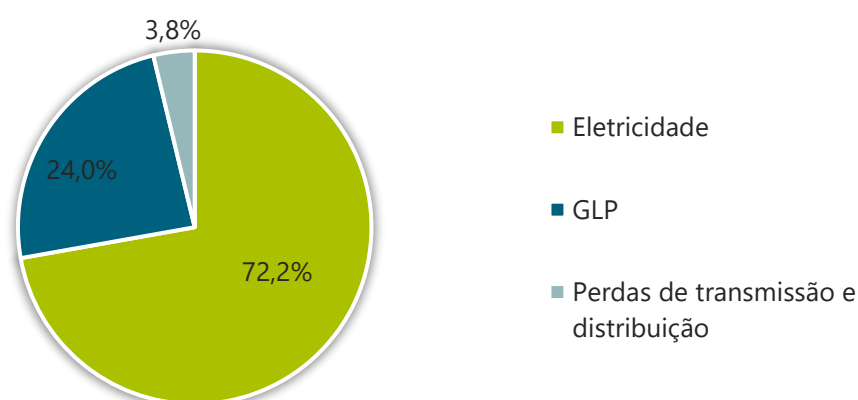


**FIGURA 11. CONTRIBUIÇÃO DE CADA SUBSETOR PARA AS EMISSÕES TOTAIS DO SETOR DE ENERGIA**

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024).

### I.1 Subsetor Instalações Residenciais

Nesse setor foram contabilizadas emissões decorrentes da combustão de 24,6% do GLP vendido ao município e de quase metade da energia elétrica consumida no município (47,5%). A Figura 12 mostra a contribuição de cada fonte de emissão para o total das emissões desse subsector.



**FIGURA 12. CONTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS FONTES DE EMISSÃO DO SUBSETOR I.1 (INSTALAÇÕES RESIDENCIAIS)**

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024).

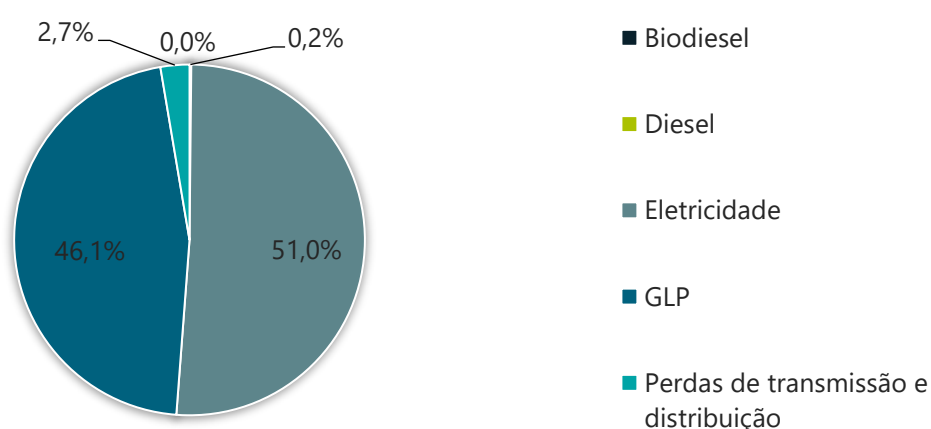
### I.2 Subsetor Edifícios e Instalações Comerciais e Institucionais

Conforme mencionado, o Subsetor I.2 é o que mais contribui para as emissões do Setor de Energia Estacionária, principalmente devido à sua abrangência: neste subsector foram

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 30 de 90

contabilizadas 68,95% das emissões da queima de GLP<sup>14</sup> (Escopo 1), além das emissões oriundas da geração de uma parcela considerável da eletricidade consumida no município (48,9%)<sup>15</sup> (Escopo 2).

Também foram contabilizadas emissões diretas da queima de diesel e biodiesel por geradores do setor comercial (Escopo 1), responsáveis por, respectivamente, 0,2% e 0,0001% do total das emissões desse subsetor, e as emissões indiretas da energia perdida na T&D (Escopo 3), que contribuiu com 2,7% das emissões do subsetor I.2. A Figura 13 mostra a contribuição de cada fonte de emissão para o total das emissões desse subsetor.



**FIGURA 13. CONTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS FONTES DE EMISSÃO DO SUBSETOR I.2**

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024).

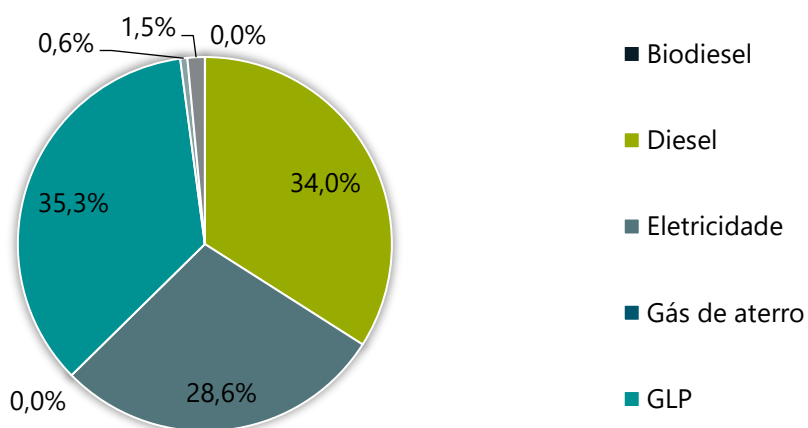
### I.3 Subsetor Indústrias Manufatureiras e Construção

O Subsetor I.3 contribui com apenas 6,6% das emissões de Energia Estacionária, as quais decorrem da combustão de diesel comercial em motores estacionários (Escopo 1), óleo combustível e GLP (Escopo 1), da geração da eletricidade destinada às instalações classificadas pela CELESC como "Industrial" (Escopo 2) e das perdas por T&D proporcional à parcela da eletricidade consumida (Escopo 3).

<sup>14</sup> A metodologia de alocação do GLP nos diferentes subsetores está descrita no Anexo D.

<sup>15</sup> Incluem as categorias de instalações da CELESC: "Comercial", "Iluminação Pública", "Poder Público" e "Serviço Público".

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 31 de 90

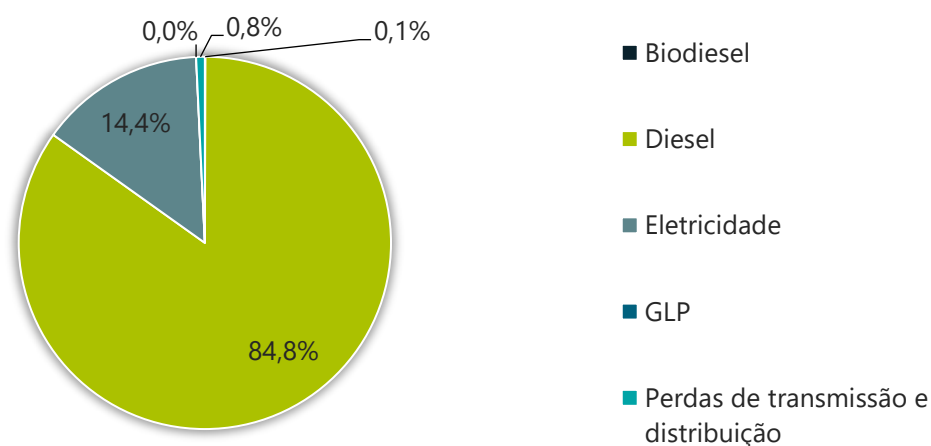


**FIGURA 14. CONTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS FONTES DE EMISSÃO DO SUBSETOR I.3**

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024).

#### I.4 Subsetor Indústrias Energéticas

No subsetor I.4 estão contabilizadas as emissões diretas da combustão de diesel comercial dentro do município e as emissões indiretas da geração da eletricidade destinada às instalações classificadas pela CELESC como “consumo próprio” (Escopo 2) e das perdas por T&D proporcional à parcela da eletricidade consumida (Escopo 3), conforme mostrado na Figura 15.



**FIGURA 15. CONTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS FONTES DE EMISSÃO DO SUBSETOR I.4**

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024).

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 32 de 90



### I.5 Subsetor Agropecuária, Silvicultura E Pesca

No subsetor I.5 estão contabilizadas as emissões diretas da combustão de diesel comercial em motor estacionário, sendo o diesel fóssil responsável por 99,9% das emissões e o biodiesel por 0,1%.

#### 3.2.1.2 Setor de Transporte

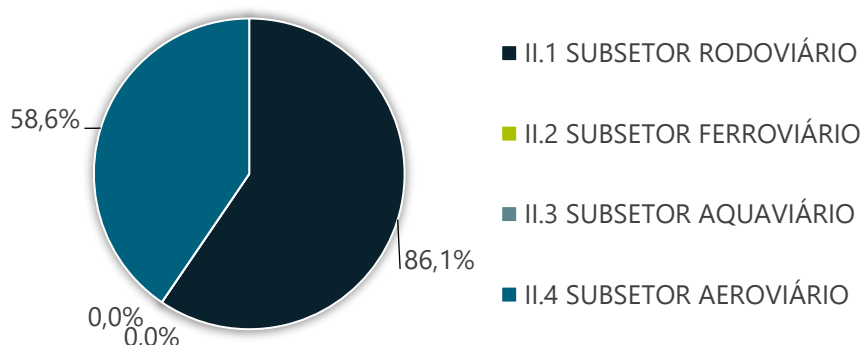
Como mencionado, o Setor de Transporte é o principal responsável pelas emissões do município de Florianópolis, e contribuiu com 66% das emissões em 2022. O transporte de Florianópolis concentra-se predominantemente no modo rodoviário, com taxa de motorização de cerca de 1,75 veículos por habitante. Esta taxa é semelhante aos 1,85 veículos por habitante do município de São Paulo, segundo apontam o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e o Departamento Nacional de Trânsito.

Atualmente, o município de Florianópolis não possui sistema sobre trilhos, sendo o transporte público composto em sua totalidade por ônibus. Além disso, existem barcos dedicados ao transporte de pessoas entre a ilha e a parte continental do município e entre a ilha e municípios vizinhos, além de barcos dedicados a passeios turísticos.

O município também conta com um aeroporto internacional, diversas empresas de fretamento aéreo executivo, bem como empresas focadas em passeios turísticos de helicóptero.

O subsetor que mais gera emissões de GEE é o de Transporte Rodoviário (II.1), de onde se originam 86,1% das emissões de transporte, seguido pelo aeroviário, com uma participação de 11,1% das emissões, seguido do subsetor aquaviário, com 0,2% das emissões, conforme representado graficamente na Figura 16.

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 33 de 90

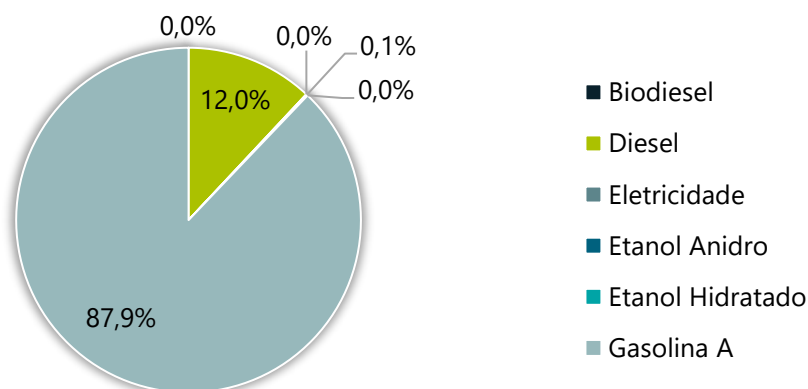


**FIGURA 16. CONTRIBUIÇÃO DE CADA SUBSETOR PARA AS EMISSÕES TOTAIS DO SETOR DE TRANSPORTE**

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024).

### II.1 Subsetor Rodoviário

Como mencionado, devido às características do município, atualmente o transporte rodoviário é o principal modal disponível. As principais fontes de emissão desse subsetor são a gasolina A, responsável por 87,9% das emissões desse subsetor, e o diesel, que contribui com 12% das emissões. Os biocombustíveis etanol anidro, etanol hidratado e biodiesel têm contribuições baixas nas emissões: 0,13%, 0,02% e 0,01%, respectivamente.



**FIGURA 17. CONTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS FONTES DE EMISSÃO DO SUBSETOR II.1**

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024).

Nesse subsetor estão alocadas emissões de Escopo 1 relacionadas ao consumo dos combustíveis gasolina comercial, diesel comercial e etanol hidratado vendidos ao município em 2022, e de Escopo 3 decorrentes da combustão de gasolina e etanol hidratado pelos

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 34 de 90

automóveis da frota flutuante, que abastecem fora do município, mas circulam dentro do limite inventariado.

No Escopo 1, a gasolina A é responsável por 83,17% das emissões, o diesel por 16,67% e os biocombustíveis etanol anidro, etanol hidratado e biodiesel participam com, respectivamente, 0,12%, 0,02% e 0,01% das emissões.

Já no Escopo 3, 99,82% das emissões são decorrentes da combustão da gasolina A, enquanto 0,15% são oriundas da combustão do Etanol Anidro, presente na mistura da gasolina comercial, e 0,03% decorrem do uso de etanol hidratado.

## II.2 Subsetor Ferroviário

Não há transporte sobre trilhos no período inventariado em Florianópolis.

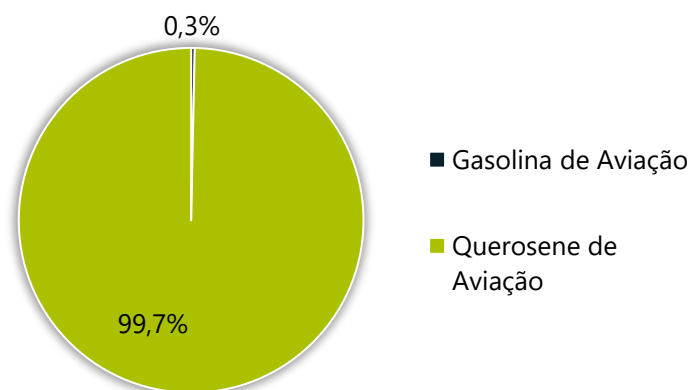
## II.3 Subsetor Aquaviário

Este subsetor contribuiu com emissões decorrentes da combustão de diesel puro, já que o diesel marítimo é isento de biocombustível. Esse subsetor contribuiu com 2.107,24 tCO<sub>2</sub>e, emissões as quais foram totalmente alocadas no Escopo 1, pois engloba apenas o tráfego de barcos abastecidos dentro do município.

## II.4 Subsetor Aeroviário

Neste subsetor, as emissões de Escopo 1 são aquelas decorrentes do uso de gasolina de aviação usada em aviões de pequeno porte, com motor de ignição por centelha, como aeronaves empregadas na aviação particular, na agricultura, em treinamento de pilotos, na aviação comercial de menor porte e nos aviões esportivos. Já as emissões de Escopo 3 são aquelas oriundas da combustão de querosene de aviação, combustível utilizado em aviões e em helicópteros com motores a turbina. A contribuição desses combustíveis para as emissões desse subsetor está mostrada na Figura 18.

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 35 de 90



**FIGURA 18. CONTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS FONTES DE EMISSÃO DO SUBSETOR II.4**

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024).

### 3.2.1.3 Setor de Resíduos

Os resíduos sólidos domiciliares de Florianópolis são geridos pela Superintendência de Gestão de Resíduos da Secretaria Municipal do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SMMADS), enquanto o serviço de limpeza pública é feito pela Secretaria Municipal de Limpeza e Manutenção Urbana e executado pela COMCAP (Companhia Melhoramentos da Capital), autarquia que atua com os trabalhos de limpeza pública e coleta de resíduos sólidos no município. Já a gestão do aterro sanitário é realizada pela multinacional francesa Veolia Environnement.

O serviço de coleta de resíduos domiciliares atende 100% da população. Os resíduos sólidos urbanos coletados são destinados a compostagem (3,3%) (resíduos orgânicos), reciclagem (5,2%) ou ao aterro sanitário (91,5%)<sup>16</sup>, localizado no município de Biguaçu, a 50 km da estação de Transbordo (Figura 19), que conta com captura de biogás e queima em *flare*.

<sup>16</sup> Considerando uma massa de resíduos aterrados igual a 227.240,253 toneladas, calculadas a partir da geração per capita fornecida pela prefeitura (0,423t/hab.)

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 36 de 90

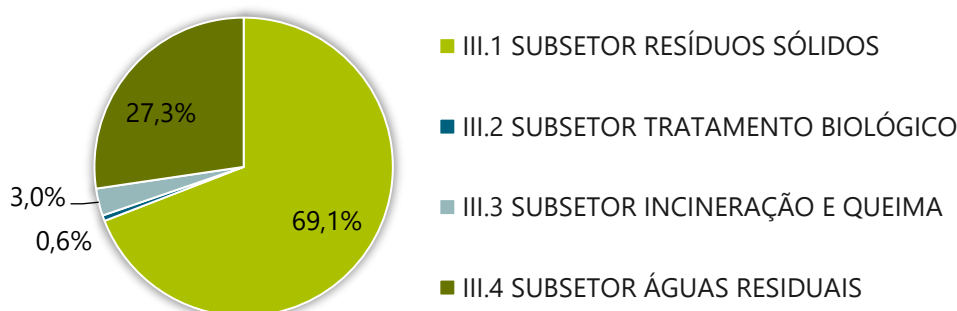


**FIGURA 19. LOCALIZAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DE BIGUAÇU - SC E A ESTAÇÃO DE TRANSBORDO DE FLORIANÓPOLIS.**

Já os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no município estão a cargo da CASAN, empresa de economia mista que atua como concessionária. Segundo dados da CASAN de 2023, o esgoto municipal era tratado em cinco ETEs localizadas dentro do município de Florianópolis: Insular, Saco Grande, Canasvieiras, Barra da Lagoa e Lagoa da Conceição.

O Setor de Resíduos contribuiu com 21,0% das emissões do município, sendo que 69,1% das emissões desse setor são oriundas da decomposição dos resíduos sólidos aterrados, 27,3% das emissões desse setor são oriundas das águas residuárias (III.4), 3,0% da incineração de resíduos e 0,6% da compostagem dos resíduos orgânicos (III.2), como se pode ver no gráfico da Figura 20.

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 37 de 90



**FIGURA 20. CONTRIBUIÇÃO DE CADA SUBSETOR PARA AS EMISSÕES TOTAIS DO SETOR DE RESÍDUOS**

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024).

### III.1 Subsetor Resíduos Sólidos

No Subsetor de Resíduos Sólidos, são contabilizadas as emissões decorrentes da decomposição dos resíduos aterrados. Em 2022, registrou-se a geração de cerca de 227 mil toneladas de resíduos enviados ao aterro<sup>17</sup> e, conforme detalhado na metodologia de cálculo (Anexo D), 46,2% biogás gerado no aterro durante a decomposição dos resíduos<sup>18</sup> é capturado e queimado com uma eficiência de 99,9999% de destruição do metano.

A companhia que faz a gestão do aterro informou que o biogás gerado em 2022 era composto por 53,1% de metano. Assim, a emissão de metano pelo aterro é a soma da emissão residual de metano da queima (menos de 0,0001% da fração queimada) com a fração de metano não coletada (53,8% do total gerado).

Desse modo, calcula-se que o aterro sanitário gerou, em 2022, uma emissão de 164.145,83 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. Já o CO<sub>2</sub> oriundo da queima do gás de aterro foi computado em emissões biogênicas.

### III.2 Subsetor Tratamento Biológico

A compostagem de 8.240 toneladas de resíduos sólidos orgânicos contribuiu com uma emissão de menos de 1,45 mil toneladas métricas de CO<sub>2</sub> equivalente.

<sup>17</sup> Calculado pelo produto entre a geração per capita (0,423 t/hab.) fornecido pela prefeitura e a estimativa populacional do IBGE para o ano de 2022 (537.211).

<sup>18</sup> A Estimativa teórica da geração de biogás no aterro sanitário foi realizada através do Método de Decaimento de Primeira Ordem, o qual considera que o biogás é emitido por logos períodos de tempo e fornece uma estimativa mais precisa das emissões anuais. É o método recomendado nas Diretrizes do IPCC.

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 38 de 90

### III.3 Subsetor Incineração e Queima

A incineração de 12 mil toneladas de resíduos do serviço de saúde, coletados em 2022, resultou na emissão de 7 mil toneladas métricas de CO<sub>2</sub> equivalente, o que representa 3,0% das emissões do Setor III. Tais emissões foram contabilizadas como Escopo 3, pois não foram identificados incineradores instalados no município de Florianópolis.

### III.4 Subsetor Águas Residuais

A destinação ou tratamento do esgoto doméstico do município foi responsável por uma emissão de 64.921,33 toneladas métricas de CO<sub>2</sub> equivalente. Essa emissão é referente à emissão de metano decorrente da decomposição da matéria orgânica degradável e de óxido de nitrogênio oriundo dos processos de nitrificação e desnitrificação do nitrogênio da água residuária despejada no ambiente aquático.

Cerca de 58% dos domicílios de Florianópolis têm acesso ao serviço de coleta e tratamento de esgoto, fornecido pela CASAN<sup>19</sup>, o que equivale a 6.144.555 kg de DBO/ano. Segundo a CASAN, em 2023, cerca de 57% da carga orgânica era tratada em sistemas de lodo ativado e 43% em Reator UASB, percentuais que foram utilizados para o cálculo das emissões de GEE de 2022. Existe ainda uma estação de tratamento de esgoto em Jurerê Internacional que não foi incluída nos cálculos pois não foram obtidos dados o suficiente para os cálculos.

Além dos domicílios atendidos pela CASAN, em 2022, cerca de 42% das instalações domiciliares tinham suas águas residuais destinadas em fossas sépticas e 0,18% dos domicílios descartavam esse efluente na rede pluvial, destino que foi considerado, para fins de contabilização de emissões, como “descarte em corpos hídricos”.

Além das emissões de metano, foram contabilizadas as emissões de óxido de nitrogênio, responsáveis por 11,64% das emissões de CO<sub>2</sub> equivalente neste subsetor, além de emissões biogênicas oriundas da queima do biogás gerado no reator UASB (1.591,736 t de gás carbônico biogênico).

---

<sup>19</sup> Conforme apresentado no Anexo D, considerou-se que a CASAN emprega o tratamento do tipo “lodo ativado” o qual tem como resultado o lodo, que, quando decomposto, gera emissões de gás metano, as quais foram calculadas conforme orientação do IPCC (2006).

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 39 de 90

### 3.2.1.4 Setor de IPPU

Nesse setor de emissão são contabilizadas emissões de Processos Industriais (Subsetor IV.1) e do Uso de Produtos (Subsetor IV.2).

#### IV.1 Processos Industriais

Segundo dados da FIESC, o município de Florianópolis possui 18.418 empresas, sendo 16.655 estabelecimentos do setor de serviços (90,4%) e apenas 1.704 estabelecimentos do setor industrial, dos quais 91,6% são microempresas.

Conforme esperado para esse perfil econômico do município, não foram identificadas empresas que poderiam gerar emissões relevantes de processos de fabricação de produtos minerais, químicos, metais, dentre outros que seriam contabilizados no Subsetor IV.1. Assim, no presente inventário, esse subsetor recebeu chave de notação NO<sup>20</sup>.

#### IV.2 Uso de Produtos

Tendo em vista que não houve a ocorrência de emissões do subsetor IV.1, o Subsetor IV.2 contribuiu com 100% das emissões do Setor IPPU.

Neste subsetor foram contabilizadas apenas emissões de Escopo 1, as quais, no presente inventário são oriundas do uso de lubrificantes de origem fóssil. Essas emissões totalizam apenas 11,1 toneladas métricas de CO<sub>2</sub> equivalente e representam 0,0011% do total das emissões no município.

Conforme orientação do GPC (2021), as emissões de Escopo 3 do Subsetor IV.2 são classificadas como emissões do setor "Outras emissões de escopo 3" (VI), o qual não é somado ao valor final das emissões contabilizadas no inventário de GEE municipal.

### 3.2.1.5 Setor de AFOLU

O Setor de AFOLU (V) é composto pelos Subsetores Criação de Animais (V.1), Usos da Terra (V.2) e Fontes Agregadas e Não-CO<sub>2</sub> (V.3). Tal setor contribuiu com 1,2% das emissões do município, o que reflete o perfil econômico do município, já que o setor de agropecuária contribui com menos de 1% da economia de Florianópolis.

Praticamente 100% das emissões são oriundas da criação de animais e uma pequena fração é oriunda do uso de fertilizantes nitrogenados e outros insumos aplicados no solo.

<sup>20</sup> A comparação entre os resultados do inventário de 2013 e o inventário de 2022 está detalhada na seção anterior (3.1 Comparação entre os inventários de 2013 e 2022)

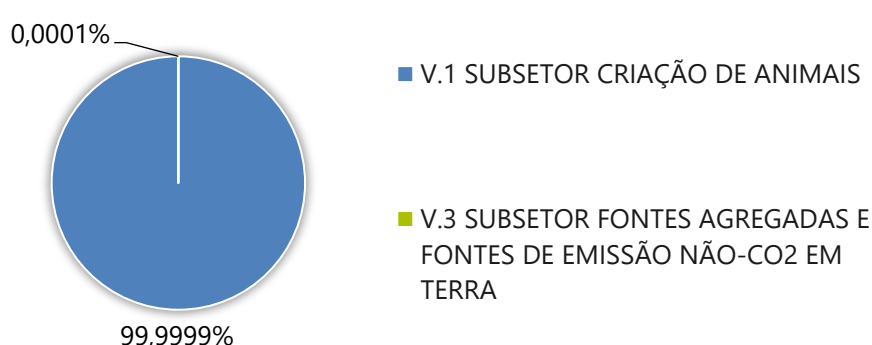
Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 40 de 90



Já o Subsetor de Usos da Terra contribuiu com a remoção de mais de 27 mil toneladas métricas de CO<sub>2</sub> atmosférico.

### V.1 Criação de Animais

Do total das emissões de AFOLU, 64.921,33 t CO<sub>2</sub>e são oriundas da criação de animais e apenas 0,015 tCO<sub>2</sub>e é oriunda do Subsetor V.3, onde estão contabilizadas as emissões do uso de fertilizantes nitrogenados e outros insumos aplicados no solo. Ou seja, praticamente 100% das emissões do setor de AFOLU derivam da atividade de criação de animais, como se pode ver no gráfico da Figura 21.



**FIGURA 21. CONTRIBUIÇÃO DE CADA SUBSETOR PARA AS EMISSÕES TOTAIS DO SETOR DE AFOLU**

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024).

### V.2 Subsetor de Usos da Terra

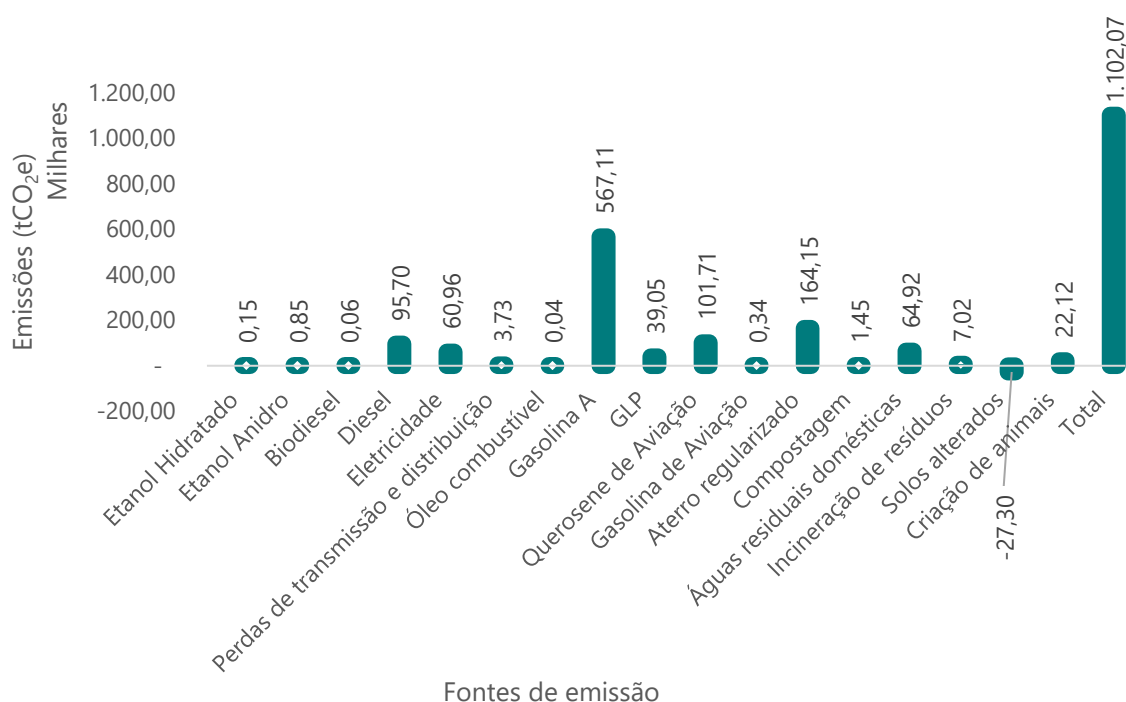
Com relação ao Subsetor de Usos da Terra, o balanço final de emissões e remoções desse subsetor resultou em um saldo de 27.303 toneladas métricas de CO<sub>2</sub> atmosférico absorvido em sumidouros naturais. As alterações no uso do solo que contribuíram para as remoções de carbono atmosférico foram as mudanças: Mosaico de usos à Floresta; Restinga arbórea à Mosaico de usos; Pastagem à Mosaico de usos; Pastagem à Floresta; Silvicultura à Mosaico de usos; Restinga arbórea à Mangue; outras lavouras temporárias à Mosaico de usos; Silvicultura à Floresta e de Restinga arbórea à Pastagem. A definição de cada categoria de uso da terra está no Anexo D.

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 41 de 90

### 3.2.2 Outros resultados

#### Emissões e remoções por fonte ou sumidouro

Assim como ocorreu no inventário anterior (2013), em 2022, a principal fonte de emissão foi a combustão da gasolina A, origem de 567,11 mil tCO<sub>2</sub>e, conforme se observa na Figura 22.



**FIGURA 22. EMISSÕES E REMOÇÕES DE GEE POR FONTE EM 2022.**

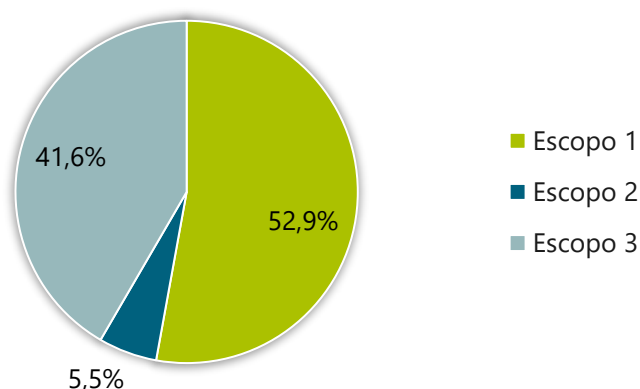
FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024).

O diesel, utilizado no transporte rodoviário de Escopo 1, e o querosene de aviação, empregado como combustível em aviões e em grandes helicópteros, ambos associados ao transporte transfronteiriço de Escopo 3, também tiveram destaque nas emissões de GEE neste inventário de 2022, assim como no inventário de 2013. Por fim, outras duas fontes de emissão que se destacaram foram as águas residuais domésticas e o consumo de eletricidade.

#### Emissões por escopo

Como mencionado, o balanço das emissões e remoções contabilizadas neste inventário resultou em um total de 1.102.068,18 t CO<sub>2</sub>e. Desse valor líquido, mais da metade (582.563,47 t CO<sub>2</sub>e) são emissões diretas, de Escopo 1, conforme é possível observar na Figura 23. Desse escopo de emissões diretas, a maior parte decorrente da combustão de gasolina e diesel.

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 42 de 90



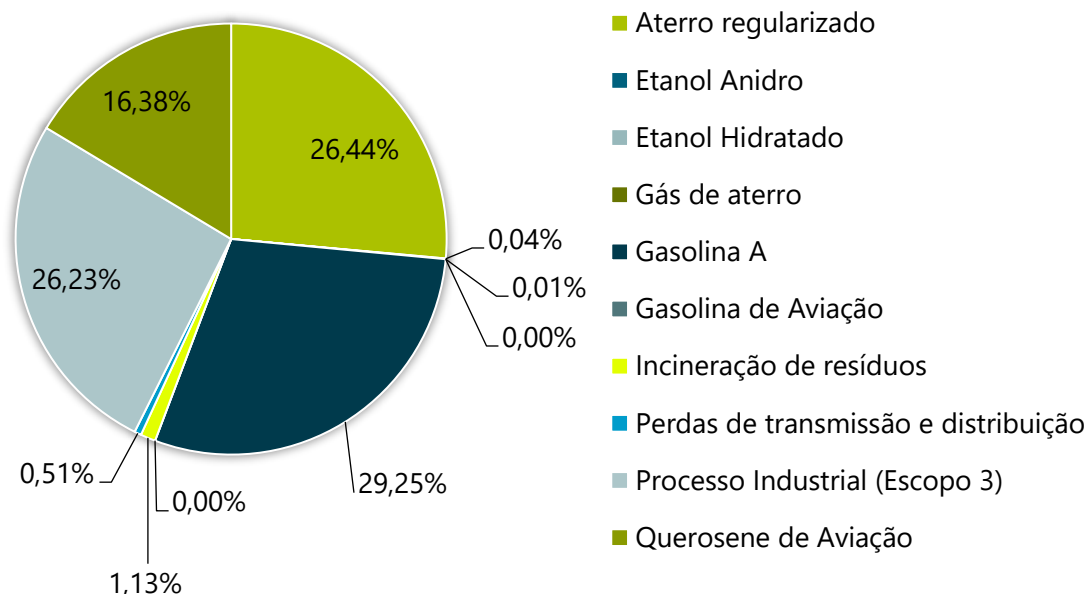
**FIGURA 23. EMISSÕES DE GEE POR ESCOPO EM 2022.**

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024).

As emissões de GEE de Escopo 2 são aquelas indiretas que ocorrem na geração da eletricidade do SIN, que é comprada e consumida dentro do município. Elas contribuíram com 5,1% das emissões totais, o que equivale a 60.957 t CO<sub>2</sub>e.

Já no Escopo 3, foram contabilizadas 458.547,246 t CO<sub>2</sub>e, sendo emissões indiretas da combustão de gasolina A (29,25%), aterro sanitário (26,44%), querosene de aviação (16,38%), incineração de resíduos (1,13%), perdas na transmissão e distribuição de energia elétrica (0,51%), etanol anidro (0,04%) e etanol hidratado (0,01%), conforme mostrado na Figura 24.

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 43 de 90



**FIGURA 24. CONTRIBUIÇÃO DE CADA FONTE DE EMISSÃO INDIRETA PARA O TOTAL DAS EMISSÕES CONTABILIZADAS E REPORTADAS NO ESCOPO 3.**

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024).

### *Indicadores de emissão*

Por fim, foram criados indicadores a fim de que se possa acompanhar de maneira simples e rápida a evolução das emissões em comparação com a população e com o PIB. O indicador de emissões per capita consiste na razão entre a emissão absoluta do município, em toneladas métricas de CO<sub>2</sub>e pela população residente no município no ano inventariado, enquanto o indicador de emissão por PIB é a razão das emissões absolutas em kg de CO<sub>2</sub>e pelo PIB do ano inventariado.

No Quadro 4 são apresentados os valores calculados para os indicadores de emissão de 2022 e de 2013, sendo que o inventário mais recente aponta uma redução na emissão de GEE per capita e por unidade de PIB, o que é resultado, principalmente, das políticas públicas nacionais que aumentaram o teor mínimo de biocombustíveis na gasolina comercial e, em menor escala de impacto, no diesel comercial. Aliada a redução das emissões pelo aumento do teor de biocombustíveis, a queda se deu em função do aumento de aproximadamente 20% da

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 44 de 90

população de Florianópolis. Estes dois fatores agregados resultaram numa diminuição de aproximadamente 22% nas emissões per capita no período.

**QUADRO 4. INDICADORES DE EMISSÃO**

Indicador	2013	2022
tCO <sub>2</sub> e per capita	2,71	2,05
kgCO <sub>2</sub> e/PIB	0,108	0,04

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024).

### *Emissões biogênicas*

Emissões biogênicas de CO<sub>2</sub>e são aquelas originadas de processos naturais, como a respiração das plantas, a decomposição de matéria orgânica e a atividade microbiana no solo, e também, podem ocorrer a partir da queima de combustíveis renováveis, como madeira, biogás e etanol, que liberam CO<sub>2</sub>e durante a combustão. No contexto do inventário de GEE de uma cidade, é crucial considerar as fontes de emissões biogênicas para obter uma avaliação precisa das contribuições totais de CO<sub>2</sub>e, inclusive para potencializar os sumidouros naturais de carbono, como parques e reservas urbanas, além de promover o uso responsável de combustíveis renováveis.

No diagnóstico de emissões de 2022 realizado para o presente estudo foram identificadas as seguintes fontes de emissão de CO<sub>2</sub> biogênico<sup>21</sup>: combustão de etanol hidratado, etanol anidro, biodiesel; queima do gás de aterro; incineração da fração orgânica dos Resíduos Sólidos de Saúde (RSS); e queima do biogás gerado no tratamento de esgoto. Tais fontes de emissão geraram 169.050,310 toneladas métricas de CO<sub>2</sub>e biogênico. As emissões biogênicas decorrentes de usos da terra foram contabilizadas no Setor de AFOLU (V), conforme orienta o GPC (2021).

---

<sup>21</sup> As emissões de CO<sub>2</sub> decorrentes da queima de matérias-primas e combustíveis renováveis não são contabilizadas junto às emissões declaradas no inventário.

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 45 de 90

## 4 CENÁRIOS DE EMISSÕES E METAS DE DESCARBONIZAÇÃO

A partir dos resultados do Inventário de Emissões de GEE, apresentados no item 3.1.2, foram elaborados três Cenários de Emissões para Florianópolis: *Business-as-usual*, Ambicioso e de Neutralidade, os quais deverão orientar a elaboração das metas de redução, as análises necessárias para a indicação das medidas de descarbonização e a própria Estratégia de Descarbonização do município.

O cenário chamado *Business-as-usual* considera que município não coloque em prática os planos e estratégias para redução de emissões de GEE, tendo como base o último inventário realizado e projeções de crescimento populacional e econômico (GPC, 2014).

O cenário Ambicioso é aquele que considera que o município irá aplicar os planos e as estratégias para redução das emissões dos GEE, de forma a atingir uma meta de redução pré-estabelecida (GPC, 2014).

Já o cenário de Neutralidade, é aquele em que o município aplica os planos e estratégias de forma que suas emissões de GEE se igualem às capturas de GEE no mesmo período. Dependendo da quantidade de emissões e capacidade de captura, o município pode incluir em suas estratégias, o uso de compensações (GPC, 2014).

A elaboração dos cenários de emissão de GEE foi feita com base no método da ferramenta da CURB: *Climate Action for Urban Sustainability*<sup>22</sup> e seguiu os seguintes passos:

Passo 1: consolidação do inventário do ano base (2022) segregado por setor conforme a estrutura do GPC.

Passo 2: seleção do fator de crescimento das emissões para o cenário *business-as-usual* (BAU), sendo as opções de fator de crescimento:

1. Taxa de crescimento populacional;
2. Taxas de crescimento populacional e PIB;
3. Taxas de crescimento padrão do IEA/OCDE para crescimento populacional, PIB ou emissão;
4. Fator de crescimento customizado a nível de subsetor.

<sup>22</sup> kit de ferramentas projetado para ajudar a orientar as cidades no processo de planejamento e implementação de ações para reduzir o uso de energia, economizar dinheiro e reduzir as emissões locais de gases de efeito estufa (GEE), desenvolvida através da colaboração entre o Grupo Banco Mundial, C40 Cities Climate Leadership Group, Bloomberg Philanthropies e AECOM Consultin.

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 46 de 90

Passo 3: definição dos anos da meta e construção do gráfico de projeções de crescimento das emissões no cenário BAU.

Passo 4: seleção do tipo de meta, definição dos percentuais de redução das emissões e elaboração do gráfico com o cenário BAU e o cenário da(s) meta(s) proposta(s).

Opções de tipos de meta:

1. Meta do ano base;
2. Meta de intensidade do ano base;
3. Meta do cenário de linha de base.

O inventário de emissões para o ano-base de 2022, aponta que a principal fonte de emissão é a Gasolina A, consumida pela população na combustão móvel do transporte rodoviário. Sabendo ainda que a Gasolina A é o principal componente da gasolina C, combustível utilizado em “veículos leves e motocicletas para uso particular e para transporte de passageiros e de cargas”. Sendo assim, espera-se que o aumento da população seja o principal fator responsável pelo aumento das emissões do município de Florianópolis nos próximos anos. Portanto, os cenários de emissão para o ano base 2022 têm como fator de crescimento das emissões a taxa de crescimento populacional.

Assim, considera-se que as emissões de GEE do município crescem linearmente com o aumento da população, segundo uma taxa de crescimento populacional anual de 2,05%. Essa taxa, obtida entre os anos de 2000 e 2021, foi calculada pela fórmula<sup>23</sup>:

$$I = (P_{(t+n)} / P_{(t)})^{\frac{1}{n}} - 1$$

Onde P(t) é a população no início do período (ano t); P(t + n) é a população no ano t+n e n é o intervalo de tempo entre os dois períodos, I a taxa de crescimento considerada. Sendo t=2000, n=22 e t+n=2022. Devido à carência de dados de projeção mais detalhados e robustos fornecidos pelo IBGE, a escolha recaiu sobre o método linear de projeção de população para o município. Este método, apesar de sua simplicidade, oferece uma abordagem conservadora e direta para estimar o crescimento populacional, evitando suposições complexas que poderiam comprometer a precisão das projeções em face de dados limitados. Além disso, o método linear é facilmente compreensível e aplicável, proporcionando uma base sólida para

---

23

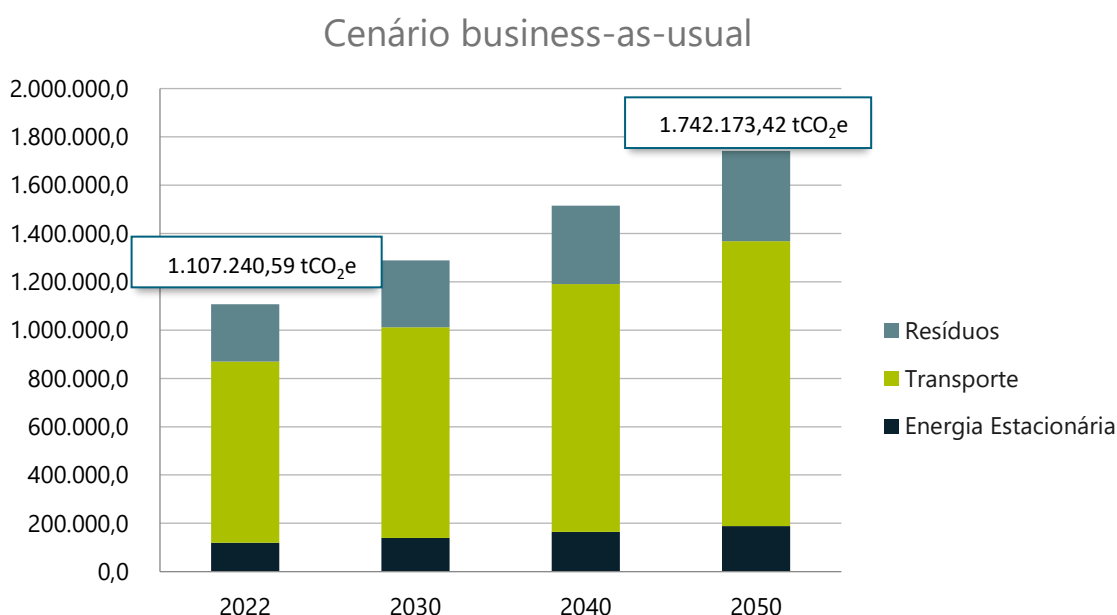
[http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/idb1997/demog/fqa03.htm#:~:text=I%3D\(P\(t%20%2B%20n,a%20taxa%20de%20crescimento%20considerada.](http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/idb1997/demog/fqa03.htm#:~:text=I%3D(P(t%20%2B%20n,a%20taxa%20de%20crescimento%20considerada.)

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 47 de 90

planejamento e tomada de decisões a médio e longo prazo, enquanto se aguardam dados mais acurados das fontes oficiais, como o IBGE.

Assim, os cenários BAU, Ambicioso e de Neutralidade foram criados para visualizar as projeções das emissões dos setores Energia, Transporte e Resíduos, conforme indicado pela abordagem BASIC.

Os anos selecionados para as metas intermediárias e final foram 2030, 2040 e 2050, sendo ambos anos referência nos cenários climáticos apresentados no relatório AR6 do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, o IPCC. Assim, empregando-se a taxa de crescimento de 2,05% ao ano, tem-se, para 2050 no cenário BAU, a previsão de crescimento de 57,3% das emissões em relação a 2022. O gráfico de projeções das emissões no cenário BAU é apresentado na Figura 25.



**FIGURA 25. PROJEÇÕES PARA O CENÁRIO BUSINESS-AS-USUAL (BAU).**

Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024).

No cenário BAU, o crescimento das emissões acompanha diretamente o crescimento populacional, sendo assim, o indicador de emissão per capita se manteria em 2,06 tCO<sub>2</sub>/hab/ano em todos os anos deste cenário.

Para criar os cenários Ambicioso e de Neutralidade, foram definidas metas de redução das emissões de GEE para os anos de 2030, 2040 e 2050 do tipo: meta de cenário de linha de base.

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 48 de 90



O percentual de redução para a meta ambiciosa foi definido com base no guia *Common Reporting Framework*<sup>24</sup> do *Global Covenant of Mayors* (GCoM, 2023).

De acordo as orientações do guia, as metas definidas devem ser no mínimo tão ambiciosas quanto a Ambição Climática Nacional (NDC), mas, idealmente, devem ser mais ambiciosas do que a NDC<sup>25</sup> (GCoM, 2023). Assim, para criar metas de redução comparáveis com as metas nacionais, as metas para o município de Florianópolis foram definidas em termos de redução de emissão per capita em relação às emissões anuais per capita projetadas para o cenário BAU (2,06 t CO<sub>2</sub>/hab/ano).

Para calcular a meta de redução mínima para o município, utilizou-se a previsão de redução de emissão anual per capita<sup>26</sup> média do Brasil, conforme as expectativas da NDC Brasileira, para os três períodos entre o ano base (2005) e os anos alvo (2025, 2030 e 2050), a qual resultou em um percentual de redução de 1,84% ao ano. O Quadro 5 contém os dados de emissão e de população utilizados no cálculo das metas de redução per capita brasileiras.

**QUADRO 5. DADOS NACIONAIS UTILIZADOS NO CÁLCULO DAS METAS MÍNIMAS DE REDUÇÃO**

Ano	Emissões nacionais no cenário BAU (t CO <sub>2</sub> )	População estimada (hab) <sup>27</sup>	Redução anual per capita (t CO <sub>2</sub> / hab)	Redução anual per capita em relação ao ano-base (%)
2005	2.445.900.000	184.184.264		
2030	1.271.868.000	219.029.093	0,268	2,0%
2040	1.149.573.000	224.868.462	0,231	1,7%
2050	0	232.933.276	0,233	1,8%

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024).

Em seguida, para obter os valores de redução mínima, aplicou-se o percentual de redução per capita anual médio da NDC brasileira (1,84% ao ano) sobre o valor da emissão per capita anual de Florianópolis do cenário BAU (2,06 t CO<sub>2</sub>/hab/ano). Assim, os valores de redução de emissão mínimos que o município de Florianópolis deve almejar com sua meta ambiciosa, são, em tCO<sub>2</sub> por habitante: 0,30 até 2030; 0,68 até 2040; e 1,06 até 2050.

<sup>24</sup> Versão 7.0 de Abril de 2023.

<sup>25</sup> As metas da NDC utilizadas foram as metas atualizada em 2023: redução de 48% até 2025, 53% até 2030 e emissões líquidas zero até 2050, com relação ao ano base 2005 (BNDES, 2023).

<sup>26</sup> Utilizou-se a Projeção da população para os anos de 2005 (SAGICAD, s.d.), 2025, 2030 e 2050 (IBGE, s.d)

<sup>27</sup> Emissão do ano-base: 2.445.900.000 t CO<sub>2</sub> equivalente (4CN, 2020)

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 49 de 90

Esses valores mínimos per capita equivalem, respectivamente, a 14,70%, 33,07% e 51,44% das emissões per capita esperadas no cenário BAU, para cada ano da meta conforme mostrado no Quadro 6.

**QUADRO 6. DADOS LOCAIS UTILIZADOS NO CÁLCULO DAS METAS MÍNIMAS DE REDUÇÃO**

Ano	Emissões de Florianópolis no cenário BAU (t CO <sub>2</sub> )	População estimada (hab)	Redução per capita acumulada mínima (t CO <sub>2</sub> /hab)	Metas mínimas de redução acumulada per capita (%)
2022	1.107.240,6	537.211,0		
2030	1.288.650,0	625.227,2	0,30	14,70%
2040	1.515.411,7	735.247,5	0,68	33,07%
2050	1.742.173,4	845.267,7	1,06	51,44%

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024).

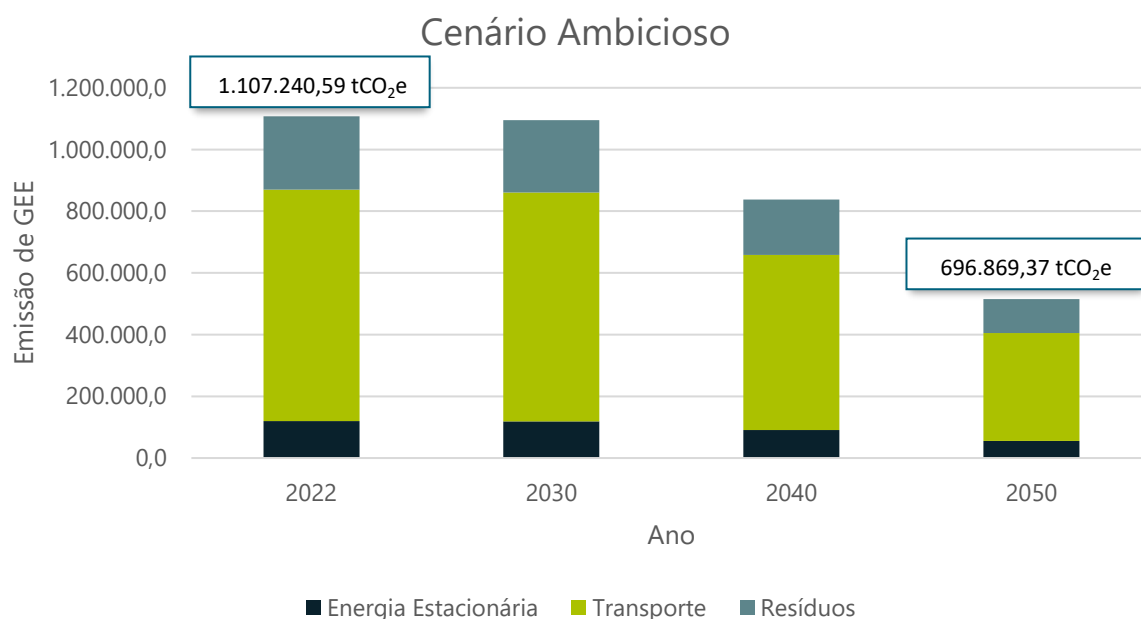
A partir dos valores mínimos de redução acumulada per capita, definiu-se as metas ambiciosas e de neutralidade para os anos de 2030, 2040 e 2050, as quais estão demonstradas no Quadro 7. As metas foram definidas em termos de redução percentual nas emissões per capita em relação aos valores do cenário BAU.

**QUADRO 7. METAS DE REDUÇÃO PARA OS CENÁRIOS AMBICIOSO E DE NEUTRALIDADE A PARTIR DO CENÁRIO BAU**

METAS	AMBICIOSAS		DE NEUTRALIDADE		
	Ano	Redução acumulada per capita (%)	Redução anual (t CO <sub>2</sub> )	Redução acumulada per capita (%)	Redução anual (t CO <sub>2</sub> )
	2022				
	2030	15%	193.297,5	25%	322.162,5
	2040	35%	530.394,1	50%	757.705,8
	2050	60%	1.045.304,1	100%	1.742.173,4

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024).

As metas ambiciosas são ligeiramente superiores ao valor mínimo. Esta ainda é uma abordagem cautelosa quanto às limitações das ações direcionadas no município e cética sobre a viabilidade de uma transição intensiva para um modelo de desenvolvimento de baixo carbono, e, portanto, relativamente conservadora (Figura 26).



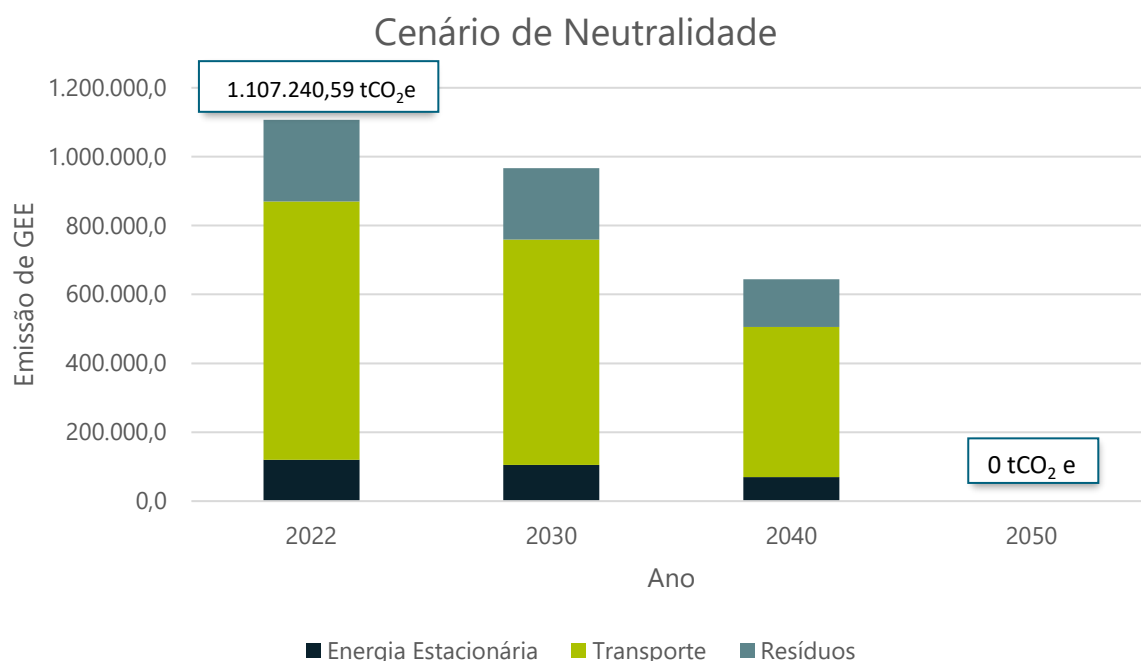
**FIGURA 26. CENÁRIO DE EMISSÕES AMBICIOSO**

Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024).

Attingir a meta de redução no ano de 2030 envolve diminuição no valor da emissão per capita: de 2,06 para 1,75 t CO<sub>2</sub>/hab. A meta tem como objetivo desvincular o crescimento populacional do aumento das emissões de GEE.

Por fim, a partir das metas do cenário de neutralidade, mostradas no Quadro 7, foi criado o Cenário de Neutralidade (Figura 27). Nesse cenário, as medidas estratégicas devem ser suficientes para reduzir as emissões substancialmente desde o primeiro ano-alvo, chegar a 2040 com metade das emissões do cenário BAU e atingir saldo nulo em 2050.

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 51 de 90

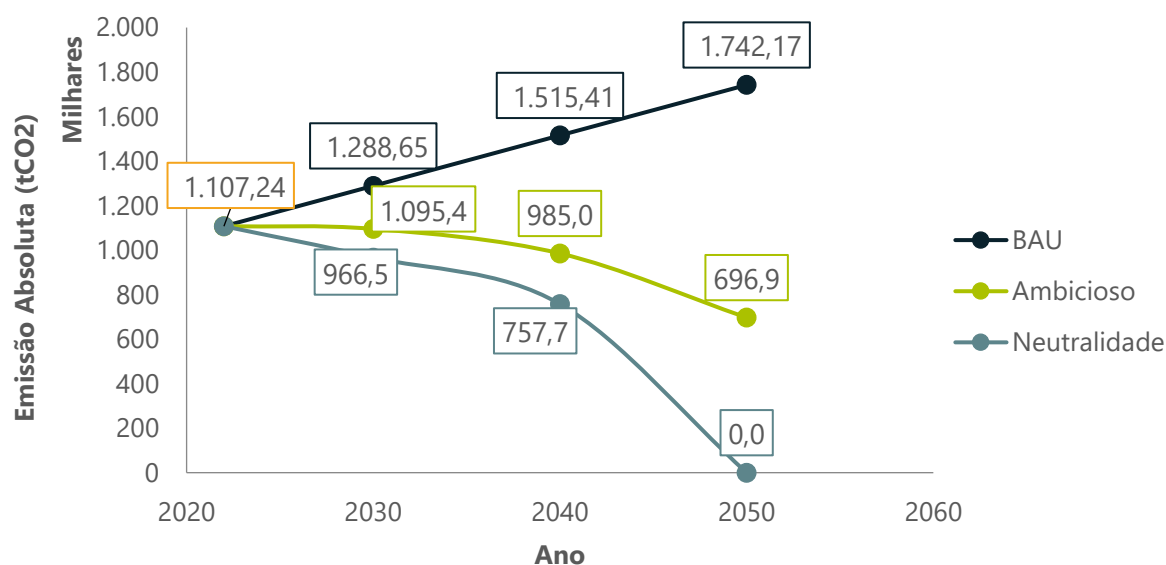


**FIGURA 27. CENÁRIO DE NEUTRALIDADE**

Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024).

A Figura 28 permite comparar a evolução das emissões ao longo dos anos nos cenários BAU, Ambicioso e de Neutralidade. No cenário BAU, o crescimento das emissões acompanha, linearmente e na mesma proporção, o crescimento populacional. Já o cenário Ambicioso, como já foi mencionado, reflete as metas cautelosas, as quais se mostram suficientes para diminuir as emissões em 2030 e 2050, em comparação com o mesmo ano no cenário BAU. Enquanto o cenário de Neutralidade reflete a viabilização de metas mais ousadas, invertendo a curva de evolução das emissões desde o primeiro ano-alvo.

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 52 de 90



**FIGURA 28. EMISSÕES DE GEE NOS CENÁRIOS BAU, AMBICIOSO E DE NEUTRALIDADE**

FONTES: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024).

## 5 DESAFIOS ENFRENTADOS E SUGESTÕES DE MELHORIAS

Este capítulo visa pontuar os desafios enfrentados ao longo da elaboração do presente Inventário de Emissões de GEE de Florianópolis, buscando contribuir com sugestões para a melhoria do processo para os futuros inventários:

- Coleta e Sistematização dos dados:** a coleta dos dados é uma das primeiras ações a serem empreendidas na realização e/ou atualização do Inventário e traz reflexos a todo o trabalho subsequente, impactando nos prazos e sobretudo na qualidade das estimativas de emissão. Garantir acessibilidade aos dados de forma sistematizada permite maior agilidade no desenvolvimento do inventário e maior acurácia das estimativas. Assim, faz-se necessário ter uma estrutura organizada e de fácil acesso para o armazenamento de informações, para que os dados possam ser consultados por toda a equipe técnica da Prefeitura sem qualquer complicação. Para tanto, é importante que se crie um controle para registro da coleta anual dos dados de atividade do inventário de emissões de GEE, que pode ser constituído inicialmente por uma planilha simples, contendo, minimamente o dado de atividade, a unidade de medida, a fonte da informação e a qualidade da informação, conforme classificação do GPC. Este formulário pode ser disponibilizado em repositório público e de fácil acesso.

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 53 de 90

- **Armazenamento de estudos técnicos e diagnósticos realizados por entes externos:** considerando que diferentes equipes conduzirão futuras atualizações do Inventário, é preciso garantir o armazenamento adequado de informações de versões anteriores. Isso garante que se mantenha uma padronização entre os produtos e possibilita uma melhor comparação entre os resultados. Sugere-se que os produtos com memórias de cálculo entregues por cada equipe sejam armazenados em repositórios remotos, e que sejam acessíveis a pessoas autorizadas resguardando-se a integridade do banco de dados.
- **Fortalecimento institucional:** os desafios impostos requerem também o fortalecimento da equipe técnica dedicada à agenda climática. A falta de profissionais dedicados ao tema dificulta a troca de informações e torna o processo de revisão, atualização e avaliação mais lento e menos acurado. Assim, recomenda-se que a prefeitura desenvolva, dentro da sua estrutura administrativa, uma área específica voltada a esta agenda e empenhe recursos humanos para levantamento e organização dos dados para inventários, bem como para o monitoramento e avaliação das ações direcionadas.
- **Criação de mecanismos de coleta de dados do setor privado:** considerando que parte relevante dos dados necessários para um Inventário de Emissões de GEE advém do setor privado, é importante que se criem mecanismos de coleta das informações desse setor. Assim, sugere-se a criação de canal específico online para contato e registro de dados do setor privado, para que as informações possam ser obtidas de forma mais facilitada. Além disso, recomenda-se que seja avaliada a possibilidade de se criar uma legislação que demande, de forma compulsória, o cadastro e envio de dados de emissão pelo setor industrial.
- **Melhoria em dados específicos de setores:**
  - I. Energia Estacionária: alocar parte do diesel vendido ao município no setor de energia estacionária, caso haja informação disponível para isso.
  - II. Transportes: avaliar a relevância das fontes de emissão de escopo 3, especialmente oriunda do transporte pendular e do turismo, e melhorar o método de cálculo das emissões de transporte de Escopo 3, a fim de melhorar a consistência metodológica. Para isso, recomenda-se que, inicialmente, seja feito um estudo para avaliação da quantidade de carros que circulam por ano no município devido ao turismo e ao transporte pendular. Esse estudo deve buscar mapear, tanto a entrada de turistas no município utilizando carros, quanto os alugueis de carros em locadoras localizadas dentro do município. Paralelamente, deve-se identificar a quantidade de carros circulantes por dia por transporte pendular. Além disso, essa pesquisa pode incluir

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 54 de 90

também outras variáveis, como o perfil dos combustíveis utilizados, os quais devem ser selecionadas pelo comitê que ficará encarregado do Inventário de Emissões de GEE.

- III. Resíduos: avaliar a influência do programa de compostagem na redução da quantidade de RS enviado para o aterro. Obter os dados primários da composição dos resíduos sólidos enviados para o aterro e para incineração, a fim de melhorar a qualidade dos dados.
- IV. IPPU: mapear mais rigorosamente as emissões de indústrias, para isso, recomenda-se que o município avalie a criação de uma legislação que demande de forma compulsória o cadastro e envio de dados de emissão pelo setor industrial, mesmo que seja um setor com baixa participação no PIB.
- V. AFOLU: Os mapeamentos sistemáticos de cobertura vegetal usualmente empregados para monitoramento de emissões referentes às mudanças de uso do solo são baseados em classes extremamente generalistas. Métodos convencionais não informam o estágio degradação/vigor da vegetação dentro de cada categoria, o que é extremamente variável nas proximidades de áreas urbanas. Por exemplo, a regeneração de florestas que resulta de investimento em conservação mobiliza quantidades expressivas de carbono que não são captadas por mapeamentos convencionais. Da mesma forma, a arborização urbana é negligenciada por mais adensada e custosa que seja. Ainda mais limitadas são as inferências sobre o carbono do solo. Considerando o contexto privilegiado de Florianópolis, recomendamos que especialistas locais e agências ambientais implementem um sistema de monitoramento próprio a ser apoiado por geotecnologias.

## 6 CONCLUSÕES

Tendo em vista o conteúdo exposto acima, o presente capítulo tem como objetivo dissertar sobre as principais conclusões referente às emissões de GEE de 2022 e os cenários futuros para o município de Florianópolis.

Ao analisar as emissões de GEE per capita de Florianópolis em comparação com outras grandes cidades brasileiras, observa-se que Florianópolis apresenta um indicador mais elevado, com 2,06 toneladas de CO<sub>2</sub>e per capita. Esse valor é superior ao de São Paulo, que registra 1,21 toneladas de CO<sub>2</sub>e per capita, e Salvador, com 1,06 toneladas de CO<sub>2</sub>e per capita. Essa diferença pode ser atribuída a características específicas de Florianópolis, como sua geomorfologia, a alta dependência de transporte individual, e uma infraestrutura ainda em desenvolvimento. No entanto, essa condição também abre oportunidades significativas para a

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 55 de 90

redução das emissões. Investimentos estratégicos em transporte público eficiente, infraestrutura cicloviária, e incentivos para veículos elétricos, além da promoção de práticas de eficiência energética, podem resultar em reduções expressivas nas emissões municipais.

No que diz respeito ao setor de maior impacto nas emissões, o inventário de emissões de GEE de 2022 de Florianópolis revelou que o setor de transportes é responsável por 66,4% das emissões totais. Este resultado corrobora a priorização deste setor para ações de descarbonização. A elaboração de um plano específico para descarbonização do setor de transportes será essencial para que as metas propostas sejam atingidas.

O inventário de 2022 resultou em estimativa de emissões inferior em 10,37% à estimativa de 2013. É importante destacar que, até o momento não foram encontrados indícios que essa diminuição seja resultado de ações diretas tomadas pelo setor público, privado ou pela sociedade florianopolitana, mas sim pela atualização da metodologia do inventário e por efeito das políticas públicas nacionais que promoveram o aumento dos biocombustíveis na composição da gasolina e do diesel comerciais, os quais passaram, assim, a ter menor porcentagem de combustíveis fósseis em sua composição, como detalhado no capítulo 3.1.

Além disso, melhorias contínuas são fundamentais na redução de imprecisões e incertezas para inventários de GEE. Na parte que cabe ao município, é fundamental aprimorar a coleta, organização e disponibilização de dados à equipe de especialistas. A ampla comunicação de todo o processo, bem como de protocolos e boas práticas, favorecem uma compreensão mais detalhada e precisa das emissões, fundamentando a implementação de políticas públicas realistas e que efetivamente fazem face às metas, apontando direções para o desenvolvimento de baixo carbono.

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 56 de 90



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baker Hughes. *Flare combustion monitoring system for upstream flares*. World Oil Magazine. 2021. <https://dam.bakerhughes.com/m/243391757e14f4e/original/Flare-combustion-monitoring-system-for-upstream-flares-World-Oil-Magazine.pdf>
- BNDES - Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social. Painel NDC - nossa contribuição para as metas de redução de emissões do Brasil. 2023. <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/desenvolvimento-sustentavel/resultados/emissoes-evitadas#:~:text=A%20NDC%20brasileira%2C%20atualizada%20em,rela%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A0s%20emiss%C3%B5es%20de%202005.>
- Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Secretaria de Pesquisa e Formação Científica. Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima / Secretaria de Pesquisa e Formação Científica. -- Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2021. 620 p.: iL.
- Caulton, D. R., P. B. Shepson, M. O. L. Cambaliza, D. McCabe, E. Baum, & B. H. Stirm (2014) *Methane Destruction Efficiency of Natural Gas Flares Associated with Shale Formation Wells*, Environmental Science & Technology.
- Chatterjee, N., Nair, P.K.Ramachandran., Chakraborty, S., Nair, V.D., 2018. Changes in soil carbon stocks across the Forest-Agroforest-Agriculture/Pasture continuum in various agroecological regions: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 266, 55–67. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.07.014>
- Cheng, Y.-H., Chang, Y.-H., Lu, I.J., 2015. Urban transportation energy and carbon dioxide emission reduction strategies. *Applied Energy* 157, 953–973. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.126>
- GCoM - Global Covenant of Mayors Common. 2023. Common Reporting Framework. <https://www.globalcovenantofmayors.org/our-initiatives/data4cities/common-global-reporting-framework/>
- GPC 1.1 - Global Protocol for Communities-Scale Greenhouse Gas Inventories 1.1. An Accounting and Reporting Standard for Cities Version 1.1. 2021. <https://ghgprotocol.org/ghg-protocol-cities>
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Projeção da população. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/53/49645>

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 57 de 90

Jones et al. 2024 – with major processing by Our World in Data. “Annual greenhouse gas emissions” [dataset]. Jones et al., “National contributions to climate change 2024.1” [original data].

Mapbiomas. 2024. Uso e cobertura do solo no município de Florianópolis. Coleção 8.0. <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org>

Li, J., 2011. Decoupling urban transport from GHG emissions in Indian cities—A critical review and perspectives. Energy Policy 39, 3503–3514. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.03.049>

Olsson, L., Ardö, J., 2002. Soil Carbon Sequestration in Degraded Semiarid Agro-ecosystems—Perils and Potentials. AMBIO: A Journal of the Human Environment 31, 471–477. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-31.6.471>

Rakotovao, N.H., Chevallier, T., Chapuis-Lardy, L., Deffontaines, S., Mathé, S., Ramarofidy, M.A., Rakotoniamonjy, T.H., Lepage, A., Masso, C., Albrecht, A., Razafimbelo, T.M., 2021. Impacts on greenhouse gas balance and rural economy after agroecology development in Itasy Madagascar. Journal of Cleaner Production 291, 125220. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125220>

SAGICAD - Secretaria de Avaliação, Gestão da Informação e Cadastro Único. Estimativa/Contagem da População. [https://aplicacoes.cidadania.gov.br/vis/data3/v.php?q\[\]=r6JtY5KygrBtxKW25rV%2FfmdhhJll21kmK19Zm11ZmymaX7KrV6OmWqlo5TJ7rJvsLqqn7R0s6%2BjoLycbt2yoNnAwKiltZau4q%2BfXqcxWU0aKgfd%2BuVly3pa%2FlmhD1%2BtDG3aOlua%2FZtg%3D%3D&ma=ano&dt1=2004-01-01&dt2=2005-01-01&ultdisp=1&ultdisp=0](https://aplicacoes.cidadania.gov.br/vis/data3/v.php?q[]=r6JtY5KygrBtxKW25rV%2FfmdhhJll21kmK19Zm11ZmymaX7KrV6OmWqlo5TJ7rJvsLqqn7R0s6%2BjoLycbt2yoNnAwKiltZau4q%2BfXqcxWU0aKgfd%2BuVly3pa%2FlmhD1%2BtDG3aOlua%2FZtg%3D%3D&ma=ano&dt1=2004-01-01&dt2=2005-01-01&ultdisp=1&ultdisp=0)

Souza, T. E. 2009. Monografia de Tiago Elias de Souza. Universidade de Taubaté. <http://repositorio.unitau.br/jspui/bitstream/20.500.11874/4340/1/Monografia%20Tiago%20Elias%20de%20Souza.pdf>

U.S. EPA. Available and Emerging Technologies for Reducing Greenhouse Gas Emissions from Municipal Solid Waste Landfills. June 2011. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-12/documents/landfills.pdf>.

Sgobbi, W. de J. 2024. Inventário GEE - Setor Resíduos. Destinatário: Isabela Taici Lopes Goncalves Horta <Isabela.HORTA@egis-group.com>. 16 ago. 2024. Mensagem eletrônica.

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 58 de 90

## ANEXOS

### Anexo A – Mudança de Uso do solo de 2012 a 2022 (ha)

**QUADRO 8. QUANTIFICAÇÃO DA MUDANÇA DO USO DO SOLO DE 2012 A 2022 EM HECTARES**

Classe	2012	2022	(2022) - (2012)
1. Floresta	19136.25	19685.11	548.86
1.1. Formação Florestal	14581.98	14936.20	354.22
1.3. Mangue	1486.92	1423.17	-63.75
1.5. Restinga Arbórea	3067.35	3325.74	258.40
2. Formação Natural não Florestal	149.01	171.76	22.75
2.1. Campo Alagado e Área Pantanosa	8.98	13.04	4.05
2.3. Apicum	108.78	99.24	-9.54
2.4. Afloramento Rochoso	31.25	59.48	28.24
3. Agropecuária	12004.36	10750.87	-1253.49
3.1. Pastagem	1825.13	1622.64	-202.49
3.2. Agricultura	37.74	7.31	-30.43
3.2.1. Lavoura Temporária	37.74	7.31	-30.43
3.2.1.5. Outras Lavouras Temporárias	37.74	7.31	-30.43
3.3. Silvicultura	1460.19	1804.47	344.29
3.4. Mosaico de Usos	8681.30	7316.45	-1364.85
4. Área não Vegetada	9357.57	9994.22	636.65
4.1. Praia	576.88	598.96	22.09
4.2. Área Urbanizada	8389.57	9021.87	632.30
4.3. Mineração	28.59	32.64	4.05
4.4. Outras Áreas não Vegetadas	384.33	340.51	-43.82
5. Corpo D'água	3211.32	3259.48	48.16
5.1. Rio	3213.56	3186.37	-27.19

FONTE: MAPBIOMAS (2024).

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 59 de 90

## Anexo B - Quadro comparativo das emissões de GEE de 2013 e de 2022

**QUADRO 9. DIFERENÇA ENTRE AS EMISSÕES DE 2022 E 2013 POR FONTE (TCO2E)**

Precursor (fonte)	2013	2022	Diferença (2022-2013)	% em relação a 2013
Águas residuais domésticas	51.418,79	64.921,33	13.502,54	26%
Águas residuais industriais	0,00	0,00	0,00	-
Aterro não regularizado	0,00	0,00	0,00	-
Aterro regularizado	0,00	164.145,83	164.145,83	-
Biodiesel	11,44	57,26	45,82	401%
Compostagem	0,00	1.446,87	1.446,87	-
Diesel	102.007,24	95.702,29	-6.304,95	-6%
Eletricidade	81.297,26	60.957,47	-20.339,79	-25%
Estoque de Madeira Urbana	-39.533,77	0,00	39.533,77	-100%
Etanol Anidro	554,23	849,03	294,80	53%
Etanol Hidratado	0,00	151,08	151,08	-
Fertilizantes	427,70	0,02	-427,69	-100%
Gasolina A	738.871,04	567.112,11	-171.758,93	-23%
Gasolina de Aviação	426,17	344,75	-81,42	-19%
GLP	31.529,89	39.048,74	7.518,85	24%
Incineração de resíduos	0,00	7.016,06	7.016,06	-
Lubrificantes	2.007,90	0,00	-2.007,90	-100%
Óleo combustível	0,00	43,17	43,17	-
Criação de animais	6.986,71	22.119,21	15.132,50	217%
Perdas de transmissão e distribuição	0,00	3.732,62	3.732,62	-
Processo Industrial	149.881,77	0,00	-149.881,77	-100%
Querosene de Aviação	233.533,39	101.711,98	-131.821,41	-56%
Refrigerantes	25,24	0,00	-25,24	-100%
Solos alterados	-28.827,56	-27.302,73	1.524,82	-5%
Solos sem mudança de uso	-100.990,18	0,00	100.990,18	-100%
Uso de Produtos	0,00	11,10	11,10	-
<b>Total</b>	<b>1.229.627,27</b>	<b>1.102.068,18</b>	<b>-127.559,09</b>	<b>-10,37%</b>

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024).

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 60 de 90

## Anexo C - Mapeamento das fontes de emissão

As fontes de emissão de GEE são atividades que produzem quaisquer gases previstos pelo Protocolo de Kyoto. As fontes de emissão previstas pelo GPC são associadas aos subsetores de emissão mencionados no item 2.3 e foram contabilizadas tendo em vista os princípios da consistência, transparência e exatidão, que orientam a metodologia GPC.

Em caso de exclusão de alguma fonte de emissão, ou seja, quando a emissão de quaisquer fontes seja igual a 0, ela recebe chave de notação e uma justificativa clara para sua exclusão. As descrições das chaves de notação estão no Quadro 10.

**QUADRO 10. USO DAS CHAVES DE NOTAÇÃO, SEGUNDO O GPG.**

Chave de notação	Definição	Explicação
IE	Incluído em outro lugar	As emissões de GEE desta atividade são estimadas e apresentadas em outra categoria do inventário. Essa categoria deve ser indicada na explicação.
NE	Não estimado	As emissões ocorrem, mas não foram estimadas ou comunicadas; a justificativa para a exclusão deve ser anotada na explicação.
NO	Não ocorre	Uma atividade ou processo não ocorre ou não existe na cidade.
C	Confidencial	Emissões de GEE que poderiam levar à divulgação de informações confidenciais e, portanto, não podem ser relatadas.

FONTE: WRI, C40, ICLEI E GHG PROTOCOL (2021).

No Quadro 11 são descritas as fontes de emissão previstas pelo GPC e apontadas as chaves de notação conferidas aquelas que foram zeradas no presente inventário.

Destaca-se que as justificativas para a exclusão de cada fonte de emissão zerada são apresentadas no item 3.2, que traz os resultados do Inventário de emissões de GEE de Florianópolis.

**QUADRO 11. DESCRIÇÃO E CHAVES DE NOTAÇÃO DE CADA FONTE DE EMISSÃO**

Código GPC	Escopo	Fontes de emissão de GEE	Enfoque de contabilização	Chave de Notação
<b>I.</b>	<b>Energia Estacionária</b>			
I.1	Edifícios residenciais			
I.1.1	1	Emissões diretas	Consumo de combustíveis dentro dos limites geográficos	
I.1.2	2	Emissões indiretas por energia	Consumo de energia externa dentro dos limites geográficos	
I.1.3	3	Emissões de GEE que ocorrem fora dos limites da cidade como resultado de atividades que ocorrem dentro dos limites da cidade	Perdas de transmissão e distribuição resultantes do consumo de energia fornecida pela rede	
I.2	Edifícios e Instalações comerciais e institucionais			
I.2.1	1	Emissões diretas	Consumo de combustíveis dentro dos limites geográficos	
I.2.2	2	Emissões indiretas por energia	Consumo de energia externa dentro dos limites geográficos	
I.2.3	3	Emissões de GEE que ocorrem fora dos limites da cidade como resultado de atividades que ocorrem dentro dos limites da cidade	Perdas de transmissão e distribuição resultantes do consumo de energia fornecida pela rede	
I.3	Indústrias de manufatura e construção			
I.3.1	1	Emissões diretas	Consumo de combustíveis dentro dos limites geográficos	
I.3.2	2	Emissões indiretas por energia	Consumo de energia externa dentro dos limites geográficos	
I.3.3	3	Emissões de GEE que ocorrem fora dos limites da cidade como resultado de atividades que ocorrem dentro dos limites da cidade	Perdas de transmissão e distribuição resultantes do consumo de energia fornecida pela rede	
I.4	Indústrias Energéticas			
I.4.1	1	Emissões diretas	Consumo de combustíveis dentro dos limites geográficos	
I.4.2	2	Emissões indiretas por energia	Consumo de energia externa dentro dos limites geográficos	
I.4.3	3	Emissões de GEE que ocorrem fora dos limites da cidade como resultado de atividades que	Perdas de transmissão e distribuição resultantes do	

Código GPC	Escopo	Fontes de emissão de GEE	Enfoque de contabilização	Chave de Notação
		ocorrem dentro dos limites da cidade	consumo de energia fornecida pela rede	
I.5	Agricultura, Silvicultura e Pesca			
I.5.1	1	Emissões diretas	Consumo de combustíveis dentro dos limites geográficos	
I.5.2	2	Emissões indiretas por energia	Consumo de energia externa dentro dos limites geográficos	IE
I.5.3	3	E emissões de GEE que ocorrem fora dos limites da cidade como resultado de atividades que ocorrem dentro dos limites da cidade	Perdas de transmissão e distribuição resultantes do consumo de energia fornecida pela rede	IE
I.6	Fontes não específicas			
I.6.1	1	Emissões diretas	Consumo de combustíveis dentro dos limites geográficos	NO
I.6.2	2	Emissões indiretas por energia	Consumo de energia externa dentro dos limites geográficos	NO
I.6.3	3	E emissões de GEE que ocorrem fora dos limites da cidade como resultado de atividades que ocorrem dentro dos limites da cidade	Perdas de transmissão e distribuição resultantes do consumo de energia fornecida pela rede	NO
I.7	Emissões fugitivas de mineração, processamento, estocagem e transporte de carvão mineral			
I.7.1	1	Emissões diretas		NO
I.8	Emissões fugitivas de sistemas de petróleo e gás natural			
I.8.1	1	Emissões diretas		NO
<b>II.</b>	<b>Transporte</b>			
II.1	Transporte por rodovia			
II.1.1	1	Emissões diretas	Consumo de combustíveis dentro dos limites geográficos	
II.1.2	2	Emissões indiretas por energia	Consumo de energia externa dentro dos limites geográficos	IE
II.1.3	3	Emissões indiretas por viagens que transpassam os limites geográficos		
II.2	Ferrovias			
II.2.1	1	Emissões diretas	Consumo proporcional de combustíveis	NO

Código GPC	Escopo	Fontes de emissão de GEE	Enfoque de contabilização	Chave de Notação
II.2.2	2	Emissões indiretas por energia	Consumo proporcional de energia	NO
II.2.3	3	Emissões indiretas por viagens que transpassam os limites geográficos		NO
II.3	Navegação marítima e fluvial			
II.3.1	1	Emissões diretas	Consumo proporcional de combustíveis	
II.3.2	2	Emissões indiretas por energia	Consumo proporcional de energia	NO
II.3.3	3	Emissões indiretas por viagens que transpassam os limites geográficos		
I.4	Aviação			
II.4.1	1	Emissões diretas	Aviões de pequeno porte: voos dentro do limite do município	
II.4.2	2	Emissões indiretas por energia		NO
II.4.3	3	Emissões indiretas por viagens que transpassam os limites geográficos	Voos que transpassam os limites do município	
II.5	Outros meios de transporte			
II.5.1	1	Emissões diretas	Consumo de combustíveis dentro dos limites geográficos	
II.5.2	2	Emissões indiretas por energia	Consumo proporcional de energia	NO
<b>III.</b>	<b>Resíduos</b>			
III.1	Aterro de resíduos sólidos			
III.1.1	1	Emissões indiretas de resíduos gerados dentro dos limites geográficos e vertidos dentro dos mesmos	Resíduos gerados e tratados dentro dos limites geográficos	
III.1.2	3	Emissões indiretas de resíduos gerados dentro dos limites geográficos e vertidos fora dos mesmos	Geração de resíduos dentro dos limites geográficos e tratados fora do município	
III.1.3	1	Emissões indiretas de resíduos gerados fora dos limites geográficos e vertidos dentro dos mesmos	Resíduos gerados fora do município e tratados dentro do município	NO
III.2	Tratamento biológico de resíduos			



Código GPC	Escopo	Fontes de emissão de GEE	Enfoque de contabilização	Chave de Notação
III.2.1	1	Emissões indiretas de resíduos gerados dentro dos limites geográficos e vertidos dentro dos mesmos	Resíduos gerados e tratados dentro dos limites geográficos	
III.2.2	3	Emissões indiretas de resíduos gerados dentro dos limites geográficos e vertidos fora dos mesmos	Resíduos gerados dentro dos limites geográficos e tratados fora do município	NO
III.2.3	1	Emissões indiretas de resíduos gerados fora dos limites geográficos e vertidos dentro dos mesmos	Resíduos gerados fora do município e tratados dentro do município	NO
III.3	Incineração e combustão não controlada			
III.3.1	1	Emissões indiretas de resíduos gerados dentro dos limites geográficos e vertidos dentro dos mesmos	Resíduos gerados e tratados dentro dos limites geográficos	NO
III.3.2	3	Emissões indiretas de resíduos gerados dentro dos limites geográficos e vertidos fora dos mesmos	Geração de resíduos dentro dos limites geográficos e tratados fora do município	
III.3.3	1	Emissões indiretas de resíduos gerados fora dos limites geográficos e vertidos dentro dos mesmos	Resíduos gerados fora do município e tratados dentro do município	NO
III.4	Tratamento e descarga de águas residuais			
III.4.1	1	Emissões de tratamento de águas residuais produzidas e tratadas dentro dos limites geográficos	Geração de águas residuais e tratadas dentro dos limites geográficos	
III.4.2	3	Emissões de águas residuais produzidas dentro dos limites geográficos e tratadas fora dos limites geográficos	Águas residuais geradas fora do município e tratadas dentro do município	NO
III.4.3	1	Emissões indiretas de águas residuais produzidas fora dos limites geográficos e vertidos e tratados dentro do município	Geração de águas residuais fora dos limites geográficos e tratadas dentro do município	NO
<b>IV.</b>	<b>Processos industriais e uso de produtos</b>			
IV.1	1	Emissões diretas de processos industriais	Produção e uso de produtos minerais; Produção e uso de	NO

Código GPC	Escopo	Fontes de emissão de GEE	Enfoque de contabilização	Chave de Notação
			produtos químicos; Produção de metais	
IV.2	1	Emissões diretas derivadas do uso de produtos	Lubrificantes e ceras de parafina utilizados em produtos não energéticos; Gases FC usados na produção de eletrônicos; Gases fluorados usados como substitutos de substâncias que destroem a camada de ozônio.	
<b>V.</b>	<b>Agropecuária, silvicultura e outros usos da terra (AFOLU)</b>			
V.1	1	Emissões da criação de animais dentro dos limites da cidade	Emissões por fermentação entérica e dejetos de animais dentro dos limites do município	
V.2	1	Emissões de mudanças no uso da terra dentro dos limites da cidade	Mudanças de uso da terra	
V.3	1	Emissões de fontes agregadas e fontes de emissão que não sejam de CO2 em terras dentro dos limites da cidade	Uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos	
<b>VI.</b>	<b>Outras Emissões de Escopo 3</b>			
VI.	3	Emissões de processos industriais fora dos limites do município	Produção de cimento e aço	

Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024).

## Anexo D - Coleta das informações e cálculo das emissões

As informações necessárias aos cálculos das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) dos subsetores selecionados foram advindas de fontes primárias e secundárias.

Primeiramente foram revisados e atualizados todos os FEs e fatores de conversão de dados de atividades, bem como outros parâmetros intrínsecos aos cálculos de dados de atividades ou aos FEs que foram calculados. No Quadro 12 são apontados os parâmetros que sofreram alterações em comparação com os valores usados no inventário de 2013 e aqueles que foram adicionados, bem como as fontes dos dados atualizados.

**QUADRO 12. PARÂMETROS QUE SOFRERAM ALTERAÇÕES DO INVENTÁRIO DE 2013 PARA O INVENTÁRIO DE 2022**

Parâmetro	Detalhamento	Fonte	
		Inventário 2013	Inventário 2022
Potencial Aquecimento Global (GWP) a 100 anos	Metano Dióxido de carbono Óxido nitroso	IPCC, 2007 - AR4	IPCC, 2016 - AR5
Fator de emissão	Emissão de solos que não mudam de uso	Calculado a partir de IPCC, 2006 (Vol 4, Cap 4, tabela 4.9, Subtropical humid forest)	Considerado 0 no presente inventário
Fator de emissão	Gasolina A; Diesel; GNV; GLP; Querosene; de Aviação Gasolina de Aviação; Lubrificantes; Óleo combustível; Etanol Hidratado; Biodiesel; Etanol Anidro	IPCC, 2006 - Diretrizes do IPCC de 2006 para inventários nacionais de gases de efeito estufa	Ferramenta GHG Protocol (Versão 2024.0.2)

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024).

O Quadro 13 contém a lista das fontes e da qualidade dos dados de atividade e dos fatores de emissão empregados no presente inventário, classificados conforme as recomendações de GPC.

**QUADRO 13. FONTE E QUALIDADE DOS DADOS DE ATIVIDADE E FATORES DE EMISSÃO**

Setor	Subsetor	Parâmetro	Dado de atividade		Fator de Emissão	
			Fonte	Qualidade	Fonte	Qualidade
I. SETOR ENERGIA ESTACIONÁRI A	I.1 SUBSETOR INSTALAÇÕES RESIDENCIAIS	Vendas anuais de GLP por município - GLP "até P13"	ANP (2022)	A	Ferramenta GHG Protocol (Versão 2024.0.2)	A
I. SETOR ENERGIA ESTACIONÁRI A	I.1 SUBSETOR INSTALAÇÕES RESIDENCIAIS	Consumo de Eletricidade Residencial (MWh)	CELESC (2022)	A	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (2022)	A
I. SETOR ENERGIA ESTACIONÁRI A	Todos	Perdas técnicas	CELESC (2021)	M	Ferramenta GHG Protocol (Versão 2024.0.2)	A

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 67 de 90

Setor	Subsetor	Parâmetro	Dado de atividade		Fator de Emissão	
			Fonte	Qualidade	Fonte	Qualidade
I. SETOR ENERGIA ESTACIONÁRIA	I.2 SUBSETOR EDIFÍCIOS E INSTALAÇÕES COMERCIAIS E INSTITUCIONAIS	Vendas anuais de GLP por município - GLP "outros"	ANP (2022)	M	Ferramenta GHG Protocol (Versão 2024.0.2)	A
I. SETOR ENERGIA ESTACIONÁRIA	I.2 SUBSETOR EDIFÍCIOS E INSTALAÇÕES COMERCIAIS E INSTITUCIONAIS	Consumo de Eletricidade - Serviço Público, Iluminação Pública, Poder Público e Comercial (MWh)	CELESC (2022)	A	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (2023)	A
I. SETOR ENERGIA ESTACIONÁRIA	I.2 SUBSETOR EDIFÍCIOS E INSTALAÇÕES COMERCIAIS E INSTITUCIONAIS	Vendas anuais de Óleo Diesel por município	ANP (2022)	M	Ferramenta GHG Protocol (Versão 2024.0.2)	A
I. SETOR ENERGIA ESTACIONÁRIA	I.3 SUBSETOR INDÚSTRIAS MANUFATUREIRAS E CONSTRUÇÃO	Vendas anuais de GLP por município - GLP "outros"	ANP (2022)	M	Ferramenta GHG Protocol (Versão 2024.0.2)	A
I. SETOR ENERGIA ESTACIONÁRIA	I.3 SUBSETOR INDÚSTRIAS MANUFATUREIRAS E CONSTRUÇÃO	Vendas anuais de Óleo Combustível por município	ANP (2022)	A	Ferramenta GHG Protocol (Versão 2024.0.2)	A
I. SETOR ENERGIA ESTACIONÁRIA	I.3 SUBSETOR INDÚSTRIAS MANUFATUREIRAS E CONSTRUÇÃO	Vendas anuais de Óleo Diesel por município	ANP (2022)	M	Ferramenta GHG Protocol (Versão 2024.0.2)	A
I. SETOR ENERGIA ESTACIONÁRIA	I.4 SUBSETOR INDÚSTRIAS ENERGÉTICAS	Consumo de Eletricidade Indústria Energética (MWh)	CELESC (2022)	A	Ferramenta GHG Protocol (Versão 2024.0.2)	A
I. SETOR ENERGIA ESTACIONÁRIA	I.4 SUBSETOR INDÚSTRIAS ENERGÉTICAS	Vendas anuais de Óleo Diesel por município	ANP (2022)	M	Ferramenta GHG Protocol (Versão 2024.0.2)	A
I. SETOR ENERGIA ESTACIONÁRIA	I.5 SUBSETOR AGRICULTURA	Vendas anuais de GLP por município - GLP "outros"	ANP (2022)	M	Ferramenta GHG Protocol (Versão 2024.0.2)	A

Setor	Subsetor	Parâmetro	Dado de atividade		Fator de Emissão	
			Fonte	Qualidade	Fonte	Qualidade
	SILVICULTURA E PESCA					
I. SETOR ENERGIA ESTACIONÁRIA	I.5 SUBSETOR AGRICULTURA, SILVICULTURA E PESCA	Vendas anuais de Óleo Diesel por município	ANP (2022)	M	Ferramenta GHG Protocol (Versão 2024.0.2)	A
II. SETOR TRANSPORTE	II.1 SUBSETOR RODOVIÁRIO	Vendas anuais de Óleo Diesel por município	ANP (2022)	M	Ferramenta GHG Protocol (Versão 2024.0.2)	A
II. SETOR TRANSPORTE	II.1 SUBSETOR RODOVIÁRIO	Vendas anuais de Gasolina por município	ANP (2022)	A	Ferramenta GHG Protocol (Versão 2024.0.2)	A
II. SETOR TRANSPORTE	II.1 SUBSETOR RODOVIÁRIO	Vendas anuais de Etanol Hidratado por município	ANP (2022)	A	Ferramenta GHG Protocol (Versão 2024.0.2)	A
II. SETOR TRANSPORTE	II.3 SUBSETOR AQUAVIÁRIO	Vendas anuais de Óleo Diesel por município	ANP (2022)	M	Ferramenta GHG Protocol (Versão 2024.0.2)	A
II. SETOR TRANSPORTE	II.4 SUBSETOR AEROVIÁRIO	Vendas anuais de Gasolina de Aviação por município	ANP (2022)	A	Ferramenta GHG Protocol (Versão 2024.0.2)	A
II. SETOR TRANSPORTE	II.4 SUBSETOR AEROVIÁRIO	Vendas anuais de Querosene de aviação por município	ANP (2022)	A	Ferramenta GHG Protocol (Versão 2024.0.2)	A
III. SETOR RESÍDUOS	III.1 SUBSETOR RESÍDUOS SÓLIDOS	Produção de resíduos sólidos per capita (t/(hab*ano))	PMF (2024)	A	IPCC (2006)	B
III. SETOR RESÍDUOS	III.1 SUBSETOR RESÍDUOS SÓLIDOS	Parâmetros para cálculo do biogás gerado por ano, incluindo a Composição dos Resíduos Sólidos Urbanos	IPCC (2006)	B	IPCC (2006)	B

Setor	Subsetor	Parâmetro	Dado de atividade		Fator de Emissão	
			Fonte	Qualidade	Fonte	Qualidade
III. SETOR RESÍDUOS	III.1 SUBSETOR RESÍDUOS SÓLIDOS	Média de CH4 no biogás em 2022; percentual de biogás coletado e queimado; eficiência do queimador	Sgobbi (2024)	B	Calculado EGIS – Fábrica Biológica (2024)	A
III. SETOR RESÍDUOS	III.2 SUBSETOR TRATAMENTO BIOLÓGICO	Massa compostada	SMMADS (2022)	A	IPCC (2006)	B
III. SETOR RESÍDUOS	III.2 SUBSETOR TRATAMENTO BIOLÓGICO	Tipo de Esgotamento Sanitário por Domicílio Particular Permanente: % de uso de cada tipo	PMF (2024)	A	IPCC (2006)	B
III. SETOR RESÍDUOS	III.3 SUBSETOR INCINERAÇÃO E QUEIMA	Taxa de RSS coletada em relação à quantidade total coletada	SNIS (2022)	A	IPCC (2006)	B
III. SETOR RESÍDUOS	III.3 SUBSETOR INCINERAÇÃO E QUEIMA	Parâmetros para cálculo da emissão anual de GEEs, incluindo a Composição dos RSS	IPCC (2006)	B	IPCC (2006)	B
III. SETOR RESÍDUOS	III.4 SUBSETOR ÁGUAS RESIDUAIS	População Total	IBGE (2022)	A	Calculado a partir de IPCC (2006) e 4CN (2020)	M
III. SETOR RESÍDUOS	III.4 SUBSETOR ÁGUAS RESIDUAIS	Tipo de tratamento empregado	Prefeitura (2022) e CASAN (2023)	A	Calculado a partir de IPCC (2006) e 4CN (2020)	M
IV. SETOR PROCESSOS INDUSTRIAIS E USO DE PRODUTOS	IV. 2 SUBSETOR USO DE PRODUTOS	Lubrificante consumido BR (m <sup>3</sup> )	BEN (2021) <sup>28</sup>	B	IPCC (2006)	B

<sup>28</sup> Balanço Energético Nacional 2022

Setor	Subsetor	Parâmetro	Dado de atividade		Fator de Emissão	
			Fonte	Qualidade	Fonte	Qualidade
IV. SETOR PROCESSOS INDUSTRIAIS E USO DE PRODUTOS	IV. 2 SUBSETOR USO DE PRODUTOS	Graxas comercializados no Estado	-	-	-	-
IV. SETOR PROCESSOS INDUSTRIAIS E USO DE PRODUTOS	IV. 2 SUBSETOR USO DE PRODUTOS	HFCs - CO <sub>2</sub> e (GWP SAR) (Gg CO <sub>2</sub> e)	SIRENE (2016)	M	Dado de atividade fornecido em CO <sub>2</sub> equivalente	-
IV. SETOR PROCESSOS INDUSTRIAIS E USO DE PRODUTOS	IV. 2 SUBSETOR USO DE PRODUTOS	SF <sub>6</sub> - CO <sub>2</sub> e (GWP SAR) (Gg CO <sub>2</sub> e)	SIRENE (2016)	M	Dado de atividade fornecido em CO <sub>2</sub> equivalente	-
V. SETOR AFOLU (AGRICULTURA, SILVICULTURA E OUTROS USOS DA TERRA)	V.1 SUBSETOR PECUÁRIA	Quantidade de cada tipo de animal	IBGE (2022)	B	IPCC (2006)	B
V. SETOR AFOLU (AGRICULTURA, SILVICULTURA E OUTROS USOS DA TERRA)	V.2 SUBSETOR USOS DA TERRA	MUDANÇA NO USO DO SOLO (MUS) e SOLOS QUE NÃO MUDAM DE USO	Mapbiomas (2023)	A	Cobertura do solo 2022 - (Mapbiomas, 2023)	A
V. SETOR AFOLU (AGRICULTURA, SILVICULTURA E OUTROS USOS DA TERRA)	V.3 SUBSETOR FONTES AGREGADAS E FONTES DE EMISSÃO NÃO-CO <sub>2</sub> EM TERRA	Área cultivada - Arroz em casca; Área cultivada - Outros cultivos	IBGE (2022)	B	IPCC (2006)	B
V. SETOR AFOLU (AGRICULTURA, SILVICULTURA E OUTROS USOS DA TERRA)	V.3 SUBSETOR FONTES AGREGADAS E FONTES DE EMISSÃO NÃO-CO <sub>2</sub> EM TERRA	Consumo de fertilizantes por área no estado de SC	IBGE (2014)	B	IPCC (2006)	B

Setor	Subsetor	Parâmetro	Dado de atividade		Fator de Emissão	
			Fonte	Qualidade	Fonte	Qualidade
V. SETOR AFOLU (AGRICULTURA, SILVICULTURA E OUTROS USOS DA TERRA)	V.3 SUBSETOR FONTES AGREGADAS E FONTES DE EMISSÃO NÃO-CO2 EM TERRA	% de cada tipo de fertilizante consumido no estado de SC	Nutrição de Plantas Ciência e Tecnologia (NPCT)	B	IPCC (2006)	B
VI. OUTRAS EMISSÕES DE ESCOPO 3	VI. OUTRAS EMISSÕES DE ESCOPO 3	Cimento consumido no Estado	SNIC (2022)	B	Ministério da Ciência e Tecnologia. Quarto Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa	B
VI. OUTRAS EMISSÕES DE ESCOPO 3	VI. OUTRAS EMISSÕES DE ESCOPO 3	Consumo per capita de aço bruto no Brasil em 2021 (kg/hab)	Instituto Aço Brasil (2022)	B	IPCC (2006)	B

FORNTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024).

Os fatores de emissão também podem ser classificados quanto ao nível de abordagem, conforme o IPCC (2006), o Tier. O Quadro 14 apresenta a classificação em Tiers dos fatores de emissão utilizados.

**QUADRO 14.** TIER DOS FATORES DE EMISSÃO EMPREGADOS NO INVENTÁRIO DE GEE DE FLORIANÓPOLIS DE 2022

Setor	Fonte de emissão	Nível de abordagem IPCC (2006)
I. SETOR ENERGIA ESTACIONÁRIA	Eletricidade	Tier 2
I. SETOR ENERGIA ESTACIONÁRIA	Combustão Estacionária	Tier 2
I. SETOR ENERGIA ESTACIONÁRIA	Perda por transmissão e distribuição	Tier 2
II. SETOR TRANSPORTE	Combustão móvel	Tier 2
III. SETOR RESÍDUOS	Decomposição de resíduos sólidos urbanos aterrados	Tier 1
III. SETOR RESÍDUOS	Decomposição de resíduos sólidos orgânicos compostados	Tier 1
III. SETOR RESÍDUOS	Incineração de resíduos hospitalares	Tier 1
III. SETOR RESÍDUOS	Tratamento e descarga de águas residuais domésticas	Tier 2



Setor	Fonte de emissão	Nível de abordagem IPCC (2006)
IV. SETOR IPPU	Uso de lubrificantes e graxas	Tier 1
V. SETOR AFOLU	Fermentação entérica e dejetos dos animais	Tier 1
V. SETOR AFOLU	Mudança de uso da terra	Tier 2
V. SETOR AFOLU	Uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos	Tier 1

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024).

A seguir, estão detalhados as informações e os cálculos utilizados em cada setor de emissão, bem como as explicações das alterações em DA ou FE feitas em relação ao inventário anterior. As fontes de emissão descritas são seguidas pelo seu respectivo código de identificação do GPC.

### Setor de Energia Estacionária

O Setor de Energia Estacionária engloba a queima de combustíveis para geração de energia em motores estacionários (Escopo 1), o consumo de energia elétrica (Escopo 2) e as perdas por transmissão e distribuição (T&D) fora dos limites do município (Escopo 3).

Os dados de atividades de consumo de combustíveis dentro dos limites geográficos, para cálculo das emissões diretas decorrentes do uso de combustíveis em motores estacionários (I.1.1; I.2.1; I.3.1; I.4.1; I.5.1) e móveis (II.1.1; II.3.1; II.4.1) e indiretas de transporte aéreo (II.4.3) foram obtidos da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP<sup>29</sup>.

As emissões diretas para geração de energia estacionária são decorrentes da queima de diesel comercial (composto por diesel de origem fóssil e biodiesel), óleo combustível e gás liquefeito de petróleo (GLP).

A alocação do diesel consumido no município entre os setores de energia estacionária e de transportes foi feita pelo *downsacalling* da informação divulgada pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2023), que conduz o estudo do Balanço Energético Nacional (BEN). Segundo a EPE<sup>30</sup>, do diesel comercial consumido para fins energéticos no Brasil em 2022, 82,9% foram destinados ao transporte; 13,4% à agricultura e criação de animais; 2,5% à indústria; 1,1% ao

<sup>29</sup> A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP disponibiliza, em sua central de conteúdos, planilhas com os dados anuais de vendas de derivados de petróleo e biocombustíveis por município, bem como os respectivos metadados. Tais dados estão disponíveis para Gás Liquefeito de Petróleo - GLP, Óleo Combustível, Gasolina C (Gasolina Comercial), Etanol Hidratado, Diesel, Querosene de Aviação e Gasolina de Aviação. <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/vendas-de-derivados-de-petroleo-e-biocombustiveis>>

<sup>30</sup> BEN, 2023, pg. 55, Tabela 2.19 - Óleo Diesel Total.

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 73 de 90

setor energético<sup>31</sup> e 0,1% ao setor de comércio. Dado que as emissões dos transportes estão contabilizadas em um setor próprio, considerou-se que todo o restante, equivalente a 17,1% do diesel comercial, foi empregado para geração de energia estacionária.

Os óleos combustíveis são utilizados nas indústrias para aquecimento de fornos e geração de vapor em caldeiras e em motores que movimentam turbinas geradoras em usinas termelétricas (UTES). Portanto, 100% das emissões decorrentes da combustão de óleo combustível foram alocadas no escopo 1 do subsetor Indústrias Manufatureiras e Construção (fonte I.3.1).

Os dados da ANP sobre venda de GLP estão segregados em 2 categorias:

- Até P13: embalagens de peso até 13kg (a granel, P2, P5, P7, P8, P9, P10, P13), os quais são utilizados em comércios ambulantes na área alimentícia, em lampiões de acampamentos ou residências de baixo consumo.
- Outros: P16, P20, P45, P90, P125 e P190, empregados em ambientes industriais, restaurantes e hotéis.

Para simplificar, 100% do GLP da primeira categoria foi alocado no escopo 1 do subsetor Instalações Residenciais (fonte I.1.1)

O GLP da segunda categoria foi alocado conforme a distribuição percentual da contribuição para o PIB municipal, assim 91,2% do GLP da categoria "outros" foi alocado no subsetor Edifícios e Instalações Comerciais e Institucionais (fonte I.2.1), 8,4% no subsetor Indústrias de Manufatura e Construção (fonte I.3.1) e 0,4% no subsetor Agricultura, Silvicultura e Pesca (fonte I.5.1).

A fonte de emissão I.4.1 (subsetor de Indústrias Energéticas) recebeu chave de notação IE, já que todo combustível vendido ao município já fora alocado em alguma outra fonte de emissão.

Apesar da forma de alocação dos dados ter sido diferente do inventário anterior, o valor total das emissões decorrentes do consumo de GLP é da mesma ordem de grandeza e estão coerentes com a quantidade total de gás consumido no ano inventariado.

Os fatores de emissão associados ao consumo de GLP e de óleo combustível empregados no inventário anterior eram valores padrão do IPCC. Neste inventário, os FEs de combustíveis foram atualizados<sup>31</sup> para um valor fornecido pelo Ministério de Minas e Energia, no Balanço Energético Nacional 2022 (ano base 2021).

---

<sup>31</sup> *Engloba a "autoprodução clássica": agrega as mais diversas instalações industriais que produzem energia para consumo próprio.*

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 74 de 90

No Escopo 2 do Setor I foi alocado 100% da energia elétrica consumida no município. Os dados de energia elétrica são dados primários de consumo do município para o ano de 2022, disponíveis no site da companhia CELESC (Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A.).

Os dados de consumo de eletricidade estão disponíveis agregados em oito grupos (Comercial, Iluminação Pública, Industrial, Poder Público, Próprio, Residencial, Rural, Serviço Público), os quais foram alocados nos diferentes subsetores da seguinte forma:

- 1.1.2 Subsetor Instalações Residenciais: “Residencial” e “Rural”.
- 1.2.2 Subsetor Edifícios e Instalações Comerciais e Institucionais: “Comercial”, “Iluminação Pública”, “Poder Público” e “Serviço Público”.
- 1.3.2 Subsetor Indústrias Manufatureiras e Construção: “Industrial”.
- 1.4.2 Subsetor Indústrias Energéticas: “Próprio”.

Como mencionado no primeiro parágrafo deste item, as emissões de Escopo 3 do Setor I abrangem a energia perdida entre o ponto de suprimento e o ponto de entrega. Assim, o valor das perdas por T&D (1.1.3; 1.2.3; 1.3.3; 1.4.3) foram calculadas aplicando-se o percentual de perdas na transmissão e distribuição de energia (5,77%), consultados no Relatório Anual da Administração e Demonstrações Financeiras de 2021 da CELESC, sobre o valor total de energia fornecida no ponto de suprimento. A energia fornecida no ponto de suprimento ( $E_s$ ) para cada subsetor de emissão é obtida pela seguinte equação:

$$E_s = \frac{E_c}{1 - 5,77\%}$$

Onde  $E_c$  é a energia consumida em cada Subsetor de emissão.

As fontes de emissão indireta por consumo de energia elétrica e por perdas na transmissão e distribuição de eletricidade do subsetor de Agricultura, Silvicultura e Pesca (1.5.2 e 1.5.3) receberam chave de notação IE, pois foram contabilizadas nos demais subsetores do Setor de Energia Estacionária (1.1 a 1.4).

Não se conhecem outras fontes de emissão por Energia Estacionária que poderiam ser alocadas no subsetor de Fontes não específicas (1.6), portanto, todas as fontes de emissão desse subsetor (1.6.1; 1.6.2; 1.6.3) receberam chave de notação NO.

Os dados e fatores de emissão empregados nos Escopos 1 e 2 podem ser considerados qualidade média, já que os dados foram alocados utilizando premissas robustas e os fatores de emissão são nacionais. Já os dados e o FE utilizados no Escopo 3 são de qualidade média, pois os dados são estimativas realizadas a partir das informações fornecidas pela CELESC (energia consumida e fator de perda por T&D) e o FE é nacional da eletricidade do SIN.

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 75 de 90

Todas as emissões de Escopo 2 de outros setores diferentes do Setor de Energia Estacionária receberam a chave de notação IE, pois já estão contabilizadas neste setor.

### Setor de Transporte

A categorização por escopo proposta no GPC para os Setor de Transporte é:

- Escopo 1: emissões de GEE provenientes do transporte de pessoas e cargas dentro dos limites da cidade.
- Escopo 2: emissões de GEE provenientes da geração de eletricidade fornecida pela rede e utilizada para veículos movidos a eletricidade. A quantidade de eletricidade utilizada deve ser avaliada no ponto de consumo dentro dos limites da cidade.
- Escopo 3: emissões transfronteiriças de GEE provenientes de viagens que se originam ou terminam dentro dos limites da cidade e emissões de perdas de transmissão e distribuição da energia fornecida pela rede proveniente do uso de veículos elétricos. As emissões locais de automóveis de turistas<sup>32</sup> abastecidos fora do município também foram enquadradas no escopo 3.

O diesel é um combustível que pode ser utilizado tanto motores estacionários (conforme trabalhado no setor de Energia Estacionária, descrito anteriormente), quanto em transportes de cargas e pessoas. A distribuição do óleo diesel utilizado para transporte nos subsetores rodoviário (II.1) e aquaviário (II.3) foi feita a partir de um *downscaling* do dado estadual da ANP de vendas óleo diesel por tipo por unidade federativa. Assim, considerou-se que 2,4% do diesel é marítimo, enquanto o restante é dos tipos S-10 (65,8%), S-500 (31,7%) e “outros” (0,0224%), todos alocados em transporte rodoviário.

Observa-se que, segundo o “Atlas de Infraestrutura Ferroviária 2019”<sup>33</sup> do Governo Federal, não existe transporte ferroviário no município de Florianópolis, portanto, todas as fontes de emissão desse subsetor (II.2.1; II.2.2; II.2.3) receberam chave de notação NO.

Outra modificação feita no inventário de 2022 foi a separação entre etanol anidro e etanol hidratado. O etanol que se adiciona à gasolina pura para produzir a Gasolina Comercial é o Etanol Anidro Combustível (EAC). Já o etanol disponível nos postos de gasolina é o Etanol Hidratado. Esses dois combustíveis possuem valores de massa específica diferentes, devido à diferença no teor de água em cada um deles. Do mesmo modo, também possuem diferentes fatores de emissão e, portanto, devem ser contabilizados separadamente.

<sup>32</sup> Ver recomendações para melhoria dos próximos inventários relacionadas ao Escopo 3 do Setor de Transportes.

<sup>33</sup> <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/ferrovias/atlas-ferroviario>

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 76 de 90

O teor de etanol anidro na gasolina comercial foi atualizado de 20% para 26% e o teor de biodiesel no diesel marítimo foi atualizado de 5% para 0%, pois, conforme declarado pela Petrobras, esse tipo de diesel é isento de biodiesel<sup>34</sup>.

O diesel rodoviário também teve sua composição atualizada, passando de 5% de biodiesel para 10%, conforme Resolução CNPE nº 25, de 22 de novembro de 2021<sup>35</sup>, que estabeleceu a fixação do teor de mistura obrigatória do biodiesel no óleo diesel fóssil em 10% (dez por cento), para o ano de 2022.

O modal aeroviário conta com dois principais tipos de combustíveis: o querosene de aviação, utilizado em aviões e helicópteros com motores a turbina, e a gasolina de aviação, usada em aviões de pequeno porte, com motor de ignição por centelha, como aeronaves empregadas na aviação particular, na agricultura, em treinamento de pilotos, na aviação comercial de menor porte e nos aviões experimentais e esportivos.

Nesse inventário foi mantido método de alocação desses 2 combustíveis igual ao utilizado no inventário de 2013:

- 100% das emissões decorrentes do uso de gasolina de aviação alocadas no Escopo 1 (consumo de combustíveis dentro dos limites geográficos).
- 100% das emissões decorrentes do uso de querosene de aviação foram alocadas no escopo 3, considerando que são utilizados em voos de viagens que transpassam os limites geográficos.

A emissão de Escopo 2 do setor de transporte se refere à energia elétrica utilizada para abastecer os veículos elétricos. Essa categoria de emissão recebeu chave de notação IE, já que toda a energia elétrica consumida no município já está contabilizada no Setor I. Aqui, optou-se por não fazer essa separação, pois, de acordo com os dados do Renavam (Registro Nacional de Veículos Automotores)<sup>36</sup>, a frota de veículos elétricos de fonte externa de Florianópolis representa 0,052% da frota total (387.974 veículos) declarada nesse mesmo documento.

<sup>34</sup> <https://petrobras.com.br/quem-somos/oleo-diesel-maritimo>

<sup>35</sup> A resolução foi revogada e substituída em 2023, porém estava vigente no ano inventariado (2022). <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/resolucoes-2021/ResCNPE252021revogada.pdf>

<sup>36</sup> [https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/arquivos-senatran/estatisticas/renavam/2022/dezembro/d\\_frota\\_por\\_uf\\_municipio\\_combustivel\\_dezembro\\_2022.xlsx](https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/arquivos-senatran/estatisticas/renavam/2022/dezembro/d_frota_por_uf_municipio_combustivel_dezembro_2022.xlsx)

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 77 de 90

Outro fato importante é que todas as emissões decorrentes do consumo de combustível de veículos terrestres foram alocadas no Subsetor Rodoviário (II.1), assim, o subsetor referente aos Veículos Off-road (Subsetor II.5) recebeu chave de notação IE.

Com relação ao Escopo 3 do Setor de Transporte, conforme mencionado, abrange as emissões da fração de eletricidade perdida no T&D da eletricidade utilizada no carregamento das baterias de veículos elétricos, as quais já estão contabilizadas no Setor I, e as emissões do uso de combustíveis pela frota flutuante. Tais emissões de combustão móvel foram calculadas empregando-se o mesmo método de cálculo utilizado no inventário de 2013, atualizando-se os parâmetros. Apenas um parâmetro não foi atualizado<sup>37</sup>, por falta de informação<sup>38</sup>. Por serem valores estimados, os dados de atividade de escopo 3 desse subsetor foram classificados como de baixa qualidade.

Os dados e fatores de emissão empregados no Setor de Transporte podem ser considerados qualidade média, já que os dados foram alocados utilizando premissas robustas e os fatores de emissão são nacionais.

#### *Emissões Biogênicas (CO<sub>2</sub>bio)*

As emissões de consumo de Biodiesel, Etanol Hidratado e Etanol Anidro foram calculadas da mesma forma que as emissões dos combustíveis fósseis e estão contabilizadas em emissões biogênicas.

#### Setor de Resíduos

No nível BASIC+, o setor de resíduos abrange todas as emissões de resíduos sólidos e efluentes gerados e tratados dentro dos limites do município e aqueles tratados fora do limite do município (Escopo 1), bem como os resíduos gerados dentro dos limites do município e tratados fora desses limites (Escopo 3).

De acordo com os resultados do inventário anterior e com os resultados de Emissões por Unidade Federativa do Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE) para o estado de Santa Catarina, sabe-se que o setor de resíduos não é uma categoria chave para a descarbonização do município de Florianópolis. Portanto, para o cálculo das emissões deste setor foram empregados o método Tier 1 do IPCC, ou seja, os parâmetros utilizados (composição dos resíduos, conteúdo de matéria seca, fração de carbono, fração de carbono

<sup>37</sup> Parâmetro mantido de 2013 para 2022: "Turistas que viajam de carro"

<sup>38</sup> Ver recomendações para melhoria dos próximos inventários relacionadas ao Escopo 3 do Setor de Transportes.

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 78 de 90

fóssil e fator de oxidação) são padrão do IPCC para o cálculo das emissões de resíduos sólidos urbanos dispostos em aterros (qualidade baixa).

De acordo com o “Residuômetro”<sup>39</sup> da SMMADS, em 2022, foram coletadas 240.089 toneladas de resíduos, dos quais 202.708 toneladas eram da categoria “Rejeito”, 12.974t eram materiais recicláveis e 8.240t eram resíduos orgânicos. Por outro lado, a Prefeitura Municipal de Florianópolis informou que no município foram destinados ao aterro sanitário 0,423 toneladas de resíduos por habitante em 2022, o que resulta em 227.240,25 toneladas de resíduos. Para o cálculo de emissões do Subsetor de Resíduos Aterrados, considerou-se essa massa de resíduos calculada pelo valor per capita fornecido pela prefeitura.

### III.1 Subsetor Resíduos Sólidos Aterrados

No presente inventário, 100% das emissões do Subsetor de Resíduos Sólidos Aterrados (dispostos em aterros ou lixões a céu aberto) foram alocadas no Escopo 3, pois são tratados fora dos limites do município.

Todos os parâmetros e fatores de emissão foram consultados no volume 5 do IPCC (2006), assim como foi feito no inventário anterior, com uma atualização no parâmetro “Constante de reação de decomposição”: atualizado com base nos dados climáticos de Florianópolis (temperatura média anual de 20.8 °C e pluviosidade de 1506 mm) (Climate-Data.org), a fim de adequar à classificação do IPCC ao clima Tropical úmido (temperatura média anual >20°C e pluviosidade média anual > 1000 mm) (Tabela 3.3).

Para este subsetor, não há disponibilidade dos dados primários de composição dos resíduos enviados para o aterro, sendo assim, foram utilizados os valores médios da composição gravimétrica do resíduo sólido urbano de Santa Catarina, para o período entre 1970 e 2016, disponível no Relatório de Referência do Setor de o Setor de Resíduos da 4CN (tabela 9, página 32). Esse dado foi classificado como de qualidade média.

As emissões do Subsetor de Resíduos Sólidos Aterrados foram calculadas considerando-se a queima do Gás de Aterro (biogás) produzido pela decomposição da fração de carbono orgânico degradável e que se decompõe em condições anaeróbicas no ano inventariado (DDOC<sub>m</sub>).

---

39

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiOWRlOTg2ODgtZGZjYy00NDAsLTlhYjUtNzdIMDM3ZGVhZWJhliwidCI6ImI4N2VhNDUyLWExODMtNDQ1Mi04MjY5LWWE5OWlyNmM1YTZyYj9&pageName=ReportSection>

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 79 de 90

Para o cálculo dessas emissões, foi considerado que o biogás é composto por 53,1% de metano (Sgobbi, 2024) e o queimador tem eficiência contínua de destruição do gás metano de 99,9999%.

A emissão de metano pelo aterro sanitário foi calculada pela soma da emissão residual de metano da queima (menos de 0,0001% da fração queimada) com a fração de metano não coletada - 53,8% do total gerado (Sgobbi, 2024).

A fração de metano do biogás que é destruída é convertida em gás carbônico, o qual é contabilizado em emissões biogênicas, por ser oriundo da combustão de um gás de origem renovável.

### *III.2 Subsetor tratamento biológico*

Os dados de resíduos orgânicos valorizados por compostagem foram classificados como de qualidade média e o fator de emissão empregado foi o FE padrão do IPCC (2006) para tratamento biológico de resíduos orgânicos. As emissões desse subsetor foram alocadas no Escopo 1.

### *III.3 Subsetor incineração e queima de resíduos*

Nesse subsetor foram incluídas as emissões de incineração de Resíduos do Serviço de Saúde (RSS). De acordo com dados da Série Histórica do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em 2022, existia a coleta diferenciada de RSS no município de Florianópolis, os quais eram enviados para os municípios de Biguaçu/SC e Blumenau/SC.

De acordo como o SNIS (2022), a taxa de RSS coletada em relação à quantidade total de resíduos coletada era de 5%, portanto, estima-se que 12.004,45 toneladas de RSS<sup>40</sup> tenham sido coletadas e enviadas à incineração no ano de 2022. Esse dado de atividade foi classificado como de qualidade alta.

Os fatores de emissão empregados foram os padrões do IPCC (2006) (Tier 1): o FE do CO<sub>2</sub> foi calculado utilizando os parâmetros disponíveis nos capítulos 2<sup>41</sup> e 5<sup>42</sup> do volume 5 do IPCC (2006); o FE do CH<sub>4</sub> sugerido por IPCC (2019) é zero, devido às altas incertezas a respeito das

<sup>40</sup> Tal valor está coerente com a massa de RSS calculada a partir da massa per capita para Santa Catarina informada na 4CN (21,6 kg/hab, o que resulta em 11.603,76 toneladas de resíduos para a população de Florianópolis de 2022).

<sup>41</sup> Tabela 2.6. Capítulo 2, Volume 5.

<sup>42</sup> Tabela 5.2. Capítulo 5, Volume 5.

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 80 de 90



emissões de CH<sub>4</sub>; e o FE do N<sub>2</sub>O foi consultado no IPCC (2006)<sup>43</sup> para incineradores contínuos de combustão em grelha<sup>44</sup>. Ambos são de baixa qualidade, por serem Tier 1.

### III.4 Subsetor Águas Residuais

Segundo a PMF, os tipos de destino das águas residuais por domicílio particular permanente utilizados pela população do município e seus respectivos graus de utilização são:

- Rede: 58,03%, sendo:
  - Lodo Ativado: 57,56%
  - Reator UASB: 42,44%
- Tanque séptico/ Outras (fossa séptica): 41,79%
- Esgoto na rede pluvial (lançado no corpo hídrico): 0,18%

Assim, o dado de atividade foi calculado em kg de DBO/ano para a população de Florianópolis, empregando o grau de utilização de cada tipo de esgotamento e a matéria orgânica total contida no esgoto domiciliar, cujo valor foi 54 g DBO/hab.dia, conforme o cap VII inciso III pf 2º da Resolução 672 de 28 de abril de 2014 da Agência Nacional das Águas<sup>45</sup>. Os dados empregados no cálculo do DA, bem como os resultados obtidos para cada tipo de tratamento estão apresentados no Quadro 15.

**QUADRO 15. DADOS DE ATIVIDADE PARA O SUBSETOR III.4**

Dados de atividade	Conceito	Dado	Unidades	Fonte
Águas residuais domésticas	DBO/habitante/dia	54	kg DBO/habitante/dia	ANA (2014)
Águas residuais domésticas	População Total	537.211	habitantes	IBGE (2022)
Matéria orgânica/hab	DBO/habitante/ano	19,71	kg DBO/(ano*hab)	Calculado
Matéria orgânica total	DBO/ano	10.588.429	kg DBO/ano	Calculado
	Eficiência de destruição do Metano do queimador pós UASB	50%		4CN (Brasil, 2020)
	Águas residuais domésticas: Corpo hídrico	19.059	kg DBO/ano	Calculado

<sup>43</sup> Tabela 5.4. Capítulo 5, Volume 5.

<sup>44</sup> Os incineradores com combustão em grelha são os mais empregados na incineração de RSS e resíduos domésticos (Souza, 2009).

<sup>45</sup> <https://www.ana.gov.br/arquivos/resolucoes/2014/672-2014.pdf>

Dados de atividade	Conceito	Dado	Unidades	Fonte
Águas residuais domésticas (Afluente)	Águas residuais domésticas: Fossa séptica	4.424.904	kg DBO/ano	Calculado
	Águas residuais domésticas: Lodo Ativado	3.537.002	kg DBO/ano	Calculado
	Águas residuais domésticas: Reator UASB	2.607.553	kg DBO/ano	Calculado
Carga orgânica removida via LODO	Lodos ativados convencional	0,340	kg DBO lodo/kg DBO afluente	4CN (Brasil, 2020)
	Reator anaeróbio UASB	0,073	kg DBO lodo/kg DBO afluente	4CN (Brasil, 2020)
	Águas residuais domésticas: Corpo hídrico	19.059	kg DBO/ano	Calculado
	Águas residuais domésticas: Fossa séptica	4.424.904	kg DBO/ano	Calculado
	Águas residuais domésticas: Lodo Ativado	2.334.421	kg DBO/ano	Calculado
	Águas residuais domésticas: Reator UASB	2.417.202	kg DBO/ano	Calculado
	Águas residuais domésticas: N no efluente	3.628.323	kg N / ano	Calculado

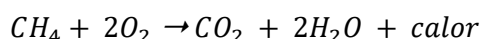
O fator de emissão do tratamento de águas residuais em kg CH<sub>4</sub>/kg DBO foi calculado conforme diretrizes do IPCC (2006):

$$FE_{\text{águas residuais}} = B_o \cdot MCF_j$$

Sendo  $B_o$  a quantidade máxima de metano gerado por unidade de DBO e MCF o fator de correção do metano para o tipo de tratamento  $j$ , consultado na tabela 6.3 do capítulo 6 do volume 5 do IPCC (2006).

### *Emissões Biogênicas*

Para calcular a quantidade de carbono biogênico emitido pela queima do gás de aterro, utilizou-se a estequiometria da reação química de destruição do metano por combustão, representada pela seguinte equação<sup>46</sup>:



Assim, a massa de gás carbônico biogênico gerado pela queima do gás de aterro, em toneladas, é dada por:

$$CO_2bio = M_{biogás} \cdot 0,531 \cdot 0,999999 \cdot \frac{44,01}{16,04}$$

Sendo M a massa de biogás gerada na decomposição em toneladas, 0,999999 a eficiência do queimador (Baker Hughes, 2021), 44,01 a massa molar do gás carbônico e 16,04 a massa molar do metano, ambas em g/mol.

Já o cálculo das emissões biogênicas decorrentes da queima do metano oriundo do tratamento das águas residuais em Reator UASB é coletado foi realizado considerando uma eficiência do queimador de 50% na destruição do metano, conforme indicado pela 4CN (Brasil, 2020).

Já as emissões biogênicas oriundas da incineração da fração não fóssil dos RSS foram calculadas conforme as orientações do IPCC (2006) Capítulo 5, Volume 5.

### Setor de Processos Industriais e uso de produtos (IPPU)

As emissões de IPPU do BASIC+ são aquelas provenientes de processos industriais (Subsetor IV.1) e de usos de produtos (Subsetor IV.2) que ocorrem na cidade (ambas de Escopo 1).

As emissões de GEE provenientes de processos industriais são decorrentes, por exemplo, da produção e uso de produtos minerais, produtos químicos e produção de metais. Já as emissões de GEE decorrentes do uso do produto podem ser decorrentes por exemplo de lubrificantes e ceras de parafina usadas em produtos não energéticos, de gases fluorocarbonados, usados na produção de eletrônicos, e de gases fluorados, usados como substitutos de substâncias que destroem a camada de ozônio.

Dentro do município não ocorre a produção de produtos minerais, químicos ou metais, assim, o Subsetor de Processos Industriais recebeu a chave de notação NO.

<sup>46</sup> <https://www.sepa.org.uk/media/28988/guidance-on-landfill-gas-flaring.pdf>

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 83 de 90

No Subsetor de Uso de Produtos, foram contabilizadas as emissões de uso de lubrificantes para fins não energéticos. Os dados de atividades foram obtidos por *downscaling* dos valores nacionais declarados no Balanço Energético Nacional de 2021, utilizando o PIB como fator de escala.

### Setor de Agropecuária, Floresta e outros usos da terra (AFOLU)

As emissões do Setor AFOLU são focados em territórios rurais e são alocadas em 3 subsetores: Criação animal (V.1); MUT-Mudança de uso da Terra (V.2) e Fontes agregadas e fontes de emissão não-CO<sub>2</sub> em terra (V.3).

#### *Criação animal*

As emissões da criação de animais são projetadas em função do tamanho populacional de cada espécie criada, ou seja, pelo “número de cabeças” de cada categoria de criação. Tais dados foram consultados no censo agropecuário do IBGE (IBGE, 2021)<sup>47</sup> e são classificados como dados de baixa qualidade (baixa precisão).

Os fatores de emissão empregados para o cálculo das emissões de metano da fermentação entérica e do manejo de dejetos, bem como das emissões de N<sub>2</sub>O dos dejetos dos animais também são de qualidade baixa (baixa especificidade), já que foram consultados diretamente em tabelas do IPCC (2006) ou calculados a partir de parâmetros Tier 1 do IPCC (2006).

Assim como recomendado pelo GPC, as emissões biogênicas de gases de efeito estufa resultantes do uso e alterações de uso da terra, calculadas no setor AFOLU, foram reportadas no Escopo 1 do Subsetor de Usos da Terra (V.2).

#### *Mudança de uso do solo*

O foco deste subsetor é nas áreas do município que, ao longo de determinado período, sofreram alteração de cobertura do solo, geralmente associada à mudança de usos, implicando emissões ou remoções de carbono. Ou seja, emissões e remoções de localidades estáveis quanto ao uso e cobertura do solo são, por definição, nulas neste subsetor, embora possam contabilizar emissões nos outros setores, caso abriguem criações de animais e/ou impliquem regularmente outras emissões de GEE.

No presente inventário, as mudanças de uso do solo são transições, as quais podem ser quantificadas com base em monitoramentos de cobertura do solo. Neste estudo, os dados de

<sup>47</sup> Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?edicao=34981&t=resultados>

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 84 de 90

atividade foram obtidos dos dados de cobertura do solo disponibilizados pela 7ª coleção do programa Mapbiomas ([www.mapbiomas.org](http://www.mapbiomas.org)). Visando reduzir o efeito das limitações dos mapeamentos, considerou-se para esse inventário, a variação da cobertura do solo na última década, para então calcular taxas médias anuais de transição.

A seguir está a lista de categorias de uso do solo mapeadas pelo programa Mapbiomas para a área de estudo, bem como a descrição disponível e categoria análoga no Mapa de vegetação do Brasil (IBGE 1999; 2012)<sup>48</sup>, FAO (2012)<sup>49</sup> e Inventário Nacional (MCTI, 2016)<sup>50</sup>:

- Pastagem: Áreas de pastagem, naturais ou plantadas, relacionadas com a atividade agropecuária; IBGE (1999; 2012): AP, PE, PS; FAO (2012): OP, OG; MCTI (2016): Ap.
- Mosaico de usos: Áreas de pastagem, naturais ou plantadas, relacionadas com a atividade agropecuária. MCTI (2016): Ac, Ap.
- Afloramento rochoso: Rochas naturalmente expostas na superfície terrestre sem cobertura do solo, muitas vezes com presença parcial de vegetação rupestre; IBGE (1999; 2012): Ar; FAO (2012): OX.
- Floresta: Mata Atlântica; IBGE (1999; 2012): D, A, M, F, C, Pma; FAO (2012): FEP, FSP; MCTI (2016): FMN, FM.
- Praia, duna e areal: Áreas arenosas onde não há predominância de vegetação de qualquer natureza; IBGE (1999; 2012): Dn.
- Mineração: Áreas relacionadas à extração mineral de grande porte, com clara exposição do solo devido a maquinário pesado. São consideradas apenas as áreas pertencentes à carta do DNPM (SIGMINE); IBGE (1999; 2012): MCA; FAO (2012): OQ; MCTI (2016): O.
- Mangue: Formações florestais densas e perenes, muitas vezes inundadas pela maré e associadas ao ecossistema costeiro do manguezal; IBGE (1999; 2012): Pf; FAO (2012): FEP, FEM; MCTI (2016): FMN, FM.
- Silvicultura: Espécies arbóreas plantadas para uso comercial (e.g. *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp.); IBGE (1999; 2012): R; FAO (2012): FPB, FPC, FPM; MCTI (2016).
- Rio, lago e oceano: Rios, lagos, barragens, reservatórios e outros corpos d'água; FAO (2012): IRP, IRS, IL, ID; MCTI (2016): A; Res.
- Área urbanizada: Áreas urbanas com predominância de superfícies não vegetadas, incluindo estradas, rodovias e construções.; MCTI (2016): S.

<sup>48</sup> Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. *Manual técnico de uso da terra*, IBGE: Rio de Janeiro, Brazil, 1999, 58p.; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. *Manual técnico da vegetação brasileira*, 2nd ed., IBGE: Rio de Janeiro, Brazil, 2012. pp.157-160;

<sup>49</sup> Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. *Manual for integrated field data collection*. FAO: Rome, Italy, 2012. 175p.;

<sup>50</sup> Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI. *Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*, Brasília, 2016, Volume 3, 333p.

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 85 de 90

- Apicum: "Apicuns" ou salinas são formações muitas vezes sem vegetação arbórea, associadas a uma área mais alta, hipersalina e menos alagada no manguezal, geralmente na transição entre esta área e o continente.
- Campo alagado e área pantanosa: Zonas húmidas (influência fluvial e lacustre) e pântanos (influência marinha).
- Outras áreas não vegetadas: Superfícies não permeáveis (infraestrutura, expansão urbana ou mineração) não mapeadas em suas classes.
- Outras lavouras temporárias: Áreas predominantemente ocupadas por culturas anuais.
- Restinga: Vegetação de restinga em diversos estágios sucessionais.

Os dados brutos do Mapbiomas foram extraídos a partir das divisas municipais de Florianópolis, resultando em quinze categorias de cobertura do solo: Afloramento rochoso, Apicum, Área urbanizada, Campo alagado e Área pantanosa, Floresta, Mangue, Mosaico de usos, Lavouras temporárias, Pastagem, Área não vegetada, Restinga arbórea, Corpos d'água e Silvicultura.

Em seguida, como algumas destas categorias apresentam a mesma expectativa de estoque de carbono, as quinze categorias foram reunidas em nove grupos, ou tipos, de uso e cobertura do solo: Campo alagado e pântanos, Floresta, Mangue, Mosaico de usos, Lavouras temporárias, Pastagem, Área não vegetada, Restinga arbórea e Silvicultura

As transições de um tipo de uso e cobertura do solo para outro, que ocorreram de 2012 a 2022, foram quantificadas em hectares, resultando em uma matriz de transição, sendo as colunas da matriz os tipos de uso e cobertura do solo existentes em 2012, e as linhas, os tipos existentes em 2022.

Assim, calculou-se o saldo da transição para o período de 10 anos. Por exemplo: nesses 10 anos, 2,94 hectares de floresta foram convertidos em pastagens, e 16,78 hectares de pastagens foram convertidos em Floresta, resultando em um saldo de -13,84 hectares na transição Floresta-Pastagem na década, ou -1,384 hectares de média anual. Observa-se que a acurácia foi restringida às unidades de hectare, e reportando o saldo de -1 para a taxa anual de transição Floresta-Pastagens, devido a questões de escala e limitações metodológicas do programa Mapbiomas.

Em seguida, a matriz de transição em hectares/ano foi multiplicada pela matriz de fatores de emissão típicos de cada transição. Tais fatores foram calculados com base no Inventário Nacional (MCTI, 2020). Retornando ao exemplo da transição Floresta-Pastagem tem-se o estoque médio de 180.65t.C/ha das Floresta Ombrófila Densa Submontana e 2,6t.C/ha de estoque médio de pastagens no Bioma Mata Atlântica, e assim tem-se a emissão de 178,05 t.C por hectare de florestas ombrófilas densas submontanas convertidas em pastagens. Neste

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 86 de 90

caso, obtém-se -178,05 t.C por ano, ou 652,73 tCO<sub>2</sub>/ano, referente à transição média de -1 ha para Floresta-Pasto. A partir daí, o balanço de carbono anual para mudança de cobertura do solo foi obtido somando-se este resultado ao das demais transições da matriz resultante.

Pode-se considerar que os dados do Mapbiomas são de qualidade de média (mensurações detalhadas) a alta (robustamente modelada) e que os fatores do MCTI 2020 são de qualidade média a baixa (modelada com incertezas relevantes). A Metodologia empregada é plenamente alinhada com protocolos convencionais. E, embora inventários em escala municipal apresentem condições para maior detalhamento do que inventários Estaduais e Nacionais, o chamado *downscaling* com ganho de detalhamento para regiões mais restritas ainda é incomum.

#### *Fontes agregadas e fontes de emissão não-CO<sub>2</sub> em terra*

Nesse subsetor são contabilizadas as emissões de CO<sub>2</sub> decorrentes de atividades relacionadas ao uso da terra como: aplicação de ureia, calagem e queima de biomassa, durante os ciclos de produção agrícola e no manejo da pastagem; emissões de metano em cultivos de arroz; e emissões diretas e indiretas de óxidos de nitrogênio decorrentes da aplicação de fertilizantes nitrogenados e do manejo de dejetos de animais.

O FE da aplicação de fertilizantes nitrogenados foi atualizado, pois o anterior havia sido coletado em um trabalho desenvolvido em Minas Gerais, mas se tratava de um FE calculado a partir das diretrizes do IPCC, sendo um valor pouco específico ao contexto local. Além disso, havia um erro técnico relacionado às unidades de medida do FE e do dado de atividade<sup>51</sup>, pois o Fator de Emissão utilizado estava em kg CO<sub>2</sub>/(ano\*kg N), enquanto o dado de atividade utilizado foi área cultivada, dada em hectare. Assim, como se pode perceber, o dado de atividade não está adequado para ser utilizado diretamente na fórmula de cálculo das emissões.

No presente inventário, a área total cultivada de Florianópolis foi obtida pela soma das áreas de Lavoura temporária e de Lavoura permanente de 2022, disponíveis no banco de dados do IBGE<sup>52</sup>. Multiplicou-se, então a área cultivada pela massa do elemento nitrogênio (N) aplicada

<sup>51</sup> as unidades de medida dos FEs e dos DAs devem possibilitar que o produto entre esses dois valores resulte em um valor em massa de gás emitida

<sup>52</sup> IBGE (2022): Tabela 1612 - Área plantada, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias; Tabela 1613 - Área destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras permanentes.

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 87 de 90

por unidade de área (kg de N/ha) no estado de Santa Catarina no ano de 2014<sup>53</sup> (84,1 kg/ha) e obteve-se, assim, a quantidade de nitrogênio aplicada às áreas de cultivo do município de Florianópolis.

Em seguida, esse valor foi distribuído (alocado) entre duas categorias de fertilizante: “nitrogênio na forma de ureia” e “outros fertilizantes nitrogenados sintéticos”. Para calcular o fator de alocação, seguiu-se três etapas, conforme mostrado no Quadro 16, nas quais utilizou-se dados nacionais: Etapa 1: consulta da quantidade de fertilizante nitrogenado sintético (FNS) consumidos no Brasil; Etapa 2: Coleta dos percentuais de N em cada fertilizante; Etapa 3: Cálculo da contribuição percentual de cada tipo de fertilizante para o total de Nitrogênio consumido no Brasil.

**QUADRO 16. DADOS PARA CÁLCULO DO FATOR DE ALOCAÇÃO DA UREIA E OUTROS FERTILIZANTES NITROGENADOS SINTÉTICOS**

Etapa 1		Etapa 2	Etapa 3	
Tipos	Consumo Aparente de FNS (t) <sup>54</sup>	Teor de N (%) <sup>55</sup>	Massa de N (t)	Contribuição para o total de N (%)
Ureia	5.596.217	46%	2.574.260	56%
Sulfato de Amônio	2.042.021	20%	408.404	9%
Nitrato de Amônio	1.786.779	34%	607.505	13%
Fosfato diamônio - DAP	433.411	18%	78.014	2%
Fosfato monoamônio - MAP	4.524.086	12%	542.890	12%
Complexos (1)	3.008.027	13%	391.044	8%
<b>TOTAL</b>	<b>17.390.541</b>		<b>4.602.117</b>	<b>100%</b>

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2024).

Assim, considerou-se que 56% do nitrogênio aplicado em Florianópolis estava na forma de ureia e o restante estava na forma de “outros FNS”.

Os dados e FEs da aplicação de ureia e de outros FNS são de baixa qualidade: os dados foram obtidos a partir de estimativas e os FEs são padrão do IPCC (2006).

<sup>53</sup> IBGE (2014): Tabela 770 - Quantidade de fertilizantes entregue ao consumidor final e Utilização de fertilizantes por unidade de área por tipo de nutriente (kg/ha).

<sup>54</sup> Nutrição de Plantas Ciência e Tecnologia (NPCT): <https://www.npct.com.br/npctweb/npct.nsf/article/BRS-3132>

<sup>55</sup> Disponível em: <https://www.phosagro.com/pt/production/fertilizer/azotno-fosforye-udobreniya/>; [https://www.cibra.com/produtos-agricolas/tipos-de-fertilizantes/elementos-simples/fertilizante-sulfato-de-amonio-sam/#:~:text=Em%20termos%20de%20nutrientes%20agr%C3%ADcolas%2C%20o%20sulfato%20de%20am%C3%B4nio%20cont%C3%A9m%3A&text=20%25%20de%20nitrog%C3%AAnio%20na%20forma%20amoniaca%3B&text=Entre%2022%20e%2024%25%20de%20enxofre%20sulfatado.](https://www.cibra.com/produtos-agricolas/tipos-de-fertilizantes/elementos-simples/fertilizante-sulfato-de-amonio-sam/#:~:text=Em%20termos%20de%20nutrientes%20agr%C3%ADcolas%2C%20o%20sulfato%20de%20am%C3%B4nio%20cont%C3%A9m%3A&text=20%25%20de%20nitrog%C3%AAnio%20na%20forma%20amoniaca%3B&text=Entre%2022%20e%2024%25%20de%20enxofre%20sulfatado.;); <https://tmffertilizantes.com.br/fertilizante-npk-potencializar-acao/>;



### Setor Outras Emissões de Escopo 3

As emissões de GEE associadas à fabricação de fertilizantes nitrogenados, não foram contabilizadas, já que a atividade agropecuária contribui com menos de 1% do PIB do município.

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 89 de 90

## PARTICIPANTES

### **Equipe Técnica – Egis Engenharia e Consultoria**

Henrique Fernando Suini Deporte

Gerente de Meio Ambiente

Juliana Carmo Antunes

Coordenadora Geral

Isabela Taici Lopes Gonçalves Horta

Coordenadora Adjunta

Oswaldo Stella

Coordenador Técnico

Lucas Carvalho Pereira

Consultor Especialista

Renato Toledo

Consultor de Meio Ambiente

Bárbara Xavier

Analista de Meio Ambiente

### **Equipe Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID**

*(revisão e aprovação)*

Diego Andres Arcia

Especialista Sênior

Igor Albuquerque

Consultor Especialista

Yara Fonseca Alves

Consultora Especialista

Flavia Speyer

Consultora Especialista

### **Equipe Prefeitura Municipal de Florianópolis - PMF**

*(revisão e aprovação)*

Cibele Assmann Lorenzi

Arquiteta e Urbanista – Coordenadora

*Secretaria Municipal de Planejamento e Inteligência*

*Urbana – SMPIU/ PMF*

Elisa de Oliveira Beck

Arquiteta e Urbanista

*Secretaria Municipal de Planejamento e Inteligência*

*Urbana – SMPIU/ PMF*

Luca Bonaspetti Caprara

Engenheiro Sanitarista e Ambiental

*Secretaria Municipal do Meio Ambiente e*

*Desenvolvimento Sustentável – SMMADS/ PMF*

Gioce Alne Girola Berns

Engenheira Sanitarista e Ambiental

*Secretaria Municipal do Meio Ambiente e*

*Desenvolvimento Sustentável – SMMADS/ PMF*

Juliana Hartmann Gomes

Arquiteta e Urbanista

*Secretaria Municipal de Habitação e Desenvolvimento*

*Urbano – SMH DU/PMF*

Ivan Luiz Ceola Schneider

Engenheiro Civil

*Secretaria Municipal de Transportes e Infraestrutura –*

*SMTI/PMF*

Pablo Ruan Ataide Monteiro

Engenheiro Civil

*Secretaria Municipal de Transportes e Infraestrutura –*

*SMTI/PMF*

Leandro Lino

Geólogo

*Secretaria Municipal de Segurança e Ordem Pública –*

*SEMSOP/PMF*

Egis – Engenharia e Consultoria	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	
Inventário e Cenário de Emissões Desenvolvimento Urbano e Estratégias de Baixo Carbono para a Descarbonização das Cidades Brasileiras - Florianópolis	04/10/2024	Pág. 90 de 90