



INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS
MESTRADO PROFISSIONAL EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

KLEDSON MARQUES CAVALCANTE

**EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO INSTITUTO FEDERAL DE
ALAGOAS: IMPACTOS DA PANDEMIA DO COVID-19 E RECOMENDAÇÕES
PARA GESTÃO INSTITUCIONAL**

Marechal Deodoro - AL

2025

KLEDSON MARQUES CAVALCANTE

**EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO INSTITUTO FEDERAL DE
ALAGOAS: IMPACTOS DA PANDEMIA DO COVID-19 E RECOMENDAÇÕES
PARA GESTÃO INSTITUCIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais (Modalidade Mestrado Profissional), como requisito para obtenção do título de Mestre em Tecnologias Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Stoécio Malta Ferreira
Maia

Marechal Deodoro - AL

2025



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal de Alagoas
Campus Marechal Deodoro
Biblioteca Dorival Apratto

363.73

C377e

Cavalcante, Kledson Marques.

Emissões de gases de efeito estufa do Instituto Federal de Alagoas : impactos da pandemia do covid-19 e recomendações para gestão institucional / Kledson Marques Cavalcante. – Dados eletrônicos (1 arquivo : 1,15 MB). - 2025.

Inclui bibliografia.

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: Internet.

Orientador: Prof. Dr. Stoécio Malta Ferreira Maia.

Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologias Ambientais) – Instituto Federal de Alagoas, *Campus* Marechal Deodoro, Marechal Deodoro, 2025.

1. Gases de efeito estufa. 2. Inventário. 3. Educação. 4. Covid-19. I. Título. II. Maia, Stoécio Malta Ferreira.

Maria Jôse Nascimento Leite Machado
Bibliotecária - CRB-4AL/2125

KLEDSON MARQUES CAVALCANTE

EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO INSTITUTO FEDERAL DE
ALAGOAS: IMPACTOS DA PANDEMIA DO COVID-19 E RECOMENDAÇÕES
PARA GESTÃO INSTITUCIONAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Programa de Pós-Graduação em Tecnologias
Ambientais (Modalidade Mestrado Profissional),
como requisito para obtenção do título de Mestre
em Tecnologias Ambientais.

Aprovado em 23 de janeiro de 2025

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Stoécio Malta Ferreira Maia (Orientador)

Instituto Federal de Alagoas – IFAL



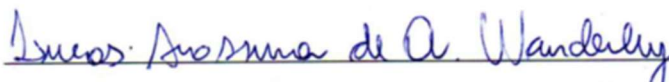
Profa. Dra. Karina Ribeiro Solomon

Universidade Federal de Alagoas – UFAL



Profa. Dra. Eunice Palmeira da Silva

Instituto Federal de Alagoas – IFAL



Prof. Dr. Lucas Suassuna de Albuquerque Wanderley

Instituto Federal de Alagoas – IFAL

AGRADECIMENTOS

Aos meu pais, por me ensinarem que somente através da educação é possível transformar a realidade.

Aos amigos e a minha família, que foram meus companheiros de jornada, aliviando a tensão com momentos de descontração e me incentivando a seguir em frente.

Ao Professor Stoécio, agradeço pela paciência, pela dedicação e pela orientação precisa que me guiou durante todo o processo de pesquisa.

Ao Instituto Federal de Alagoas, pelo apoio para a realização deste trabalho.

A todos os professores do PPGTEC, pelos ensinamentos diversos ao longo desta jornada.

Aos examinadores Profa. Dra. Karina Ribeiro Solomon, Profa. Dra. Eunice Palmeira da Silva e Prof. Dr. Lucas Suassuna de Albuquerque Wanderley, pelas considerações e contribuições para o crescimento deste trabalho.

CAVALCANTE, Kledson Marques. Emissões de gases de efeito estufa do instituto federal de alagoas: impactos da pandemia do covid-19 e recomendações para gestão institucional. 2024. 73 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Campus Marechal Deodoro, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas, 2024.

RESUMO

O presente estudo avaliou o impacto da pandemia de COVID-19 nas emissões de gases de efeito estufa (GEE) do Instituto Federal de Alagoas (IFAL), comparando os anos de 2019 e 2022. A pesquisa se justifica pela necessidade de instituições de ensino, como o IFAL, adotarem práticas de gestão sustentável para mitigar os efeitos da mudança climática, conforme previsto na Política Nacional sobre Mudança no Clima. O estudo se concentrou nas emissões de GEE relacionadas ao consumo de combustíveis, de gases refrigerantes e de energia elétrica, e à geração de resíduos. Os resultados indicaram uma redução geral de -7,8% nas emissões de GEE do IFAL, principalmente devido à diminuição das atividades presenciais e à manutenção das mudanças nos métodos de trabalho adotadas durante a pandemia do COVID-19. As emissões diretas de GEE (escopo 1), relacionadas ao consumo de combustíveis e gases refrigerantes, apresentaram variações no período avaliado (-9,1% e 20,4%, respectivamente). As emissões indiretas de GEE (escopo 2), associadas ao consumo de energia elétrica, apresentaram uma variação de -54,8%, influenciadas pela redução das atividades presenciais e pela melhoria no fator de emissão do Sistema Interligado Nacional. As outras emissões indiretas de GEE (escopo 3), como a geração de resíduos sólidos urbanos e de efluentes líquidos também apresentaram redução global (-2,1% e -3,4%, respectivamente). O estudo concluiu as modernizações dos processos de trabalho, impulsionadas pela Pandemia do COVID-19 e mantidas após o retorno presencial impactaram na redução das emissões de GEE pelo IFAL. A pesquisa recomenda o aprimoramento das práticas de gestão sustentável, principalmente pelo monitoramento do consumo de recursos e das emissões de GEE, realização de investimentos em eficiência energética, otimização do transporte e tecnologias digitais. A adoção dessas medidas contribuirá para a consolidação do compromisso do IFAL com a sustentabilidade ambiental e a responsabilidade social.

Palavras-chave: Gases de Efeito Estufa, Inventário, Educação, COVID-19.

CAVALCANTE, Kledson Marques. Emissões de gases de efeito estufa do instituto federal de alagoas: impactos da pandemia do covid-19 e recomendações para gestão institucional. 2024. 73 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Campus Marechal Deodoro, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas, 2024.

ABSTRACT

This study evaluated the impact of the COVID-19 pandemic on greenhouse gas (GHG) emissions from the Federal Institute of Alagoas (IFAL), comparing the years 2019 and 2022. The research is justified by the need for educational institutions, such as IFAL, to adopt sustainable management practices to mitigate the effects of climate change, as foreseen in the National Climate Change Policy. The study focused on GHG emissions related to fuel consumption, refrigerant gases, electricity consumption, and waste generation. The results indicated an overall reduction of -7.8% in IFAL's GHG emissions, mainly due to the decrease in face-to-face activities and the maintenance of changes in work methods adopted during the COVID-19 pandemic. Direct GHG emissions (scope 1), related to the consumption of fuels and refrigerant gases, showed variations in the evaluated period (-9.1% and 20.4%, respectively). Indirect GHG emissions (scope 2), associated with electricity consumption, showed a variation of -54.8%, influenced by the reduction in face-to-face activities and the improvement in the emission factor of the National Interconnected System. Other indirect GHG emissions (scope 3), such as the generation of urban solid waste and liquid effluents, also showed an overall reduction (-2.1% and -3.4%, respectively). The study concluded that modernizations of work processes, driven by the COVID-19 Pandemic and maintained after the return to in-person activities, impacted the reduction of GHG emissions by IFAL. The research recommends the improvement of sustainable management practices, mainly through monitoring resource consumption and GHG emissions, investing in energy efficiency, optimizing transportation, and digital technologies. The adoption of these measures will contribute to consolidating IFAL's commitment to environmental sustainability and social responsibility.

Keywords: Greenhouse gas, Inventory, Education, COVID-19.

LISTA DE FIGURAS/ILUSTRAÇÕES

FIGURA	PG.
Figura 1 - Localização geográfica dos locais de estudo do IFAL	32
Figura 2 - Contribuição individual das unidades inventariadas do IFAL para o consumo anual de gasolina	42
Figura 3 - Contribuição individual das unidades inventariadas do IFAL para o consumo anual de diesel	43
Figura 4 - Contribuição individual das unidades inventariadas do IFAL para o consumo anual de gases refrigerantes R-410A	45
Figura 5 - Contribuição individual das unidades inventariadas do IFAL para o consumo anual de energia elétrica	48
Figura 6 - Contribuição individual das unidades inventariadas do IFAL para geração anual de resíduos sólidos urbanos	50
Figura 7 - Contribuição individual das unidades inventariadas do IFAL para geração anual de efluentes líquidos	50
Figura 8 - Emissões totais de GEE pelas unidades inventariadas do IFAL nos anos de 2019 e 2022, em tCO ₂ e	52

LISTA DE QUADROS

QUADRO	PG.
Quadro 1 - Principais gases de efeito estufa, suas fontes de emissão e potenciais de aquecimento global	20
Quadro 2 - Escopos para contabilização e elaboração de inventário de GEE	24
Quadro 3 - Relação das unidades do IFAL, cursos técnicos e cursos de nível superior	31
Quadro 4 - Fontes de emissões de GEE inventariados, respectivos escopos e gases emitidos	33

LISTA DE TABELAS

TABELA	PG.
Tabela 1 - Quantitativo de relatórios anuais de estimativas publicados nos anos de 2019 a 2023, por setor de atividade econômica	25
Tabela 2 - Emissões de GEE publicadas pela Cogna Educação, por escopo e fonte emissora, considerando os inventários publicados nos anos de 2019 a 2023, em tCO ₂ e	27
Tabela 3 - Estimativa de geração per capita e caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos para o Estado de Alagoa.	36
Tabela 4 - Quantitativo de servidores, terceirizados e alunos das unidades inventariadas do IFAL, e total de usuários, nos anos de 2019 e 2022	36
Tabela 5 - Consumo de gasolina das unidades inventariadas do IFAL, a média anual em litros por usuários (L.u ⁻¹ .ano ⁻¹), e variação de consumo em litros durante os anos de 2019 e 2022	40
Tabela 6 - Consumo de Diesel das unidades inventariadas do IFAL, a média anual em litros por usuários (L.u ⁻¹ .ano ⁻¹), e variação de consumo em litros durante os anos de 2019 e 2022	41
Tabela 7 - Quantitativo de aparelhos de refrigeração em funcionamento e o consumo médio estimado de gás refrigerante R-410A, em kg.ano ⁻¹ , das unidades inventariadas do IFAL, e variação de consumo durante os anos de 2019 e 2022	45
Tabela 8 - Quantitativos de animais e consumo de fertilizantes sintéticos do campus Satuba, e variação durante os anos de 2019 e 2022	46
Tabela 9 - Consumo anual de energia elétrica pelas unidades inventariadas do IFAL em MWh, média em MWh por usuários (MWh.u ⁻¹), e variação de consumo durante os anos de 2019 e 2022	47
Tabela 10 - Estimativa de geração anual de RSU (t.ano ⁻¹) e efluentes líquidos (m ³ .ano ⁻¹) nas unidades inventariadas do IFAL, e variação durante os anos de 2019 e 2022	49

Tabela 11 - Emissões de GEE do escopo 1 pelas unidades inventariadas do IFAL em tCO ₂ e, e variação durante os anos de 2019 e 2022	53
Tabela 12 - Emissões diretas de GEE por combustão móvel (escopo 1) das unidades inventariadas do IFAL em tCO ₂ e, e variação durante os anos de 2019 e 2022	54
Tabela 13 - Emissões diretas de GEE por emissões fugitivas (escopo 1) das unidades inventariadas do IFAL em tCO ₂ e, e variação durante os anos de 2019 e 2022	56
Tabela 14 - Emissões diretas de GEE por emissões agrícolas (escopo 1) do campus Satuba em tCO ₂ e, e variação durante os anos de 2019 e 2022	57
Tabela 15 - Emissões de GEE pelo consumo de energia elétrica (escopo 2) nas unidades inventariadas do IFAL em tCO ₂ e, e variação durante os anos de 2019 e 2022	58
Tabela 16 - Emissões de GEE dos efluentes e resíduo sólido urbano (RSU) (escopo 3) das unidades inventariadas do IFAL em tCO ₂ e, e variação durante os anos de 2019 e 2022	60
Tabela 17 - KPIs calculados com base nas emissões estimadas de GEE das unidades inventariadas do IFAL nos anos de 2019 e 2022	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGGI	Índice Anual de Gases de Efeito Estufa
CMAC	Campus Maceió
CMD	Campus Marechal Deodoro
CPIR	Campus Piranhas
CRIL	Campus Rio Largo
CSAT	Campus Satuba
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
EIO	<i>Economic input-output</i> (Entrada-Saída Econômica)
ESG	<i>Environmental, Social and Governance</i> (Meio ambiente, social e governança)
GEE	Gases do Efeito Estufa
GHG	<i>Greenhouse gas</i>
IFAL	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas
IPCC	<i>Intergovernmental Painel on Climate Change</i> (Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas)
IPPU	Processos industriais e uso de produtos
KPI	<i>Key Performance Indicators</i> (Indicadores-Chave de Performance)
LCA	<i>Life cycle analisys</i> (Análise do Ciclo de Vida)
LULUCF	<i>Land Use, Land Use Change and Forestry</i> (Uso do solo, mudança de uso do solo e florestamento)
NDC	Contribuições Nacionalmente Determinadas
NOAA	Administração Nacional Oceânica e Atmosférica
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PBGHG	Programa Brasileiro do <i>GHG Protocol</i>
PNMC	Política Nacional sobre Mudança no Clima
PTT	Produto Técnico Tecnológico
R-410A	Gás refrigerante utilizado em sistemas de refrigeração

REIT	Reitoria do IFAL
RSU	Resíduos sólidos urbanos
SIN	Sistema Interligado Nacional
SIPAC	Sistema Integrado de Patrimônio, Administração e Contratos
SIRENE	Sistema de Registro Nacional de Emissões
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação

LISTA DE SÍMBOLOS

CH ₄	Metano
CO ₂	Dióxido de carbono ou gás carbônico
hab	Habitante
HFC	Hidrofluorcarbonos
kg	Quilograma
km	Quilômetro
L	Litro
m	Metro
m ³	Metro cúbico
MWh	Megawatt-hora
N ₂ O	Óxido Nitroso
°C	Grau Celsius
t	Tonelada
tCO ₂ e	Tonelada de dióxido de carbono equivalente ou gás carbônico equivalente
u	Usuário

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	16
2.	OBJETIVOS.....	19
2.1.	Objetivo Geral	19
2.2.	Objetivos Específicos	19
3.	REVISÃO DE LITERATURA	20
3.1.	Emissões de GEE, aquecimento global, mudanças do clima	20
3.2.	Inventários corporativos e ferramentas de cálculo	22
3.3.	Emissões de GEE: Impactos da pandemia do COVID-19	27
4.	MATERIAL E MÉTODOS.....	30
4.1.	Locais de estudo	30
4.2.	Inventário de GEE	32
4.2.1.	Escopo 1: Combustão móvel.....	33
4.2.2.	Escopo 1: Emissões fugitivas	33
4.2.3.	Escopo 1: Emissões agrícolas.....	34
4.2.4.	Escopo 2: Energia elétrica	34
4.2.5.	Escopo 3: Resíduos sólidos e efluentes líquidos	35
4.3.	Indicadores-Chave de Performance (KPI).....	37
4.4.	Painel de monitoramento de emissões de GEE	39
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.1.	Dados de atividades institucionais.....	40
5.1.1.	Combustão móvel.....	40
5.1.2.	Gases refrigerantes	44
5.1.3.	Fontes agrícolas	46
5.1.4.	Energia elétrica.....	47
5.1.5.	Geração de resíduos e efluentes líquidos.....	49

5.2.	Emissões de GEE por escopo inventariado	51
5.2.1.	Escopo 1: Emissões diretas de GEE	52
5.2.2.	Escopo 2: Emissões indiretas de GEE	58
5.2.3.	Escopo 3: Outras Emissões indiretas de GEE	59
5.3.	Indicadores-chave de Performance (<i>KPI</i>).....	60
5.4.	Impactos das mudanças nos métodos de trabalho em decorrência da pandemia do COVID-19	62
5.5.	Recomendações para a redução das emissões de GEE no âmbito do IFAL.....	63
6.	CONCLUSÕES	65
7.	REFERÊNCIAS	67
	APÊNDICE A: PAINEL DE MONITORAMENTO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS	72

1. INTRODUÇÃO

A influência humana no sistema climático é inquestionável, sendo a principal causa do aquecimento global observado desde meados do século XX (IPCC, 2021). As emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), impulsionadas principalmente pelos 20 países mais ricos que respondem por 78% das emissões globais de carbono (LIU *et al.*, 2022), têm provocado o aumento da temperatura média global da superfície. A temperatura média global da superfície foi 1,09 °C mais alta entre 2011 e 2020 do que de 1850 a 1900, com aumentos maiores sobre a terra (1,59 °C) do que sobre o oceano (0,88°C) (IPCC, 2021), o que tem implicações importantes para os ecossistemas terrestres e para a disponibilidade de água doce.

As consequências dessa interferência antrópica são alarmantes, incluindo a elevação do nível do mar, a acidificação dos oceanos e a perda de biodiversidade. Para evitar cenários climáticos catastróficos, o IPCC (2021) enfatiza a necessidade urgente de reduzir drasticamente as emissões de GEE, demandando ações globais e eficazes para mitigar os impactos da mudança climática.

No cenário internacional, o setor energético (eletricidade, aquecimento e transportes) é o maior responsável pela emissão de GEE, seguido dos setores da agricultura, florestas e uso do solo (*Land Use, Land Use Change and Forestry - LULUCF*), processos industriais e processamento de resíduos (OWD, 2023). No Brasil, as atividades econômicas que mais emitem GEE são a agropecuária e o uso da terra (SIRENE, 2022). Globalmente, o Brasil aparece como o quinto maior emissor global de CO₂, responsável pela emissão de 1.531,51 Mt.CO₂.e em 2021 (CWD, 2021).

Embora os monitoramentos nacionais de emissões de GEE se concentrem nos maiores emissores, as instituições de ensino também desempenham um papel significativo nesse processo. Os serviços educacionais, como universidades e institutos de pesquisa, frequentemente subestimam suas emissões de GEE, principalmente devido à natureza indireta dessas emissões (GENEIDY *et al.*, 2021). Estas emissões ocorrem principalmente, em decorrência do consumo de combustíveis fósseis e energia elétrica, do uso de sistemas de refrigeração, da geração de resíduos e efluentes e das atividades acadêmicas associadas às práticas agrícolas e mudança de uso do solo (FGV, 2023).

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas (IFAL) oferece 72 cursos de ensino médio, técnico, superior em 15 municípios alagoanos e, identificado como

emissor de GEE, deve, segundo as diretrizes definidas na Política Nacional sobre Mudança no Clima (PNMC) (BRASIL, 2009) adotar um modelo de gestão sustentável que tenha como objetivos prever, evitar ou minimizar os efeitos da mudança climática. No âmbito institucional, as diretrizes para o desenvolvimento sustentável estão definidas no Plano de Gestão de Logística Sustentável (PLS) (IFAL, 2019).

O fenômeno da pandemia do COVID-19, que exigiu medidas sanitárias de distanciamento social e *lockdown* sem precedentes, acelerou a adoção de ferramentas de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) para viabilizar a continuidade das relações de trabalho e a prestação de serviços essenciais (OECD, 2021). As medidas sanitárias, que resultaram na suspensão das atividades presenciais de ensino, associadas à incorporação das soluções de TIC às rotinas administrativas e acadêmicas, gerou impacto efetivo na redução do consumo de combustíveis e de energia elétrica e atenuou a geração de resíduos e efluentes pelo IFAL durante o hiato entre a suspensão (IFAL, 2020) e o retorno às atividades presenciais (IFAL, 2021). No entanto, as possíveis reduções nas emissões de GEE pelo IFAL ainda são desconhecidas. Tal análise pode ser realizada por meio do inventário corporativo de GEE, que permite identificar as fontes de emissão de gases, as oportunidades de redução e as ações de monitoramento e controle, viabilizando a elaboração de ações de governança associadas à gestão de GEE (FGV, 2008).

As informações de emissões de GEE por serviços de educação publicadas no Programa Brasileiro do *GHG Protocol* (PBGHG) (FGV, 2023) revelam que a pandemia de COVID-19 teve um impacto significativo, embora temporário, nas emissões de GEE no setor de serviços educacionais. A queda abrupta em 2020 demonstra o potencial de redução de emissões em cenários de menor atividade presencial. No entanto, o retorno ao crescimento das emissões nos anos seguintes reforça a necessidade de medidas e políticas mais eficazes para a sustentabilidade no setor, independentemente de crises sanitárias.

Por consequência, o inventário das emissões de GEE pelo IFAL nos anos de 2019 e 2022 permite verificar o impacto nas emissões de GEE decorrente da adoção das mudanças nos métodos de trabalho em função da Pandemia do COVID-19 (IFAL, 2021), através da identificação das fontes e a estimativa de emissão de GEE. O inventário viabiliza, ainda, a definição de Indicadores-Chave de Performance (*Key Performance Indicators - KPI*) associados às atividades administrativas e acadêmicas, visando a análise do perfil de consumo de recursos e emissão de GEE e a definição de metas de sustentabilidade.

As informações de emissões institucionais de GEE, incorporadas a um painel de monitoramento de emissões, permite o controle e monitoramento das emissões de GEE do IFAL e viabiliza a formulação de políticas de governança direcionadas para o desenvolvimento sustentável.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O presente trabalho teve por objetivo estimar as emissões de GEE decorrentes das atividades administrativas e acadêmicas do IFAL nos anos de 2019 e 2022, visando avaliar o impacto da pandemia de COVID-19 nas emissões de GEE, e ainda, desenvolver uma ferramenta para viabilizar o monitoramento das emissões de GEE no âmbito Institucional.

2.2. Objetivos Específicos

- Inventariar as emissões de GEE dos campi Maceió, Marechal Deodoro, Piranhas, Satuba, Rio Largo e Reitoria do IFAL para os anos de 2019 e 2022;
- Determinar os Indicadores-Chave de Performance (*KPI – Key Performance Indicators*) associados às atividades administrativas e acadêmicas;
- Elaborar um Painel de Monitoramento de GEE do IFAL para acompanhamento das emissões de GEE;

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Emissões de GEE, aquecimento global, mudanças do clima

As mudanças climáticas causadas pela atividade humana são um dos maiores desafios globais, com impactos previstos para as próximas décadas e reflexos negativos na disponibilidade de recursos, na economia e no bem-estar humano (ABNT ISO 14064:2022). Os gases de efeito estufa (GEE) atuam em nossa atmosfera absorvendo energia oriunda da radiação solar sob a forma de calor, sendo os gases CO₂, CH₄, N₂O e HFC os principais responsáveis pelo aumento da temperatura média global (IPCC, 2014). Cada GEE contribui de forma diferente para a absorção de radiação solar em energia térmica cujo comparativo, expresso em potencial de aquecimento global (GWP), ou emissões equivalentes de CO₂ (IPCC, 2014), seguem listados no quadro 1.

Quadro 1 - Principais gases de efeito estufa, suas fontes de emissão e potenciais de aquecimento global

Gases do efeito estufa	Fontes de emissão e potencial de aquecimento global (GWP)
Dióxido de Carbono (CO ₂)	Proveniente da queima de combustíveis fósseis, desmatamento e outras atividades humanas, o CO ₂ é o principal contribuinte para o aquecimento global. Sua permanência na atmosfera pode durar centenas de anos, intensificando os impactos a longo prazo.
Metano (CH ₄):	Liberado na atmosfera por meio da agricultura, pecuária, aterros sanitários e outras atividades, o metano possui um GWP 25 vezes maior que o CO ₂ em um período de 100 anos. Sua concentração na atmosfera vem crescendo a um ritmo alarmante, intensificando o efeito estufa.
Óxido Nitroso (N ₂ O)	Emitido por processos agrícolas, uso de combustíveis fósseis e queima de florestas, o óxido nitroso possui um GWP 298 vezes maior que o CO ₂ em um período de 100 anos. Sua concentração na atmosfera, apesar de ser menor que a de outros GEE, contribui significativamente para o aquecimento global.
Hidrofluorcarbonos (HFC)	Utilizados como refrigerantes em diversos setores, os HFCs possuem GWP variável, podendo ser milhares de vezes maior que o CO ₂ . Embora representem uma parcela menor das emissões de GEE, seu impacto no aquecimento global é substancial.

Fonte: IPCC, 2014 e FGV, 2018. Adaptado pelo autor, 2024.

O Índice Anual de Gases de Efeito Estufa (AGGI) da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA) mostra que de 1990 a 2020, o forçamento radiativo positivo por gases de efeito estufa aumentou 47%, com o CO₂ sendo responsável por cerca de 80% desse aumento (WMO, 2021). Em comparação com os níveis pré-industriais, verifica-se um aumento médio constante na concentração de GEE na atmosfera global, com elevação dos níveis de CO₂ em 41%, de CH₄ em 160% e de N₂O, em 20% (MAOCAI *et al.*, 2020).

Cada uma das últimas quatro décadas foi sucessivamente mais quente do que qualquer década que a precedeu desde 1850 (IPCC, 2021). Isso demonstra uma clara tendência de aquecimento a longo prazo causa impactos perceptíveis no clima, como o aumento do nível do mar, eventos climáticos extremos mais frequentes e intensos. As emissões de GEE aumentaram em média 1,5% ao ano na última década, e os 20 países mais ricos são responsáveis por 78% das emissões globais de carbono (LIU *et al.*, 2022). De acordo com o *IPCC Sixth Assessment Report* (IPCC, 2021), a influência humana é a principal causa do aquecimento global. O relatório também destaca que as emissões de GEE precisam ser reduzidas drasticamente para evitar uma piora nas mudanças climáticas decorrentes do aquecimento global.

O Acordo de Paris, firmado em 2015, (UNFCCC, 2016) representa um marco no combate às mudanças climáticas. Nele, as nações se comprometeram a limitar o aumento da temperatura global a 1,5°C, buscando reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE). Para alcançar essa meta, cada país definiu suas metas nacionais, as chamadas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs). O Brasil, signatário do Acordo, se compromete em sua NDC a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 48% até 2025 e em 53% até 2030, em relação às emissões de 2005.

Assim, o Brasil se compromete com metas graduais mais robustas de redução de emissões com vistas a alcançar a emissão líquida zero em 2050 (BRASIL, 2023). As ações para atingir essa meta incluem o combate ao desmatamento, o investimento em energias renováveis e a promoção da agricultura sustentável. No entanto, o país enfrenta desafios para cumprir suas NDCs. O desmatamento na Amazônia, por exemplo, vem aumentando nos últimos anos, impactando negativamente as metas de redução de emissões. A implementação de políticas públicas eficazes e o compromisso de todos os setores da sociedade são cruciais para que o Brasil alcance seus objetivos e contribua para o sucesso do Acordo de Paris.

A Agenda 2030, um plano de ação global adotado pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015, estabeleceu os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) como um guia para um futuro mais justo e sustentável. Dentre os 17 ODS, o 13º - Ações contra a mudança global do clima (ONU, 2024) se destaca ao enfatizar a importância de ações urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos. No contexto brasileiro, a implementação desse objetivo exige a integração de medidas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas em todas as esferas de governo e setores da sociedade. A educação ambiental, a pesquisa científica e a cooperação internacional são elementos cruciais para

fortalecer a resiliência do país frente aos desafios climáticos e promover um desenvolvimento sustentável a longo prazo.

3.2. Inventários corporativos e ferramentas de cálculo

As estimativas nacionais de emissões de gases de efeito estufa são essenciais para a compreensão da contribuição de cada país para as mudanças climáticas. Essas estimativas fornecem informações cruciais para o desenvolvimento de políticas públicas eficazes e permitem o acompanhamento do progresso em relação às metas de redução de emissões (IPCC, 2006). A coleta e a análise de dados precisos e confiáveis são fundamentais para garantir a acurácia das estimativas de emissões. Os documentos também enfatizam a necessidade de métodos transparentes e consistentes para garantir a comparabilidade entre os inventários de diferentes países.

O Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE) reúne as informações do inventário nacional de emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil. Ele coleta e organiza informações sobre as emissões de GEE de diversos setores da economia, incluindo energia, processos industriais, agricultura, mudança de uso da terra e florestas, e resíduos, e permite a avaliação do progresso do país no cumprimento de seus compromissos internacionais de redução de emissões. Com base nos dados do SIRENE (2023), estima-se que as emissões nacionais de GEE tenham apresentado aumento de 4,27% durante os anos de 2019 e 2020.

O setor de Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (*LULUCF*) apresentou o maior aumento nas emissões (14,32%), evidenciando a persistência de problemas como o desmatamento e as queimadas, que liberam grandes quantidades de carbono na atmosfera. O setor agropecuário também contribuiu significativamente para as emissões de GEE, com um aumento de 1,42% em 2020. As emissões nesse setor estão relacionadas principalmente à fermentação entérica do gado e ao uso de fertilizantes sintéticos. Os setores de processos industriais e uso de produtos (*IPPU*) e tratamento de resíduos também apresentaram variações nas emissões, de 0,47% e 3,30%, respectivamente. É importante ressaltar que essa estimativa pode variar de acordo com a métrica utilizada e a inclusão de novos setores e gases na contabilidade das emissões. Tais estimativas foram obtidas por aplicação das diretrizes técnicas empregadas nos relatórios de referência setoriais do Quarto Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (MCTI, 2020).

Considerando que as informações disponibilizadas pelo inventário nacional de emissões de GEE consideram os setores econômicos de forma ampla, as iniciativas das instituições e empresas para a elaboração de inventários de emissões de específicos sobre suas atividades tornam-se essenciais para que estas organizações contribuam diretamente para o combate às mudanças climáticas (FGV, 2008). A elaboração e implementação de inventários de emissões de GEE representam ainda um compromisso com a transparência e a responsabilidade socioambiental, impactando diretamente a governança corporativa e o impacto social da empresa (WRI, 2004).

Sob a ótica da governança, os inventários corporativos demonstram aos *stakeholders* a diligência da organização em relação aos riscos e oportunidades climáticas (ABNT PR 2030:2022). Essa postura proativa fortalece a confiança na gestão da empresa e consolida sua reputação como um agente responsável e comprometido com a sustentabilidade. Além disso, os inventários geram impacto social positivo ao promover a conscientização sobre a importância da redução das emissões de GEE. A organização, ao assumir um papel de liderança na agenda climática, influencia seus *stakeholders*, estimulando a adoção de práticas mais sustentáveis em toda a cadeia de valor (FGV, 2008).

O inventário corporativo de gases de efeito estufa visa quantificar e relatar emissões e remoções de GEE por organizações, definindo princípios como pertinência, integralidade, consistência, exatidão e transparência na quantificação. A metodologia abrange a definição de limites de controle organizacionais, a identificação de fontes de GEE e os processos que removem GEE da atmosfera, e a quantificação com base em dados de atividade e fatores de emissão. O inventário lista as emissões e remoções quantificadas, com ano-base para comparação (ABNT ISO 14064:2022).

A partir dos inventários, a organização pode definir metas de redução de emissões e implementar medidas para alcançar tais objetivos. Essa ação impacta diretamente a sociedade ao contribuir para a mitigação das mudanças climáticas e seus efeitos adversos, como eventos climáticos extremos, perda de biodiversidade e crises hídricas (WRI, 2004). A partir dos inventários, as empresas podem traçar planos de mitigação, estabelecendo metas de redução, remoção e compensação de emissões. A gestão eficiente das emissões de GEE impacta positivamente os pilares de Meio Ambiente, Social e Governança (ESG), otimizando a gestão de riscos, garantindo a conformidade regulatória e gerando valor para as partes interessadas.

O programa *GHG Protocol* Brasileiro (FGV, 2008), *framework* que adapta o método *GHG Protocol* (WRI, 2004) ao contexto brasileiro, define os escopos adotados para

contabilização e elaboração de inventário de GEE dos diversos setores produtivos nacionais (quadro 2) e desenvolve as ferramentas de cálculo para estimativas de emissões de gases do efeito estufa (GEE). Essa categorização permite uma análise abrangente do impacto ambiental das organizações, facilitando a implementação de estratégias de mitigação.

Os gases de efeito estufa (GEE) são classificados em três escopos principais, cada um representando diferentes níveis de controle e origem. O Escopo 1 abrange as emissões diretas, provenientes de fontes controladas pela organização, como veículos da frota ou sistemas de refrigeração. O Escopo 2 engloba as emissões indiretas associadas à energia adquirida, como eletricidade e aquecimento, que ocorrem fisicamente no local de geração. Já o Escopo 3, de caráter opcional para fins de publicação de emissões corporativas, considera outras emissões indiretas decorrentes das atividades da empresa, mas fora de seu controle direto, como o transporte de produtos ou o descarte de resíduos.

Quadro 2 - Escopos para contabilização e elaboração de inventário de GEE

Escopo	Categorias
Escopo 1: Emissões diretas de GEE	Combustão estacionária para geração de eletricidade, vapor, calor ou energia; Combustão móvel para transportes em geral (frota operacional da empresa) e veículos fora de estrada; Emissões de processos físicos e químicos; Emissões fugitivas, como gases refrigerantes e transporte de gás natural; Emissões agrícolas, como fermentação entérica, manejo de esterco e preparo do solo.
Escopo 2: Emissões indiretas de GEE de energia	Aquisição de energia elétrica e térmica que é consumida pela empresa.
Escopo 3: Outras emissões indiretas de GEE	Categoria de relato opcional, para emissões indiretas em consequência das atividades da empresa, mas que ocorrem em fontes que não pertencem ou não são controladas pela empresa.

Fonte: FGV, 2008. Adaptado pelo autor, 2024.

Os registros de emissões históricas do Programa Brasileiro *GHG Protocol* (PBGHG) (FGV, 2023), reúne as informações relativas as emissões das organizações participantes do PBGHG, a partir da publicação de relatórios anuais de estimativas de emissões de GEE. Os inventários por setor de atividade econômica, representadas na tabela 1, indicam o quantitativo de publicações nos anos de 2019 a 2023.

Tabela 1 - Quantitativo de relatórios anuais de estimativas publicados nos anos de 2019 a 2023, por setor de atividade econômica

Setor de atividade econômica	Quantidade de inventários publicados				
	2019	2020	2021	2022	2023
Administração pública, defesa e seguridade social	2	2	4	5	3
Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura	7	8	18	22	29
Alojamento e alimentação	1	2	3	3	5
Artes, cultura, esporte e recreação	3	3	2	1	4
Atividades administrativas e serviços complementares	1	1	2	4	5
Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados	18	23	30	32	37
Atividades imobiliárias	1	-	3	4	5
Atividades profissionais, científicas e técnicas	8	10	17	29	28
Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas	10	14	19	23	27
Construção	2	6	11	16	24
Educação	2	3	4	7	9
Eletricidade e gás	18	36	31	40	45
Indústrias de transformação	51	59	88	122	148
Indústrias extrativas	6	10	17	23	25
Informação e comunicação	7	9	11	15	18
Outras atividades de serviços	9	10	14	26	37
Saúde humana e serviços sociais	4	8	9	12	13
Transporte, armazenagem e correio	12	21	31	43	53
Água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação	3	5	11	13	17
TOTAL	165	230	325	440	532

Fonte: FGV, 2023. Adaptado pelo autor, 2024.

Observa-se uma tendência geral de aumento nas publicações, com um indicativo de que mais organizações estão investindo em realizar seus inventários corporativos de GEE. Destaque para o crescimento das publicações de inventários do setor Educação, com aumento de 2 publicações em 2019 para 9 publicações em 2023, demonstrando a crescente preocupação do setor com a sustentabilidade das suas atividades.

A elaboração de inventários corporativos requer a aplicação de metodologias direcionadas para o delineamento das fontes de emissão e a correta quantificação das emissões. Considerando outros estudos relativos a emissões corporativas de GEE por instituições de ensino, verifica-se que a metodologia de inventário varia conforme o país ou a base de dados analisada.

A análise realizada na Bournemouth *University* do Reino Unido (FILIMONAU *et al.*, 2020) adotou os mesmos escopos definidos no *GHG Protocol* (WRI, 2004) para quantificar as emissões corporativas de GEE, utilizando dados como o consumo de energia e água para calcular as emissões de GEE.

O modelo híbrido EIO-LCA (*Economic Input-Output Life Cycle Assessment*) (WEBER *et al.*, 2009), adotado para calcular a pegada de carbono (GENEIDY *et al.*, 2021) é uma abordagem que combina a análise do ciclo de vida (LCA) com tabelas de entrada e saída econômicas (EIO) para quantificar as emissões de GEE associadas a produtos, serviços ou setores econômicos.

Para investigar as emissões de gases de efeito estufa (GEE) da Universidade de Cornell (SUN *et al.*, 2022) utilizou o modelo EIO-LCA para analisar o impacto da COVID-19 nas emissões da universidade. As emissões de escopo 1 e 2 (WRI, 2004), que abrangem as emissões diretas e indiretas da eletricidade, foram estimadas com base no guia do IPCC (2006). As emissões de escopo 3, que incluem deslocamentos, viagens aéreas, tratamento de resíduos e aquisição de produtos, foram calculadas usando o modelo EIO-LCA.

Outro estudo que avaliou a pegada de carbono da Universidade de Punjab (HASEEB *et al.*, 2022), utilizou o modelo *EASEWASTE* (BHANDER, 2010) para calcular as emissões de CO₂e pelo transporte e degradação dos resíduos sólidos.

Estabelecendo um paralelo entre os métodos abordados para quantificação de emissões de GEE, o *GHG Protocol* (WRI, 2004) é empregado para a quantificação e o reporte de emissões e remoções corporativas de GEE, enquanto o IPCC (2006) fornece diretrizes técnicas para estimar emissões de GEE de várias fontes em âmbito nacional. O EIO-LCA (WEBER *et al.*, 2009) parte de uma modelagem econômica para avaliar o impacto ambiental de bens e serviços considerando o ciclo de vida, enquanto o *EASEWASTE* (BHANDER, 2010) atua especificamente no desempenho ambiental de vários processos relacionados ao gerenciamento de resíduos.

Embora complementares, a associação destes métodos permite uma análise mais abrangente, com foco na identificação das fontes, nos seus impactos ambientais e na quantificação de emissões para elaboração do inventário de GEE.

3.3. Emissões de GEE: Impactos da pandemia do COVID-19

As informações publicadas no quadro de Emissões históricas do Programa Brasileiro *GHG Protocol* (FGV, 2023) para o setor de serviços de educação, representadas na tabela 2, indicam as estimativas totais relativas à combustões móvel e estacionária, emissões fugitivas, atividades agrícolas, aquisição de energia elétrica e resíduos gerados nas operações da Cogna Educação para os anos de 2019 a 2023.

Tabela 2 - Emissões de GEE publicadas pela Cogna Educação, por escopo e fonte emissora, considerando os inventários publicados nos anos de 2019 a 2023, em tCO_{2e}

Escopo inventariado	Emissões de GEE (tCO _{2e})				
	2019	2020	2021	2022	2023
Escopo 1: Combustão móvel	1.288,13	707,66	1.344,96	1.511,60	1.471,00
Escopo 1: Combustão estacionária	204,99	38,41	176,04	247,25	50,52
Escopo 1: Emissões fugitivas	2.825,89	1.254,56	1.993,02	21,44	2.867,84
Escopo 2: Aquisição de energia elétrica	260,21	231,83	463,18	295,7	379,78
Escopo 3: Resíduos gerados nas operações	3.156,62	2.232,47	4.658,78	1.799,69	1.751,14
TOTAL	8.025,18	4.508,24	8.679,29	4.165,02	6.697,10

Fonte: FGV, 2023. Adaptado pelo autor, 2024.

Ao avaliar as emissões totais de GEE dos anos de 2019 e 2022, identifica-se uma variação de emissões da ordem de 3.860,16 tCO_{2e}, principalmente nas emissões publicadas para o **Escopo 1: Emissões fugitivas** e o **Escopo 3: Resíduos gerados nas operações**, entretanto, a ausência de dados complementares impede uma análise objetiva das justificativas para a variação publicada naqueles anos.

O inventário de GEE realizado na Bournemouth *University* (FILIMONAU *et al.*, 2020), para o período de *lockdown* (abril-junho de 2020), incluiu as emissões relacionadas ao teletrabalho e estudo remoto, considerando o uso de equipamentos eletrônicos, consumo de energia em casa e atividades relacionadas, como preparo de alimentos e uso de iluminação.

A análise do inventário da Bournemouth *University* revelou que a pegada de carbono total diminuiu em quase 30% durante o lockdown, passando de 2.140 tCO₂e em 2019 para 1.521 tCO₂e em 2020. No entanto, o estudo destaca que a intensidade de carbono do ensino online é substancial, quase igualando a das viagens de funcionários e alunos antes do *lockdown*. O consumo de eletricidade e gás natural também contribuiu significativamente, com 19% e 6% das emissões totais, respectivamente. Estes resultados indicam que a pandemia provocou uma mudança no perfil das emissões de GEE, com a redução das emissões relacionadas a transportes e o aumento daquelas relacionadas ao consumo doméstico de energia.

O estudo realizado por Geneidy *et al.* (2021) revelou que a maioria dos impactos climáticos decorrentes de emissões indiretas de GEE são relacionadas a viagens a serviço (79%). As emissões de viagens de funcionários e alunos são componentes importantes da pegada de carbono de universidades e das atividades de pesquisa científica. Os autores simularam diferentes cenários de redução de viagens a trabalho e adoção de *home office*, que resultaram em impactos significativos na redução de emissões de GEE para o escopo 3, mas concluíram, entretanto, que mesmo com a redução nas viagens de negócios, as emissões relacionadas a viagens provavelmente continuarão sendo um fator importante na pegada de carbono de organizações do conhecimento.

Um resultado similar foi obtido por Liu *et al.* (2022), que correlacionou a redução das emissões totais de GEE à queda acentuada no número de voos internacionais de estudantes. As restrições de viagens e as medidas de quarentena impostas durante a pandemia levaram a uma diminuição de 17,86% no número de deslocamentos de estudantes internacionais para os Estados Unidos em 2020.

A pandemia do COVID-19 teve um impacto significativo nas emissões de gases de efeito estufa na Universidade de Cornell (SUN *et al.*, 2022). A redução de nas emissões totais anuais de GEE de 2019 para 2020 foi de -10,99%. As emissões do escopo 1, que incluem emissões diretas de fontes dentro dos limites do campus, diminuíram em 8,9% em 2020 em comparação com 2019. Essa redução pode ser atribuída à política de bloqueio que começou em março de 2020, quando a Universidade de Cornell implementou uma política rigorosa de escritório/aprendizagem remota. No entanto, as emissões de GEE do escopo 2, que são emissões indiretas da geração de eletricidade comprada, aumentaram em 39,52% em 2020 em comparação com 2019. Isso ocorreu porque a quantidade de geração de energia da planta de energia térmica do campus diminuiu em 8,0% em 2020 em relação a 2019. Como resultado, a Universidade de Cornell comprou mais eletricidade da rede em 2020, levando a

um aumento nas emissões de GEE do escopo 2. As emissões do Escopo 3, que respondem por todas as outras emissões indiretas fora dos limites do campus, diminuíram em 16,06% em 2020 em comparação com 2019. Essas emissões vêm de atividades impactadas pelo bloqueio do COVID, como deslocamento, viagens aéreas, produtos de aquisição e tratamento de resíduos.

Resultados similares foram encontrados no estudo realizado em uma universidade da Tailândia (PRASARA *et al.*, 2024), que devido a mudança para o ensino online e a redução nas viagens diárias de estudantes e funcionários, teve sua pegada de carbono per capita reduzida de 0,37 tCO₂e em 2019 para 0,29 tCO₂e em 2021, uma redução de aproximadamente 22%. As emissões de GEE do escopo 3, que incluem o transporte de estudantes e funcionários, diminuíram de 97 tCO₂e em 2019 para 17 tCO₂e em 2021, uma redução de 82% e o consumo de eletricidade, principal fonte de emissões em anos normais, diminuiu mais de 25% durante o ensino online.

Com efeitos similares, o trabalho realizado na Universidade do Punjab (HASEEB *et al.*, 2022) identificou uma queda drástica na pegada de carbono durante o lockdown da pandemia do COVID-19, com uma redução de -57% durante o período de distanciamento social. O transporte foi o setor que mais reduziu as emissões (-99%), enquanto a eletricidade, apesar da queda, continuou sendo o principal contribuinte (98%). A redução no transporte esteve associada a proibição do deslocamento de estudantes e à suspensão dos serviços de transporte da universidade. A queda menor do que a esperada no consumo de eletricidade se deve à sua importância para manter as operações do campus, incluindo as atividades de ensino online e pesquisa em andamento. O estudo realizado em Punjab destaca a necessidade da adoção medidas para reduzir a pegada de carbono, como o uso de energias renováveis e a promoção de transportes mais sustentáveis.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O inventário de emissões de GEE foi elaborado a partir da caracterização das fontes de emissão e do levantamento de dados históricos e estimativos das emissões, estabelecendo a correlação entre as fontes de emissão e as atividades administrativas e acadêmicas. A pesquisa envolveu a coleta de dados numéricos sobre as fontes de emissões de GEE, considerando as atividades desenvolvidas pelo IFAL e o uso de informações obtidas em normas de referência, para estimar emissões onde os dados históricos não estão disponíveis diretamente, buscando descrever as fontes de emissão (caracterização) e quantificar as emissões de GEE, incluindo elementos exploratórios com o objetivo de compreender a correlação entre as emissões e as atividades administrativas e acadêmicas.

As estimativas de emissões de gases do efeito estufa foram obtidas partir das diretrizes definidas no Programa Brasileiro *GHG Protocol* (FGV, 2008), nas Normas Corporativas de Transparência e Contabilização (WRI, 2004) e na Metodologia do *GHG Protocol* Agricultura (WRI, 2015). As emissões foram calculadas por meio da Ferramenta de Estimativa de Gases de Efeito Estufa para Fontes Intersetoriais (Ferramenta GHG Protocol, v2023.0.3.xls), e pela Ferramenta de Cálculo *GHG Protocol* Agrícola (GHG Protocol - Agricultura - Brasil v3.10.xls).

4.1. Locais de estudo

O IFAL oferece uma variedade de cursos, desde a formação básica até a pós-graduação, incluindo cursos técnicos integrados ao ensino médio, cursos técnicos subsequentes, cursos superiores de tecnologia, bacharelados, licenciaturas e pós-graduações lato sensu e stricto sensu. A instituição possui 17 unidades, sendo a Reitoria a sede administrativa da instituição e 16 campi em 15 municípios de Alagoas, proporcionando ensino, pesquisa e extensão em diversas regiões do estado. A relação das unidades do IFAL e o quantitativo de cursos de nível técnico e superior dos campi se encontram no quadro 3. Considerando os anos de 2017 a 2023, o IFAL apresenta um crescimento no quantitativo de alunos matriculados de 8,92%, com 21.567 alunos matriculados em 2017 e 23.491 em 2023 (PNP, 2023).

Quadro 3 - Relação das unidades do IFAL, cursos técnicos e cursos de nível superior

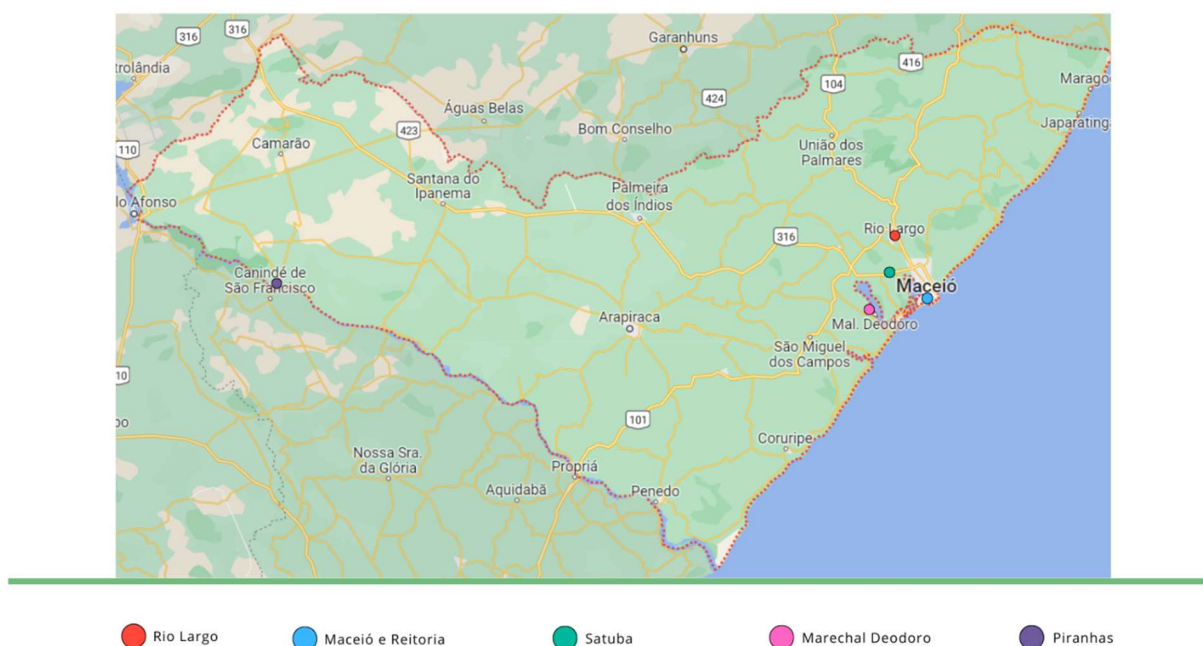
Município	Unidade	Cursos de Nível Técnico	Cursos de Nível Superior
Arapiraca	Campus Arapiraca	04	05
Batalha	Campus Batalha	02	-
Coruripe	Campus Coruripe	03	-
Maceió	Campus Benedito Bentes	03	03
Maceió	Campus Maceió	12	12
Maceió	Reitoria	-	-
Maragogi	Campus Maragogi	03	02
Marechal Deodoro	Campus Marechal Deodoro	06	04
Murici	Campus Murici	03	03
Palmeira dos Índios	Campus Palmeira dos Índios	05	02
Penedo	Campus Penedo	03	04
Piranhas	Campus Piranhas	04	03
Rio Largo	Campus Rio Largo	02	-
Santana do Ipanema	Campus Santana do Ipanema	03	01
São Miguel dos Campos	Campus São Miguel dos Campos	03	-
Satuba	Campus Satuba	05	01
Viçosa	Campus Viçosa	03	-

Fonte: IFAL, 2024. Adaptado pelo autor, 2023.

O critério principal para seleção das unidades foi a disponibilidade de dados institucionais necessários para elaboração do inventário. A principal fonte de dados selecionada foi o Sistema Integrado de Patrimônio, Administração e Contratos (SIPAC). Os dados não obtidos a partir daquela ferramenta foram o quantitativo de servidores ativos, as informações agrícolas e agropecuárias associadas às atividades acadêmicas, o consumo de água, o consumo de fertilizantes e a geração de efluentes líquidos e resíduos sólidos. Após solicitação direta às unidades, apenas 06 forneceram os dados necessários para realização do inventário, optando-se por inventariar apenas estas unidades.

Desta forma, as unidades selecionadas para o estudo foram os campi Maceió, Marechal Deodoro, Piranhas, Satuba e Rio Largo, e ainda a Reitoria do IFAL. As informações relativas ao efetivo de alunos e servidores das unidades selecionadas seguem apontados na tabela 5 e a localização geográfica, na figura 1.

Figura 1 - Localização geográfica dos locais de estudo do IFAL



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

4.2. Inventário de GEE

As estimativas das emissões de GEE tem como base os anos de 2019 e 2022, a partir dos dados históricos da instituição relativos ao consumo de recursos, como combustíveis e energia elétrica. Ao avaliar o consumo de gases refrigerantes, geração de resíduos e efluentes líquidos, adotam-se dados estimativos calcular os quantitativos consumidos e gerados. As fontes de emissões de GEE caracterizadas para realização do inventário de GEE e os respectivos escopos (FGV, 2008) são apresentados no quadro 4, considerando que apenas o campus Satuba é emissor de GEE por fontes agrícolas e agropecuárias.

A metodologia do GHG Protocol Brasileiro (FGV, 2008) estrutura as emissões de gases de efeito estufa (GEE) em três escopos, diferenciando a responsabilidade e o controle das organizações. O Escopo 1 abrange as emissões diretas, provenientes de fontes sob controle da empresa, como o consumo de combustíveis e de gases refrigerantes. Já o Escopo 2 engloba as emissões indiretas associadas ao consumo de energia elétrica, cujas emissões associadas são decorrentes do processo de geração de energia. Por fim, o Escopo 3 refere-se a outras emissões indiretas ao longo da cadeia de valor, como o descarte de resíduos sólidos e efluentes líquidos.

Quadro 4 - Fontes de emissões de GEE inventariados, respectivos escopos e gases emitidos

Escopo	Categoria	Fonte de Emissão	GEE Emitidos
1	Combustão Móvel	Veículos automotores	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄
1	Emissões Fugitivas	Vazamento de gases refrigerantes e uso de extintores	HFC, CO ₂
1	Emissões Agrícolas	Fermentação entérica e consumo de fertilizantes sintéticos no campus Satuba	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄
2	Consumo de Energia Elétrica	Atividades administrativas e acadêmicas	CO ₂
3	Emissões Indiretas	Descarte de resíduos sólidos e efluentes líquidos	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2023.

4.2.1. Escopo 1: Combustão móvel

Caracterizam-se como combustão móvel as emissões geradas pelo consumo de combustíveis em veículos oficiais durante a realização das atividades administrativas e acadêmicas. Os dados foram fornecidos pela Coordenação de Infraestrutura, Manutenção e Transportes da Reitoria (tabelas 6 e 7), que reúne, mensalmente, o consumo de combustíveis de todos os campi do IFAL, com detalhamento da unidade, do veículo e do tipo de combustível utilizado, do consumo em litros e da quilometragem mensal. A estimativa de emissões de GEE, obtida pela ferramenta *GHG Protocol* (FGV, 2008), obedece a seguinte relação:

$$ED_{cm} = \sum(CC \times fem \times ct^m)$$

Onde:

ED_{cm} – Emissão Direta por Combustão Móvel (tCO₂e);

CC – Consumo de combustíveis, em litros;

fem – Fator de emissão para combustão móvel;

ct^m – Constante de aquecimento global para combustão móvel.

4.2.2. Escopo 1: Emissões fugitivas

As emissões fugitivas contabilizadas foram aquelas decorrentes de liberações não intencionais decorrentes de vazamento de hidrofluorcarbonos (HFC) durante a instalação, manutenção e descarte de aparelhos de refrigeração e ar-condicionado. Ao avaliar os

contratos de serviços de mão de obra e evidências de execução dos serviços, constatou-se que a Instituição não detém registros detalhados do consumo destes gases, tampouco há nos contratos a obrigação de reciclagem destes gases, evitando sua liberação acidental na atmosfera. Desta forma, par fins de quantificação do consumo destes gases, levantou-se o quantitativo de unidades de aparelhos de ar-condicionado, refrigeradores e extintores considerando aqueles adquiridos nos anos de 2019 e 2022 e a previsão de demanda para contratação de serviços de manutenção corretiva e preventiva (IFAL, 2023). Quantitativo de gases de cada aparelho (tabela 8) foi obtida a partir de pesquisa junto aos diversos fabricantes de equipamentos idênticos ou similares, a fim de obter a estimativa de carga de gases necessária para a operação dos diversos equipamentos presentes nas unidades do IFAL. As emissões de gases foram estimadas considerando o método de triagem de fontes.

$$EDh = \sum C_{ge} \times gwp^i$$

Onde:

EDh – Emissão Direta por Emissões Fugitivas (tCO₂e);

$\sum C_{ge}$ – Somatório das cargas das unidades;

gwp^i – Potencial de aquecimento global, específico para cada tipo de gás.

4.2.3. Escopo 1: Emissões agrícolas

As estimativas de emissões agrícolas foram aquelas associadas às atividades agropecuárias do Campus Satuba, única unidade dentre aquelas selecionadas para o estudo em tela que detém áreas destinadas à criação de animais e plantio agrícola direcionadas para realização de aulas práticas e ações de pesquisa e extensão. As estimativas de emissões de GEE para fermentação entérica consideraram as características das espécies presentes no campus Satuba (idade, sexo, população e destinação da criação) (WRI, 2015). As emissões de GEE relativas ao uso de fertilizantes sintéticos foram estimadas a partir do levantamento da quantidade de calcário e ureia aplicadas ao solo para o plantio de cultivares e manutenção de pasto (tabela 9).

4.2.4. Escopo 2: Energia elétrica

Contabilizaram-se neste escopo as emissões indiretas de GEE oriundas do consumo de energia elétrica pelo IFAL. Estas emissões ocorreram nas etapas de geração e transmissão

da energia e são contabilizadas considerando o consumo mensal de energia elétrica e o Fator médio de emissão mensal (MCTI, 2022).

$$E_{lee} = C_{ee} \times F_m$$

Onde:

E_{lee} – Emissão Indireta por Compra de Energia Elétrica (tCO₂e);

C_{ee} – Consumo de Energia Elétrica (MWh/mês);

F_m – Fator Médio de Emissão Mensal (MCTI, 2022).

As estimativas para emissões indiretas de GEE por compra de energia elétrica foram obtidas por meio da opção de cálculo pelo total de eletricidade comprada do Sistema Interligado Nacional (SIN).

4.2.5. Escopo 3: Resíduos sólidos e efluentes líquidos

As emissões do Escopo 3 foram aquelas decorrentes das atividades do IFAL, que ocorrem em fontes que não pertencem ou não são controladas pela Instituição, mas que estão incorporadas aos processos internos. Para este escopo, foram contabilizadas as emissões decorrentes do descarte de resíduos sólidos e efluentes líquidos.

Para o cálculo das estimativas de emissões de GEE decorrente do descarte de resíduos sólidos, verificamos que a Instituição não possui convênio com parceiros para coleta de resíduos recicláveis ou registro do volume mensal ou da composição dos resíduos sólidos gerados. Sabe-se, entretanto, que os resíduos são descartados por meio do serviço de coleta municipal de resíduos sólidos. Desta forma, os resíduos sólidos gerados pelo IFAL são caracterizados como Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), e para determinar sua composição e geração média, adotamos os dados obtidos em estudos prévios realizados no município de Maceió (SILVA, 2020) e nos demais municípios do Estado de Alagoas (PIGIRS, 2016) para determinação da composição e da geração per capita de RSU, compilados na tabela 3.

Similar à geração de resíduos sólidos, o IFAL não possui registros referentes ao consumo mensal de água potável para estimativa da emissão de efluentes líquidos a partir das suas atividades. Desta forma, a estimativa de geração de efluentes líquidos foi estimada considerando a contribuição diária de despejos para escolas e locais de longa permanência (ABNT NBR 13969:1997), cujo volume médio gerado é da ordem de 50 Litros.u⁻¹.dia⁻¹, com contribuição de carga orgânica estimada em 20 g.DBO.u⁻¹.dia⁻¹.

Tabela 3 - Estimativa de geração per capita e caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos para o Estado de Alagoas

Município	Geração de resíduos sólidos (kg.hab ⁻¹ .dia ⁻¹)	Caracterização Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos					
		Matéria Orgânica (%)	Papel/Papelão (%)	Metal (%)	Plástico (%)	Vidro (%)	Outros (%)
Maceió ⁽¹⁾	0,98	66,08	10,10	2,15	9,51	0,86	11,30
Marechal ⁽²⁾ Deodoro	0,69	39,23	12,18	2,64	17,62	3,57	24,77
Piranhas ⁽²⁾	0,65	57,69	7,25	2,50	13,75	5,00	13,81
Rio Largo ⁽²⁾	0,69	62,57	3,62	4,34	10,85	11,75	6,87
Satuba ⁽²⁾	0,65	55,07	11,59	5,80	14,49	4,35	8,70

(1): SILVA, 2020. (2): PIGIRS, 2016.

Fonte: Adaptado pelo autor, 2023.

A estimativa das emissões de GEE para os RSU e efluentes líquidos foi obtida considerando o somatório populacional de cada unidade inventariada de servidores ativos e funcionários terceirizados, disponibilizadas pela administração dos campi e da Reitoria, e dos quantitativos de alunos matriculados nas unidades (PNP, 2023), compilados na tabela 4.

Tabela 4 - Quantitativo de servidores, terceirizados e alunos das unidades inventariadas do IFAL, e total de usuários, nos anos de 2019 e 2022

Unidade	2019			2022		
	Servidores ⁽¹⁾	Alunos ⁽²⁾	Total	Servidores ⁽¹⁾	Alunos ⁽²⁾	Total
Maceió	491	7852	8343	496	7885	8381
Reitoria	271	-	271	269	-	269
Marechal Deodoro	180	1558	1738	156	1165	1321
Piranhas	92	1021	1113	95	1200	1295
Rio Largo	32	385	417	29	289	318
Satuba	176	1538	1714	175	1371	1546

(1): Dados fornecidos pelas unidades inventariadas. (2): PNP, 2023.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Face a ausência dos dados relativos à geração de resíduos sólidos e efluentes líquidos, e que os campi não possuem atividades contínuas, com a realização de turnos alternados e variação no efetivo de alunos e servidores ao longo da execução dos serviços administrativos e acadêmicos, consideramos, para efeitos de cálculo do dimensionamento da geração de resíduos sólidos e efluentes líquidos, uma redução de 50% para geração per capita de RSU e efluentes líquidos, a ser aplicada nas estimativas de geração diária adotadas para cálculo das emissões de GEE.

4.3. Indicadores-Chave de Performance (KPI)

Os Indicadores-Chave de Performance (*KPI – Key Performance Indicators*) foram obtidos considerando as variáveis que impactam direta e indiretamente na emissão de GEE associados às atividades administrativas e acadêmicas. Os *KPIs* visam representar uma razão entre as emissões e/ou o consumo de fontes emissoras de GEE considerando, para cada ano inventariado, o efetivo de usuários, representada pela soma do número de alunos, servidores e terceirizados, e o efetivo específico de alunos matriculados. Os *KPIs* possuem a seguinte relação:

KPI 1: Emissões totais de GEE / Total de usuários ($\text{tCO}_2\text{e.u}^{-1}$)

Este *KPI* representa a quantidade total de gases de efeito estufa (GEE) emitidos pela instituição, dividida pelo número total de usuários (alunos matriculados, servidores e terceirizados). Ele fornece uma visão geral da pegada de carbono da instituição por usuário, permitindo avaliar a eficiência geral na gestão de emissões.

KPI 2: Emissões totais de GEE / Total de alunos matriculados ($\text{tCO}_2\text{e.aluno}^{-1}$)

Similar ao *KPI 1*, este indicador calcula a quantidade total de GEE emitidos pela instituição, mas divide o valor pelo número de alunos matriculados. Isso permite analisar a pegada de carbono da instituição em relação à sua principal atividade: o ensino.

KPI 3: Emissão de GEE por combustão móvel / Total de usuários ($\text{tCO}_2\text{e.u}^{-1}$)

Avalia as emissões de GEE provenientes de fontes móveis, como veículos da instituição utilizados para transporte de alunos e servidores, dividido pelo número total de usuários. Ajuda a identificar o impacto do transporte nas emissões institucionais de GEE.

KPI 4: Emissão de GEE por combustão móvel / Total de alunos matriculados ($\text{tCO}_2\text{e.aluno}^{-1}$)

Derivado do *KPI 3*, este indicador calcula as emissões de GEE provenientes de fontes móveis, mas divide o valor pelo número de alunos matriculados. Permite analisar a contribuição do transporte na pegada de carbono da instituição considerando a atividade finalística da instituição.

KPI 5: Consumo de energia elétrica / Total de usuários (MWh.u^{-1})

Mede o consumo total de energia elétrica da instituição por usuários (alunos matriculados, servidores e terceirizados). É um indicador importante para avaliar a eficiência energética das instalações.

KPI 6: Emissões de GEE por consumo de energia elétrica / Total de usuários ($\text{tCO}_2\text{e.u}^{-1}$)

Relaciona as emissões de GEE provenientes do consumo de energia elétrica com o número total de usuários. Permite analisar a contribuição individual das emissões de GEE da instituição em relação à compra de energia elétrica do SIN.

KPI 7: Emissões de GEE por consumo de energia elétrica / Total de alunos matriculados ($\text{tCO}_2\text{e.aluno}^{-1}$)

Similar ao *KPI 6*, este indicador calcula as emissões de GEE provenientes do consumo de energia elétrica, mas divide o valor pelo número de alunos matriculados. Permite analisar a pegada de carbono da instituição por aluno.

KPI 8: Emissões agropecuárias de GEE / Total de alunos matriculados ($\text{tCO}_2\text{e.aluno}^{-1}$)

Avalia as emissões de GEE provenientes de atividades agropecuárias, relativo à criação de animais e áreas de produção agrícola destinadas ao ensino e pesquisa, dividido pelo número de alunos matriculados. Permite analisar o impacto dessas atividades nas emissões de GEE da instituição.

KPI 9: Emissões de GEE por RSU e efluentes líquidos / Total de usuários ($\text{tCO}_2\text{e.u}^{-1}$)

Mede as emissões de GEE provenientes da geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) e efluentes líquidos, dividido pelo número total de usuários. Ajuda a identificar o impacto da gestão de resíduos nas emissões institucionais de GEE.

O cálculo dos *KPIs* 1 a 8 foi realizado a partir das estimativas de emissões de GEE calculadas a partir das ferramentas *GHG Protocol* (FGV, 2008) e *GHG Protocol Agrícola* (WRI, 2015), considerando os inventários de GEE para os escopos 1 e 2. O *KPI* 9 é calculado a partir das emissões do escopo 3, demonstrando o impacto da gestão destes resíduos nas emissões institucionais.

4.4. Painel de monitoramento de emissões de GEE

As informações obtidas a partir das estimativas de consumo de combustíveis, gases refrigerantes, energia elétrica e da geração de RSU e efluentes líquidos, do inventário de GEE e do cálculo dos *KPI* foram consolidadas e disponibilizadas em gráficos interativos dispostos em um Painel de Monitoramento de Emissões de GEE, em formato *dashboard* com inteligência de dados. Este Produto Técnico Tecnológico (PTT), demonstra, de forma didática, intuitiva e acessível, as informações relativas as fontes de emissões de GEE das unidades inventariadas do IFAL, permitindo o acesso à toda a comunidade, e a análise do desempenho destas fontes e emissões durante os anos de 2019 e 2022. A ferramenta utilizada para o desenvolvimento do PTT é o *Looker Data Studio*, plataforma de inteligência de dados disponibilizada pelo Google, LLC, cujo acesso se encontra disponível no link: <https://lookerstudio.google.com/reporting/c949abef-366f-4717-96f7-eb62589b4216> .

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Dados de atividades institucionais

5.1.1. Combustão móvel

O consumo de combustíveis foi obtido a partir da contabilização do consumo (Litros) de gasolina e diesel em veículos oficiais disponibilizada pela Coordenação de Manutenção, Infraestrutura e Transportes da Reitoria. As unidades inventariadas possuem em sua frota um total de 14 veículos tipo *pick-up* utilitário, 2 caminhões, 7 ônibus/microônibus e 6 vans, todos movidos à Diesel e 11 veículos de passeio movidos a gasolina. O consumo de combustíveis, a média anual em litros por usuários ($L.u^{-1}.ano^{-1}$), e a variação do consumo durante os anos de 2019 e 2022 são demonstrados nas tabelas 5 e 6.

Tabela 5 - Consumo de gasolina das unidades inventariadas do IFAL, a média anual em litros por usuários ($L.u^{-1}.ano^{-1}$), e variação de consumo em litros durante os anos de 2019 e 2022

Unidade	2019		2022		Variação de consumo (%)
	Litros	$L.u^{-1}.ano^{-1}$	Litros	$L.u^{-1}.ano^{-1}$	
Maceió	4335	0,52	873	0,10	-79,9
Reitoria	1.663	6,13	2.859	10,63	71,9
Marechal Deodoro	1.412	0,81	974	0,74	-31,0
Piranhas	2.448	2,20	3.292	2,54	34,5
Satuba	3.139	1,83	3.064	1,98	-2,4
TOTAL	12.997	-	11.062	-	-14,9
MÉDIA	-	2,30	-	3,20	-

Nota: O campus Rio Largo não apresentou consumo de gasolina durante os anos de 2019 e 2022.

Fonte: Coordenação de Manutenção, Infraestrutura e Transportes/Reitoria. Adaptado pelo autor, 2023.

Ao analisar o consumo de gasolina, verifica-se que os campi Maceió, Marechal Deodoro e Satuba apresentaram redução de demanda por este tipo de combustível durante os

anos de 2019 e 2022, sendo o campus Maceió o que apresentou a maior diminuição (-79,9%). As médias gerais do consumo de litros de gasolina por usuário são 2,30 em 2019 e 3,20 em 2022, com destaque para a Reitoria e para o campus Maceió, que apresentam as maiores e menores médias, respectivamente (6,13 L.u⁻¹.ano⁻¹ e 0,52 L.u⁻¹.ano⁻¹, em 2019, 10,63 L.u⁻¹.ano⁻¹ e 0,10 L.u⁻¹.ano⁻¹, em 2022).

Tabela 6 - Consumo de Diesel das unidades inventariadas do IFAL, a média anual em litros por usuários (L.u⁻¹.ano⁻¹), e variação de consumo em litros durante os anos de 2019 e 2022

Unidade	2019		2022		Variação de consumo (%)
	Litros	L.u ⁻¹ .ano ⁻¹	Litros	L.u ⁻¹ .ano ⁻¹	
Maceió	21.744	2,61	13.681	1,63	-37,1
Reitoria	10.882	40,15	17.984	66,86	65,3
Marechal Deodoro	7.767	4,47	9.514	7,20	22,5
Piranhas	9.474	8,51	6.560	5,07	-30,8
Rio Largo	1.445	3,47	1.510	4,75	4,5
Satuba	12.948	7,55	9.563	6,19	-26,1
TOTAL	64.260	-	58.812	-	-8,5
MÉDIA	-	11,12	-	15,28	-

Fonte: Coordenação de Manutenção, Infraestrutura e Transportes/Reitoria. Adaptado pelo autor, 2023.

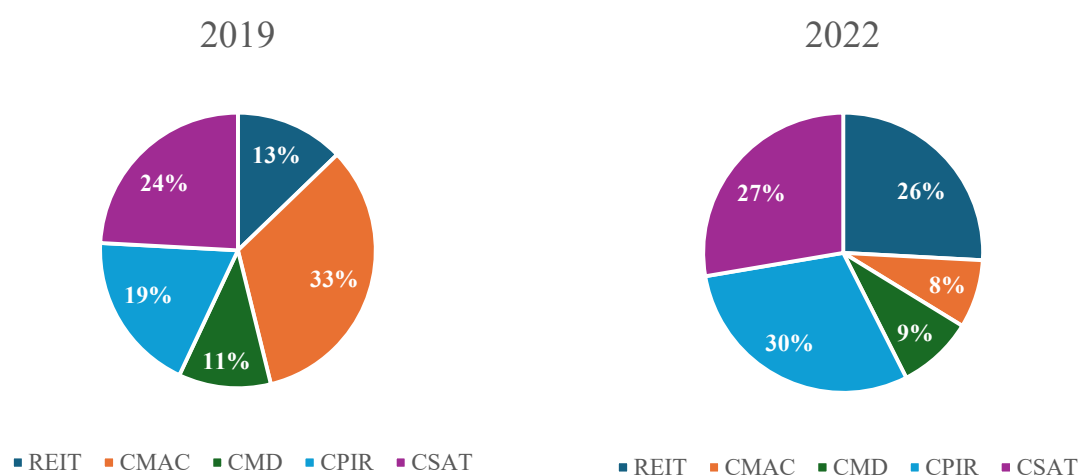
Verifica-se uma predominância pelo uso de Diesel nos veículos oficiais, correspondendo a 83,17% do total, em litros, de combustíveis consumidos pelas unidades inventariadas em 2019, e por 84,16% do total relativo a 2022. Os campi Maceió, Piranhas e Satuba apresentaram diminuição no consumo de Diesel entre 2019 e 2022, sendo o campus Maceió o que apresentou a maior redução (-37,1%). As médias gerais do consumo de litros de Diesel por usuário são 11,12 L.u⁻¹.ano⁻¹ em 2019 e 15,28 L.u⁻¹.ano⁻¹ em 2022. Novamente, os destaques são a Reitoria e o campus Maceió, que apresentam as maiores e menores médias, respectivamente (40,15 L.u⁻¹.ano⁻¹ e 2,61 L.u⁻¹.ano⁻¹, em 2019, 66,86 L.u⁻¹.ano⁻¹ e 1,63 L.u⁻¹.ano⁻¹, em 2022).

Durante a pandemia, o IFAL implementou o teletrabalho e outras ferramentas digitais para viabilizar a manutenção do trabalho e do ensino (IFAL, 2020). Tais mudanças nos métodos de trabalho e aprendizagem reduziram o consumo de combustíveis pelas unidades inventariadas. Esta redução indica que a adoção, pelo IFAL, do teletrabalho, da realização de reuniões virtuais e da virtualização e digitalização de processos, resultaram no menor deslocamento de servidores a serviço para execução de atividades administrativas, e, conseqüentemente, nas emissões de GEE associadas ao consumo de gasolina. Igualmente, a adoção de ensino à distância e realização de eventos online também impactaram na diminuição do consumo de Diesel, que é associado às atividades acadêmicas, como viagens e visitas técnicas.

Uma variação similar àquela encontrada no IFAL foi identificada no estudo realizado na Universidade de Mahasarakham (PRASARA *et al.*, 2024), cuja redução no deslocamento de estudantes e a implementação do teletrabalho para funcionários durante a Pandemia resultou em uma diminuição significativa no consumo total de combustível. Em 2021, o consumo de combustível daquela Universidade relacionado ao transporte de estudantes e funcionários diminuiu em mais de 70% em comparação com 2019.

Os resultados também indicam perfis diferentes de consumo de gasolina e diesel nas unidades inventariadas do IFAL nos anos de 2019 e 2022, demonstrados nas figuras 2 e 3.

Figura 2 - Contribuição individual das unidades inventariadas do IFAL para o consumo anual de gasolina



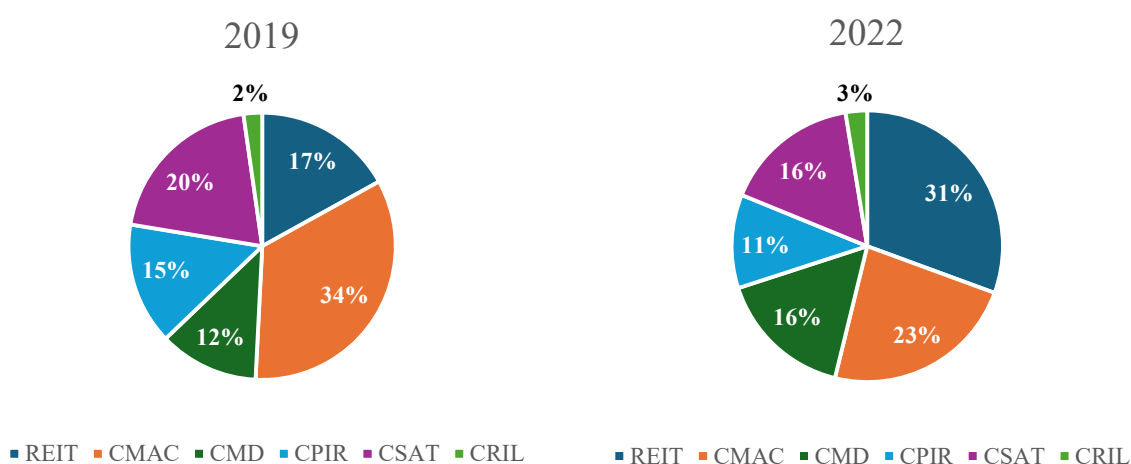
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Em 2019, o campus Maceió (CMAC) e Marechal Deodoro (CMD) apresentaram os maiores e menores consumos percentuais de gasolina dentre as unidades inventariadas (33% e 11%, respectivamente). Verifica-se, em 2022, um aumento no consumo percentual pelo campus Piranhas (CPIR) (30%) e pela Reitoria (REIT) (26%), com destaque para o campus Maceió, que apresentou a maior redução percentual no consumo deste combustível, correspondendo com apenas 8% do consumo naquele ano.

As variações nas contribuições de cada unidade para o consumo de gasolina durante os anos de 2019 e 2022 indicam mudanças nos perfis de cada unidade. As unidades que apresentaram os maiores aumentos na participação no consumo de gasolina são a Reitoria e o campus Piranhas. Uma elevação na demanda por transporte urbano de pessoas para atividades administrativas no período pós-pandemia pode justificar a variação apresentada pela Reitoria do IFAL. No caso do campus Piranhas, o uso de veículos de pequeno porte para atividades administrativas e acadêmicas, e uma maior necessidade de deslocamento à Maceió também podem justificar o incremento durante os anos de 2019 e 2022.

O IFAL possui um controle de viagens a serviço integrado ao seu sistema de gestão administrativa, entretanto, estes dados não estão segregados por atividade ou finalidade, tornando a análise efetiva do uso dos veículos um desafio a ser tratado pela instituição para correta quantificação do consumo de combustíveis para fins administrativos e acadêmicos.

Figura 3 - Contribuição individual das unidades inventariadas do IFAL para o consumo anual de diesel



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

O campus Maceió (CMAC) e o campus Satuba (CSAT) apresentaram os maiores consumos percentuais de Diesel em 2019, respectivamente (34% e 20%). Em 2022, ambos apresentaram uma redução no consumo proporcional. Em contrapartida, a Reitoria (REIT) aumentou para 31% sua participação na contribuição anual de consumo de Diesel em 2022, seguido do campus Marechal Deodoro (CMD), com percentual anual de 16%.

As variações similares no perfil de consumo de Diesel indicam uma mudança no uso deste combustível, que pode ser associada a diminuição do uso de veículos utilitários para o deslocamento de servidores e terceirizados, justificando os decréscimos na contribuição dos campi Piranhas (CPIR), Maceió (CMAC) e Satuba (CSAT). O aumento identificado para o campus Marechal Deodoro (CMD) decorre da elevação da demanda de viagens em ônibus e micro-ônibus para visitas técnicas dos cursos do campus após o retorno das atividades presenciais no período pós-pandemia. As informações disponibilizadas não permitem justificar o aumento proporcional no consumo de gasolina e Diesel pela Reitoria no ano de 2022, sendo necessária uma análise da gestão do IFAL para identificar o motivo deste incremento proporcional em relação às demais unidades inventariadas.

5.1.2. Gases refrigerantes

Os gases refrigerantes considerados para o dimensionamento de consumo são aqueles decorrentes dos aparelhos de ar-condicionado, refrigeradores, considerando o quantitativo e a capacidade de refrigeração. Face a ausência de dados específicos quanto ao tipo de gás utilizado nos equipamentos, adotou-se o gás R-410A para fins de estimativa do consumo destes gases nos anos de 2019 e 2022, conforme demonstrado tabela 7.

Ao comparar os anos de 2019 e 2022, apenas o campus Marechal Deodoro apresentou redução no quantitativo de aparelhos em funcionamento, apresentando uma variação de -6,8% no consumo de gases refrigerantes. As demais unidades inventariadas apresentaram aumento no consumo de aparelhos e de gases refrigerantes, com destaque para o campus Maceió, que apresentou o maior aumento no consumo destes gases, com variação de 53,5%. A contribuição individual para o consumo anual destes gases é ilustrada na figura 4.

Para os anos de 2019 e 2022, verifica-se o aumento no consumo percentual de gases refrigerantes para o campus Maceió (CMAC), com variação de 31% para 47%. Embora tenha ocorrido um incremento no consumo destes gases nas unidades Reitoria (REIT), Piranhas (CPIR), Satuba (CSAT) e Rio Largo (CRIL), o gráfico demonstra uma redução no percentual

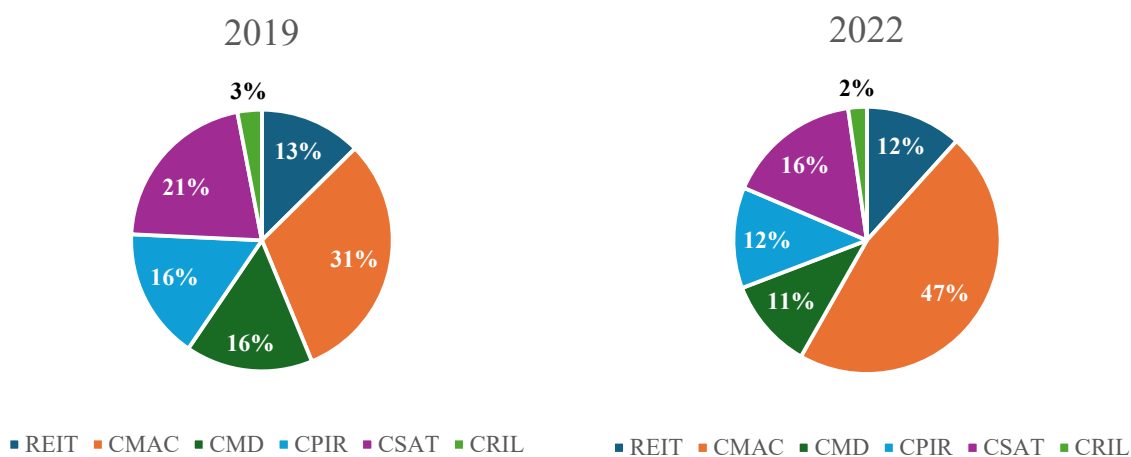
de contribuição anual por estas unidades, com maiores diminuições para os campi Marechal Deodoro e Satuba.

Tabela 7 - Quantitativo de aparelhos de refrigeração em funcionamento e o consumo médio estimado de gás refrigerante R-410A, em kg.ano⁻¹, das unidades inventariadas do IFAL, e variação de consumo durante os anos de 2019 e 2022

Unidade	2019		2022		Variação do consumo (%)
	Quant.	kg.ano ⁻¹	Quant.	kg.ano ⁻¹	
Reitoria	134	114,9	186	142,8	24,3
Maceió	302	284,3	408	436,4	53,5
Marechal Deodoro	133	143,9	123	134,1	-6,8
Piranhas	158	148,1	166	149,4	0,9
Satuba	232	193,7	241	199,5	3,0
Rio Largo	29	27,6	31	27,7	0,4
TOTAL	988	912,5	1.155	1.222,8	19,4%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Figura 4 - Contribuição individual das unidades inventariadas do IFAL para o consumo anual de gases refrigerantes R-410A



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

As mudanças nos métodos de trabalho mantidas após o período pandêmico não resultaram em impacto significativo no decréscimo do consumo de gases refrigerantes, que

pode estar associado aos investimentos realizados pelo IFAL para renovação e ampliação do seu parque de máquinas, em substituição aos aparelhos antigos, visando a redução no consumo de energia elétrica.

5.1.3. Fontes agrícolas

A fermentação entérica de animais e o uso de fertilizantes sintéticos, exclusivamente pelo campus Satuba, para fins de ensino e pesquisa são as fontes avaliadas neste trabalho. As informações relativas à criação de animais e do consumo de fertilizantes para os anos de 2019 e 2022, compiladas na tabela 8, foram repassadas pelo Departamento de Gestão Agropecuária do campus Satuba.

Tabela 8 - Quantitativos de animais e consumo de fertilizantes sintéticos do campus Satuba, e variação durante os anos de 2019 e 2022

Fonte emissora	2019	2022	Varição entre 2019 e 2022 (%)
Bovinos ⁽¹⁾	68	35	-48,5
Ureia ⁽²⁾	2.500	5	-99,8
Sulfato de Amônio ⁽²⁾	2.500	-	-
Calcário Dolomítico ⁽²⁾	8.000	1.500	-81,3
Calcário Calcítico ⁽²⁾	1.000	0	-100,0

(1) Número de animais. (2) Quantidade em kg.ano⁻¹.

Fonte: Departamento de Gestão Agropecuária/Campus Satuba. Elaborado pelo autor, 2023.

Identifica-se uma redução no ano de 2022, tanto na população de animais presentes no campus Satuba, quanto no consumo de fertilizantes sintéticos. Os destaques são para a diminuição no consumo de ureia (-99,8%) e de calcário calcítico, que não apresentou consumo em 2022. Não foram relatados dados relativos ao consumo de sulfato de amônio em 2022, ou justificativas para as variações identificadas durante os anos de 2019 e 2022.

Ressalta-se que as informações disponibilizadas pelo Departamento de Gestão Agropecuária do campus Satuba não derivam de um controle institucional destas fontes, o que torna a gestão das emissões de GEE relativas ao uso de fertilizantes e criação de animais um desafio para a instituição.

5.1.4. Energia elétrica

Os dados de energia elétrica consideram o consumo o total, em MWh, pelas unidades inventariadas nos anos de 2019 e 2022 (tabela 9), a partir das medições de consumo faturadas pela distribuidora de energia elétrica, disponíveis nos processos de execução financeira do Sistema Integrado de Patrimônio, Administração e Contratos (SIPAC), e de consumo por usuário (MWh.u⁻¹).

Tabela 9 - Consumo anual de energia elétrica pelas unidades inventariadas do IFAL em MWh, média em MWh por usuários (MWh.u⁻¹), e variação de consumo durante os anos de 2019 e 2022

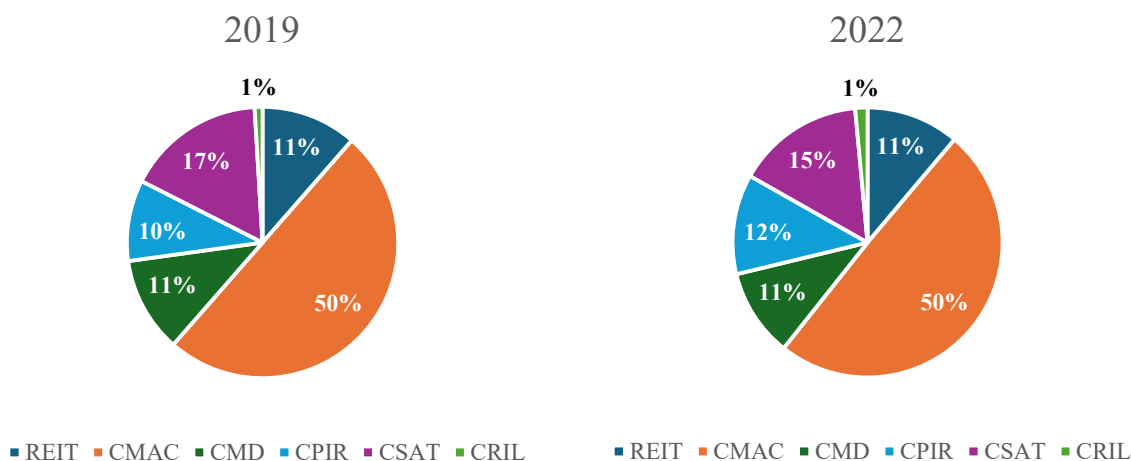
Unidade	2019		2022		Variação entre 2019 e 2022 (%)
	MWh	MWh.u ⁻¹	MWh	MWh.u ⁻¹	
Reitoria	373,2	1,38	296,6	1,10	-20,5
Maceió	1.628,3	0,20	1.315,5	0,16	-19,2
Marechal Deodoro	371,8	0,21	280,1	0,21	-24,7
Piranhas	314,0	0,28	317,8	0,25	1,2
Satuba	541,8	0,32	407,2	0,26	-24,8
Rio Largo	30,0	0,07	39,5	0,12	31,4
TOTAL	3.259,3	-	2.656,7	-	-18,5%
MÉDIA	-	0,41	-	0,35	-

Fonte: SIPAC. Adaptado pelo autor, 2023.

Os dados relativos ao consumo de energia elétrica pelas unidades inventariadas apresentaram uma redução geral durante os anos de 2019 e 2022 de -18,5%. Destaque para o campus Rio Largo, que apresentou um aumento no consumo de energia elétrica de 31,4% em 2022 quando comparado ao ano de 2019. As unidades que apresentaram maior redução no consumo durante os anos de 2019 e 2022 foram Satuba (-24,8%), Marechal Deodoro (-24,7%) e Reitoria (-20,5%). O campus Piranhas apresentou um leve aumento no consumo (1,2%), indicando uma relativa estabilidade em relação aos demais. Dentre as unidades inventariadas, a Reitoria mostrou o maior consumo por usuário no ano de 2019 (1,38 MWh.u⁻¹

¹⁾, sustentando a maior posição em 2022 (1,10 MWh.u⁻¹). O perfil de consumo das unidades inventariadas se encontra ilustrado na figura 5.

Figura 5 - Contribuição individual das unidades inventariadas do IFAL para o consumo anual de energia elétrica



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

A primeira observação é a grande estabilidade no perfil geral de consumo durante os anos de 2019 e 2022. O campus Maceió (CMAC) é a unidade com maior contribuição individual no consumo de energia elétrica em 2019 (50%), mantendo esta proporção em 2022. As demais unidades apresentaram pequenas variações em suas respectivas participações no consumo total, o que sugere que o tamanho da infraestrutura e de usuários é diretamente proporcional ao consumo de energia elétrica. Apesar da estabilidade geral, o campus Piranhas (CPIR) exibiu um aumento em suas participações no consumo total em 2022, em oposição ao campus Satuba (CSAT), que demonstrou uma redução em sua contribuição individual para o consumo de energia elétrica.

Ao observar os dados de 2019 e 2022, verificou-se que a pandemia do COVID-19, em conjunto com as mudanças nos métodos de trabalho e aprendizagem impactaram significativamente no consumo de energia elétrica do IFAL. Embora o teletrabalho e o ensino remoto tenham reduzido o consumo institucional de energia elétrica, a digitalização de diversos processos aumentou a dependência de equipamentos eletrônicos, exigindo a adoção de aparelhos mais eficientes para evitar o aumento no consumo de energia elétrica.

As medidas de distanciamento social (*home office*) e ensino à distância adotadas durante a pandemia, causaram uma redução no consumo de energia elétrica da Bournemouth

University (FILIMONAU *et al.*, 2020), entre 2019 e 2020, de -45%, indicando que, apesar da redução provocada pela Pandemia, os fatores locais, como clima e infraestrutura, também influenciam no uso desses recursos.

5.1.5. Geração de resíduos e efluentes líquidos

O cálculo da geração anual de resíduos considera, como efetivo fixo, 50% do total de usuários, nos anos de 2019 e 2022, para a geração anual de efluentes líquidos ($\text{m}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$) para escolas e locais de longa permanência (NBR 13969:1997), e geração de RSU ($\text{t} \cdot \text{ano}^{-1}$), (SILVA, 2020 e PIGIRS, 2016) (tabela 10).

Tabela 10 - Estimativa de geração anual de RSU ($\text{t} \cdot \text{ano}^{-1}$) e efluentes líquidos ($\text{m}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$) nas unidades inventariadas do IFAL, e variação durante os anos de 2019 e 2022

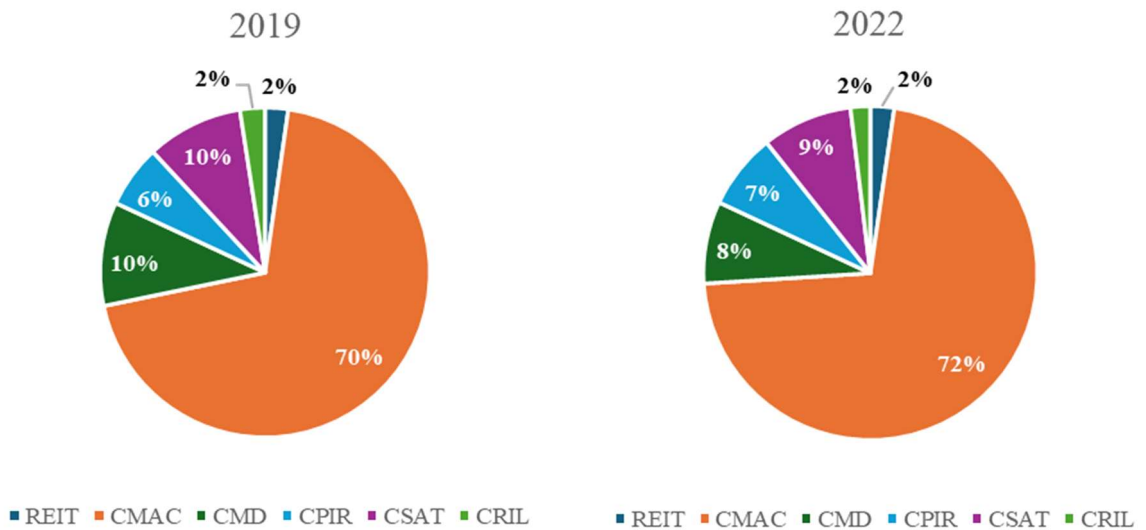
Unidade	2019		2022		Variação entre 2019 e 2022 (%)	
	RSU	Efluentes	RSU	Efluentes	RSU	Efluentes
Reitoria	48,47	2.472,88	48,11	2.454,63	-0,74	-0,74
Maceió	1.492,15	76.129,88	1.498,94	76.476,63	0,46	0,46
Marechal Deodoro	218,86	40.592,50	166,35	30.548,50	-23,99	-24,74
Piranhas	132,03	10.156,13	153,62	11.816,88	16,35	16,35
Satuba	203,32	15.640,25	183,39	14.107,25	-9,80	-9,80
Rio Largo	52,51	3.805,13	40,04	2.901,75	-23,74	-23,74
TOTAL	2.147,34	148.796,75	2.090,46	138.305,63	-2,65	-7,05

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Observa-se uma leve redução geral de -2,65% na geração total de RSU entre 2019 e 2022. Destaque para o campus Piranhas, que demonstrou um aumento na geração de resíduos sólidos urbanos (16,35%), e para os campi Marechal Deodoro e Rio Largo, com reduções respectivas de -23,99% e -23,74%. Houve uma redução de 7,05% na geração total de efluentes líquidos entre 2019 e 2022. Assim como nos RSU, a variação na geração de efluentes líquidos também é heterogênea entre as unidades, apresentando indicadores de variação de geração de efluentes muito similares aos de RSU. As figuras 6 e 7 representam

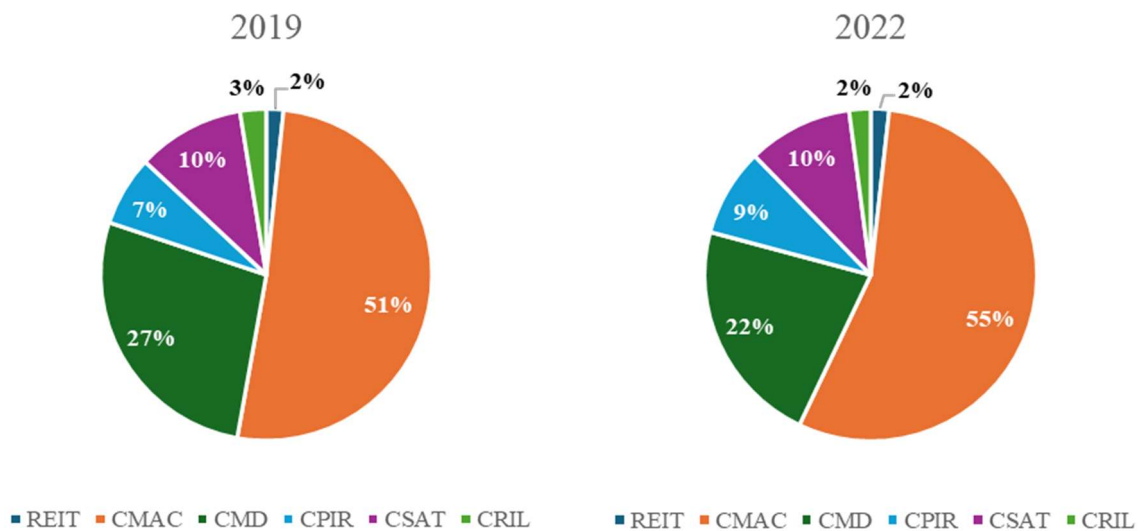
as contribuições de cada unidade para a geração de resíduos sólidos urbanos e efluentes líquidos.

Figura 6 - Contribuição individual das unidades inventariadas do IFAL para geração anual de resíduos sólidos urbanos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Figura 7 - Contribuição individual das unidades inventariadas do IFAL para geração anual de efluentes líquidos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Tanto em 2019 quanto em 2022, o campus Maceió (CMAC) se destaca com uma contribuição significativamente maior para a geração total de RSU, representando 70% e

72% do total, respectivamente. Apesar de pequenas variações, o perfil geral de contribuição das unidades se manteve relativamente estável ao longo dos dois anos. A maioria das unidades manteve uma proporção similar de contribuição em relação ao total.

A unidade Maceió (CMAC) apresentou a maior contribuição para a geração de efluentes líquidos, com um aumento em sua participação no total, passando de aproximadamente 51% em 2019 para cerca de 55% em 2022. As demais unidades apresentaram pequenas variações em suas participações, com destaque para os campi Marechal Deodoro (CMD) e Piranhas (CPIR).

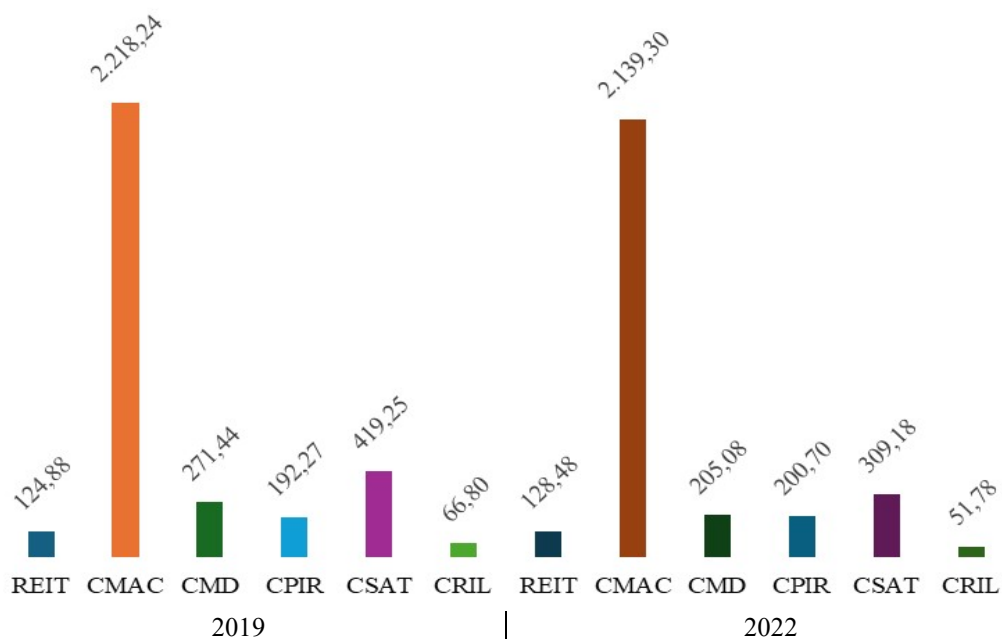
A adoção, pelo IFAL, de sistemas digitais de gestão, do trabalho remoto e do ensino à distância, implantados durante Pandemia e mantidos após o retorno presencial das atividades (IFAL, 2020), podem ter promovido uma redução na geração de resíduos e efluentes líquidos. Esta relação é sugerida pelo estudo realizado na Universidade do Punjab (HASEEB *et al.*, 2022), que apuraram uma redução efetiva na geração de resíduos sólidos e efluentes em decorrência das fases de distanciamento social e adoção do trabalho remoto e ensino online. Embora o IFAL não detenha um controle formalizado sobre o descarte de resíduos sólidos urbanos e efluentes líquidos, as atividades administrativas e acadêmicas são geradoras destes resíduos, que necessitam ser devidamente contabilizados para composição das estimativas de emissão de GEE da instituição.

5.2. Emissões de GEE por escopo inventariado

As estimativas de emissões de GEE para os anos de 2019 e 2022, considerando o somatório dos escopos 1, 2 e 3, foram obtidas a partir dos dados institucionais obtidos por meio de consultas aos sistemas do IFAL, como também aqueles fornecidos pelas unidades inventariadas. Os resultados totais de emissões de GEE seguem ilustrados na figura 8.

Ao avaliar as emissões totais de GEE para os anos de 2019 e 2022, verifica-se uma redução de emissões nos campi Marechal Deodoro (CMD), Satuba (CSAT) e Rio Largo (CRIL), na ordem de -24,35%, -26,25% e -22,48%, respectivamente. O campus Maceió (CMAC) apresentou o maior quantitativo de emissões em ambos os anos, com uma pequena redução de 2.218,24 tCO₂e em 2019 para 2.141,65 tCO₂e em 2022.

Figura 8 - Emissões totais de GEE pelas unidades inventariadas do IFAL nos anos de 2019 e 2022, em tCO₂e



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Tanto o campus Piranhas (CPIR) quanto a Reitoria (REIT) registraram aumentos nas emissões de 2019 para 2022. A Reitoria apresentou um aumento de 124,88 tCO₂e para 128,48 tCO₂e, e o campus Piranhas (CPIR), de 192,27 tCO₂e para 200,70 tCO₂e.

5.2.1. Escopo 1: Emissões diretas de GEE

As emissões diretas de GEE para diferentes unidades do IFAL nos anos de 2019 e 2022, apresentados na tabela 11, consideram as fontes de emissão de GEE diretamente associadas às atividades administrativas e acadêmicas da instituição, como o consumo de combustíveis, o consumo de gases refrigerantes, e as emissões agrícolas decorrente da criação de animais e do uso de fertilizantes sintéticos no campus Satuba.

No total, houve uma redução de -21,89% nas emissões diretas de GEE entre 2019 e 2022, com queda de 295,77 tCO₂e para 231,02 tCO₂e. O campus Satuba apresentou a maior redução nas emissões (-43,73%), seguido do campus Maceió (-30,12%) e Piranhas (-18,93%).

Tabela 11 - Emissões de GEE do escopo 1 pelas unidades inventariadas do IFAL em tCO₂e, e variação durante os anos de 2019 e 2022

Unidade	2019	2022	Varição (%)
Reitoria	30,91	50,43	63,15
Maceió	64,46	45,04	-30,12
Marechal Deodoro	23,52	26,77	13,83
Piranhas	29,68	24,06	-18,93
Satuba	143,30	80,64	-43,73
Rio Largo	3,90	4,07	4,30
TOTAL	295,77	231,02	-21,89

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Destaque para a Reitoria, apresentou um aumento nas emissões diretas de GEE, passando de 30,91 tCO₂e em 2019 para 50,43 tCO₂e em 2022. As demais unidades apresentaram variações menores nas emissões, sendo o campus Marechal Deodoro responsável por 26,77 tCO₂e (13,83%) em 2022 e o campus Rio Largo, com crescimento de 4,30% entre 2019 e 2022 nas emissões do escopo 1.

As mudanças nos métodos de trabalho em decorrência da pandemia do COVID-19 tiveram um impacto nas emissões diretas de GEE, que pode ser atribuído, em parte, à pandemia de COVID-19, que resultou em uma diminuição das atividades presenciais do IFAL (IFAL, 2019). A Pandemia também impactou na redução das emissões de GEE do escopo 1 da Cornell *University* (SUN *et al.*, 2022), que diminuíram -8,9% em 2020, quando comparadas as emissões de 2019, principalmente durante as fases de *lockdown*.

A tabela 12 apresenta os dados sobre a emissão de GEE resultante do consumo de combustíveis. Os valores demonstram a contribuição das diferentes unidades inventariadas do IFAL para as emissões diretas decorrentes do consumo de combustíveis nos veículos institucionais durante os anos de 2019 e 2022.

Tabela 12 - Emissões diretas de GEE por combustão móvel (escopo 1) das unidades inventariadas do IFAL em tCO₂e, e variação durante os anos de 2019 e 2022

Unidade	2019	2022	Varição (%)
Reitoria	28,70	47,68	66,15
Maceió	58,98	34,07	-42,23
Marechal Deodoro	20,73	24,18	16,66
Piranhas	26,68	21,03	-21,16
Satuba	35,93	27,99	-22,09
Rio Largo	3,37	3,54	4,86
TOTAL	174,39	158,50	-9,11%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

As emissões totais por combustão móvel reduziram em -9,11% entre 2019 e 2022, de 174,39 tCO₂e para 158,50 tCO₂e. O campus Maceió observou a maior queda percentual de -42,23%, reduzindo suas emissões por combustão móvel de 58,98 tCO₂e para 34,07 tCO₂e, seguido dos campi Satuba (-22,09%) e Piranhas (-21,16%). A Reitoria, entretanto, mostrou um crescimento de 66,15% nas emissões anuais de GEE por uso de combustíveis e, subindo de 28,70 tCO₂e em 2019 para 47,68 tCO₂e em 2022. Os campi Marechal Deodoro e Rio Largo apresentaram uma variação menor nas emissões, com elevações percentuais entre 2019 e 2022 de 16,66% e 4,86%, respectivamente.

As reduções nas emissões diretas de GEE decorrentes do consumo de combustíveis pelo IFAL pode ser atribuída à diminuição das atividades presenciais e a execução de atividades administrativas em formato remoto, com o teletrabalho atuando como limitador da necessidade de deslocamento dos servidores. Antes da pandemia, os serviços de transporte representavam 36% das emissões de GEE da Universidade de Punjab (HASEEB *et al.*, 2022), com carros e motocicletas sendo os principais contribuintes. A suspensão de atividades presenciais na universidade e do transporte de estudantes reduziram as emissões diretas em -99%. Um efeito similar foi identificado na Universidade de Maharakham (PRASARA *et al.*, 2024), face a menor necessidade de deslocamento de estudantes e funcionários no período pandêmico.

A Reitoria e alguns campi, como Marechal Deodoro, apresentaram um aumento nas emissões associadas ao uso de combustíveis devido ao retorno às atividades presenciais (IFAL, 2021). Os dados disponibilizados não permitem justificar o aumento das emissões diretas por combustão móvel pela Reitoria em 2022, embora correlacionados ao consumo de combustíveis em veículos institucionais, cuja variação está destacada nas tabelas 6 e 7.

Quanto ao campus Marechal Deodoro, o incremento nas emissões de GEE por combustíveis é relacionado às atividades presenciais do curso Técnico Integrado de Guia de Turismo, que possui um ônibus utilizado como laboratório técnico, empregado frequentemente em viagens educativas e visitas técnicas.

Em oposição aos resultados verificados pelo IFAL, os registros de emissões de GEE para combustão móvel publicados pela Cogna Educação (FGV, 2023) apontam para um aumento de 17,31% nas emissões daquela instituição de ensino. Esta divergência pode estar associada à gestão das informações relativas às emissões de GEE por ambas as instituições, sugerindo que os resultados obtidos a partir dos dados disponibilizados pelo IFAL podem estar subestimados.

As informações sobre as emissões de GEE provenientes do consumo de gases refrigerantes seguem ilustradas na tabela 13. Os dados apresentados foram obtidos através da estimativa de consumo de gases refrigerantes nos aparelhos de refrigeração em funcionamento nas unidades inventariadas, durante os anos de 2019 e 2022, segundo o método de triagem de fontes da ferramenta *GHG Protocol* (FGV, 2008). Por ausência da disponibilidade de dados históricos, considerou-se o gás R-410A como aquele utilizado nos equipamentos contabilizados.

Verifica-se um aumento geral de 33,66% nas emissões fugitivas entre 2019 e 2022, passando de 17,74 tCO₂e para 23,71 tCO₂e, com elevação em 83,33% das unidades inventariadas. O campus Maceió demonstrou o aumento mais expressivo nas emissões, com uma elevação de 57,27%, passando de 5,48 tCO₂e para 8,62 tCO₂e. Destaque para o campus Marechal Deodoro, único que apresentou redução nas emissões de GEE, com redução de -7,17%.

Tabela 13 - Emissões diretas de GEE por emissões fugitivas (escopo 1) das unidades inventariadas do IFAL em tCO₂e, e variação durante os anos de 2019 e 2022

Unidade	2019	2022	Varição (%)
Reitoria	2,21	2,75	24,17
Maceió	5,48	8,62	57,27
Marechal Deodoro	2,79	2,59	-7,17
Piranhas	3,00	3,02	0,90
Satuba	3,73	3,84	3,10
Rio Largo	0,53	0,53	0,72
TOTAL	17,74	23,71	33,66

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

O aumento nas emissões de GEE por fugas de gases refrigerantes pode estar relacionado aos investimentos realizados pelo IFAL para substituição dos aparelhos de refrigeração, visando a eficiência energética. O campus Maceió, em particular, registrou o maior aumento (57,27%), sugerindo uma correlação entre o tamanho da infraestrutura física e uma maior demanda por aparelhos de refrigeração, embora esta razão não esteja devidamente mapeada pela instituição. Isso aponta para a necessidade de avaliar a adoção de equipamentos e/ou gases refrigerantes com menor impacto ambiental.

Importante ressaltar a ausência de informações relativas a montagem e a manutenção dos equipamentos de refrigeração, como o quantitativo de equipamentos e quantidade de gases refrigerantes utilizado, bem como as informações sobre o quantitativo de gases aliviados a atmosfera quando do descarte destes equipamentos. Este controle é fundamental para uma estimativa mais precisa e aderente à realidade institucional, e conseqüentemente, a melhor gestão das emissões de GEE em decorrência do uso de equipamentos de refrigeração.

Adendo sobre uso de extintores: não foram relatados o uso destes equipamentos nas unidades do IFAL durante os anos inventariados.

Os resultados das estimativas de emissões de GEE para emissões agrícolas (tabela 14), provenientes da criação de animais e do uso de fertilizantes sintéticos, foram obtidos considerando as informações relativas à população de animais e do consumo de fertilizantes

nos anos de 2019 e 2022, recebidas do Departamento de Gestão Agropecuária do campus Satuba.

Tabela 14 - Emissões diretas de GEE por emissões agrícolas (escopo 1) do campus Satuba em tCO₂e, e variação durante os anos de 2019 e 2022

Unidade	2019	2022	Varição (%)
Satuba	103,64	48,80	-52,91

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Por ser o único campus que apresenta a criação de animais e o uso de fertilizantes sintéticos em escala para atividades de ensino e pesquisa, as emissões agrícolas foram associadas exclusivamente ao Campus Satuba. Verifica-se que o campus apresentou uma diminuição de -52,91% nas emissões agrícolas durante os anos de 2019 e 2022, passando de 103,64 tCO₂e para 48,80 tCO₂e.

Os registros históricos do Programa Brasileiro *GHG Protocol* (FGV, 2023), especificamente para o setor de educação, apontam uma variação a maior das emissões diretas de GEE associadas às atividades agrícolas ao comparar os anos de 2019 e 2022 (13,46%). A ausência de informações sobre o consumo de sulfato de amônio em 2022 e a falta de justificativas para as variações observadas na população de animais e no consumo de fertilizantes não permitem associar os efeitos da pandemia do COVID-19 nas práticas agrícolas do campus Satuba.

Ressalta-se que as informações disponibilizadas pelo Departamento de Gestão Agropecuária do campus Satuba não derivam de um controle institucional destas fontes, o que torna a gestão das emissões de GEE relativas ao uso de fertilizantes e criação de animais um desafio para a instituição. É sabido que os campi Maragogi e Murici também possuem atividades agrícolas associadas às atividades acadêmicas, entretanto, estas unidades não apresentaram as informações sobre consumo de fertilizantes e criação de animais necessárias para estimar a emissão de GEE em suas unidades, sugerindo que o IFAL deve adotar um controle unificado das fontes de emissões agrícolas nestas unidades, a fim de contabilizar estas emissões de forma adequada.

5.2.2. Escopo 2: Emissões indiretas de GEE

O cálculo das emissões do Escopo 2 foi obtido a partir do consumo de energia elétrica das unidades inventariadas registrados nas faturas de energia elétrica e disponíveis nos processos de execução financeira do Sistema Integrado de Patrimônio, Administração e Contratos (SIPAC), utilizando os fatores de emissão de GEE para geração e transmissão de energia elétrica nos anos de 2019 e 2022 (MCTI, 2023). Os resultados, incluindo a variação durante os anos de 2019 e 2022 estão disponíveis na tabela 15.

Tabela 15 - Emissões de GEE pelo consumo de energia elétrica (escopo 2) nas unidades inventariadas do IFAL em tCO₂e, e variação durante os anos de 2019 e 2022

Unidade	2019	2022	Varição (%)
Reitoria	27,92	12,49	-55,28
Maceió	120,43	53,99	-55,17
Marechal Deodoro	28,16	11,27	-59,96
Piranhas	22,29	13,40	-39,90
Satuba	41,34	16,92	-59,06
Rio Largo	2,48	1,63	-34,30
TOTAL	242,61	109,703	-54,78

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Em todas as unidades, houve uma redução significativa nas emissões de GEE entre 2019 e 2022. As emissões de GEE pelo consumo de energia elétrica diminuíram de 242,61 tCO₂e em 2019 para 109,70 tCO₂e em 2022, representando um decréscimo total de -54,78%. As unidades Marechal Deodoro e Satuba apresentaram as maiores variações percentuais, de -59,96% e -59,06%, respectivamente.

A queda expressiva nas emissões de GEE devido ao consumo de energia elétrica indica que a menor ocupação dos prédios institucionais, em virtude das mudanças nos métodos de trabalho promovidas pela Pandemia do COVID-19 (IFAL, 2021), como a implementação do teletrabalho, das reuniões virtuais, e da digitalização de processos, e a

adoção do ensino à distância, promoveram a redução das emissões institucionais de GEE pelo consumo de energia elétrica.

A Reitoria e os campi Marechal Deodoro e Satuba, por exemplo, mostraram as maiores variações nas emissões de GEE pelo consumo de energia elétrica, sendo de -55,28%, -59,96% e -59,06%, respectivamente. Esta diferença nas emissões de GEE das unidades do IFAL sugere que a demanda por energia elétrica é variável e depende das atividades desempenhadas por cada unidade, bem como sua localização geográfica, a exemplo do campus Piranhas, que embora tenha população similar à do campus Marechal Deodoro, apresentou uma redução nas emissões de GEE de -39,90% no período analisado.

Ressalta-se, no entanto, que a queda nas emissões de GEE fora afetada pela variação no Fator Médio do SIN, que apresentou redução nas emissões de GEE pela geração de energia elétrica, passando de 0,075 tCO₂e/MWh em 2019 para 0,042 tCO₂e/MWh em 2022 (MCTI, 2023). Um efeito similar foi registrado pela Cogna Educação (FGV, 2023), cujas emissões indiretas de GEE pelo consumo de energia elétrica no mesmo período indicam uma redução de -43% nas emissões daquela instituição de ensino.

5.2.3. Escopo 3: Outras Emissões indiretas de GEE

As estimativas para outras emissões indiretas de GEE decorrentes da geração de RSU e efluentes líquidos nos anos de 2019 e 2022 encontram-se na tabela 16. Para os RSU, adotou-se a destinação final em aterro sanitário. O cálculo das emissões para efluentes líquidos foi parametrizado considerando lançamento sem tratamento em corpos d'água não especificados, com DBO de 0,40 kg.m⁻³ (ABNT NBR 13969:1997).

As emissões indiretas de GEE do Escopo 3, que abrangem a geração de RSU e efluentes líquidos, apresentaram uma redução global de -3,43% durante os anos de 2019 e 2022. Os campi Marechal Deodoro e Rio Largo foram os maiores contribuintes para a diminuição das emissões de GEE relativas a RSU e efluentes líquidos, com variações de -24,01% e -23,80%, respectivamente. O campus Piranhas foi aquele que apresentou o maior aumento nas emissões decorrentes da geração de RSU e efluentes líquidos (16,39%).

Tabela 16 - Emissões de GEE dos efluentes e resíduo sólido urbano (RSU) (escopo 3) das unidades inventariadas do IFAL em tCO₂e, e variação durante os anos de 2019 e 2022

Unidade	2019		2022		Variação entre 2019 e 2022 (%)	
	RSU	Efluentes	RSU	Efluentes	RSU	Efluentes
Reitoria	64,22	1,83	63,75	1,82	-0,74	-0,82
Maceió	1.977,08	56,28	1.986,09	56,53	0,46	0,45
Marechal Deodoro	208,04	11,72	158,12	8,91	-23,99	-24,01
Piranhas	132,80	7,50	154,51	8,74	16,35	16,39
Satuba	223,05	11,56	201,19	10,43	-9,80	-9,78
Rio Largo	57,60	2,815	43,93	2,15	-23,74	-23,80
TOTAL	2.662,79	91,71	2.607,58	88,56	-2,07	-3,43
TOTAL GERAL	2.754,5		2.696,15		-2,12	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Vale destacar uma redução nas emissões de GEE do campus Marechal Deodoro, nos anos de 2019 e 2022, decorrentes de RSU e efluentes líquidos, de -23,99% e -24,01%, respectivamente. Essa redução pode ser atribuída a variação de alunos matriculados, que passou de 1558 em 2019 para 1165 em 2022 (PNP, 2023). O campus Piranhas, porém, registrou um aumento de 16,35% e 16,39%, nas respectivas emissões de GEE por RSU e efluentes líquidos, o que sugere um impacto diferenciado da pandemia nas diferentes unidades do IFAL, exigindo a implantação, pelo IFAL, de metodologia institucional para quantificar a contribuição destas fontes por unidade.

5.3. Indicadores-chave de Performance (KPI)

A tabela 17 apresenta o cálculo dos KPIs para os anos de 2019 e 2022 relacionados às emissões de GEE e consumo de energia elétrica em decorrência das atividades administrativas e acadêmicas do IFAL, considerando o efetivo de usuários (total) e de alunos (específico).

Tabela 17 - *KPIs* calculados com base nas emissões estimadas de GEE das unidades inventariadas do IFAL nos anos de 2019 e 2022

Ano	Unidade	Indicadores-chave de performance (<i>KPI</i>)								
		<i>KPI1</i>	<i>KPI2</i>	<i>KPI3</i>	<i>KPI4</i>	<i>KPI5</i>	<i>KPI6</i>	<i>KPI7</i>	<i>KPI8</i>	<i>KPI9</i>
2019	Reitoria	0,461	-	0,106	-	1,377	0,103	-	-	0,244
	Maceió	0,266	0,283	0,007	0,008	0,195	0,014	0,015	-	0,244
	Marechal Deodoro	0,156	0,174	0,012	0,013	0,214	0,016	0,018	-	0,126
	Piranhas	0,173	0,188	0,024	0,026	0,282	0,020	0,022	-	0,126
	Satuba	0,245	0,273	0,021	0,023	0,316	0,024	0,027	0,067	0,137
	Rio Largo	0,160	0,174	0,008	0,009	0,072	0,006	0,006	-	0,145
2022	Reitoria	0,478	-	0,177	-	1,103	0,046	-	-	0,244
	Maceió	0,256	0,272	0,004	0,004	0,157	0,006	0,007	-	0,244
	Marechal Deodoro	0,155	0,176	0,018	0,021	0,212	0,009	0,010	-	0,126
	Piranhas	0,155	0,167	0,016	0,018	0,245	0,010	0,011	-	0,126
	Satuba	0,200	0,226	0,018	0,020	0,263	0,011	0,012	0,036	0,137
	Rio Largo	0,163	0,179	0,011	0,012	0,124	0,005	0,006	-	0,145
Média	2019	0,243± 0,116	0,181± 0,101	0,029± 0,037	0,013± 0,009	0,409± 0,481	0,030± 0,035	0,014± 0,009	0,011± 0,027	0,170± 0,057
	2022	0,234± 0,125	0,169± 0,092	0,040± 0,067	0,012± 0,008	0,350± 0,372	0,014± 0,015	0,007± 0,004	0,005± 0,014	0,170± 0,057

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Os *KPIs* mantiveram estabilidade em seus desvios padrão, com alguns casos de redução, indicando maior uniformidade no desempenho das unidades inventariadas nos anos de 2019 e 2022. Os *KPI3* e *KPI5*, apresentaram maiores variações entre as unidades, indicado pelos altos desvios padrão. Observa-se uma pequena redução na média do *KPI1* de 0,243 em 2019 para 0,234 em 2022. Para o *KPI3*, a média aumentou de 0,029 para 0,040, com um desvio padrão consideravelmente maior em 2022. Os *KPI4* e *KPI7* apresentaram baixos desvios padrão, indicando maior uniformidade nas médias.

O *KPI5* mostra uma redução na média de 0,409 em 2019 para 0,35 em 2022, representando uma redução geral no consumo per capita de energia elétrica nas unidades inventariadas. Esta variação é seguida pelo *KPI6*, cuja média caiu de 0,03 para 0,014. A média do *KPI8* caiu de 0,011 para 0,005, com menor variação (desvio padrão). Os *KPIs* do campus Maceió permaneceram relativamente estáveis, com pequenas reduções em *KPI1* e *KPI2* e uma queda considerável em *KPI6*, de 0,014 para 0,006. Ao analisar os campi Marechal Deodoro, Piranhas e Satuba, identificamos que os valores dos *KPI1* e *KPI2* diminuíram ou se mantiveram estáveis.

5.4. Impactos das mudanças nos métodos de trabalho em decorrência da pandemia do COVID-19

Ao observar os dados consumo e emissões de 2019 e 2022, verificou-se que as mudanças nos métodos de trabalho e aprendizagem impulsionadas pela pandemia do COVID-19 (IFAL, 2021), impactaram positivamente na redução das emissões de GEE do IFAL. As variações globais das emissões diretas relacionadas à combustão móvel (escopo 1) sugerem que as alterações nas rotinas operacionais do IFAL impulsionadas pela Pandemia diminuíram a demanda por transportes de servidores. O teletrabalho, o ensino à distância e a digitalização de processos administrativos também resultaram em uma diminuição no consumo de energia elétrica, que associado à redução do Fator Médio do SIN (MCTI, 2023), apresentaram uma diminuição nas emissões indiretas de GEE (escopo 2). Verifica-se também uma redução nas emissões indiretas de GEE decorrentes da geração de RSU e efluentes líquidos (escopo 3).

Destarte, os resultados apontam para uma relação direta entre a adoção de métodos de trabalho remoto e ensino à distância, de digitalização de processos e virtualização de reuniões e eventos como agente redutor das emissões de GEE pelas unidades inventariadas do IFAL. Tal sugestão foi proposta após a adoção de trabalho remoto (*home office*) e do ensino à distância durante a pandemia na Bournemouth *University* (FILIMONAU *et al.*, 2020), que causaram uma redução no consumo de energia elétrica entre 2019 e 2020, de -45% e -37%, respectivamente. Na Universidade do Punjab (HASEEB *et al.*, 2022), a geração de resíduos sólidos caiu durante o *lockdown*, com uma redução diária de -67%, sugerindo uma relação entre o distanciamento social, o consumo de energia elétrica e a quantidade de resíduos gerada.

Ressalta-se, no entanto, que as medidas adotadas em decorrência da pandemia do COVID-19 não surtiram efeitos reais nas emissões diretas (escopo 1) decorrentes do consumo de gases refrigerantes do IFAL, face aos dados inconclusivos relativos a esta fonte. Em tempo, embora verifique-se uma redução na população de animais e no uso de fertilizantes sintéticos, a ausência de justificativas para estas diminuições não permite vincular as mudanças nos métodos de trabalho à redução das emissões diretas de GEE por fontes agrícolas (escopo 1) do campus Satuba.

5.5. Recomendações para a redução das emissões de GEE no âmbito do IFAL

Para que o IFAL continue a reduzir e, eventualmente, neutralizar suas emissões de GEE, algumas ações institucionais devem ser implementadas, a iniciar pelo monitoramento das fontes de emissão de GEE, estabelecendo uma metodologia institucional de registro do consumo de materiais e recursos que impactam diretamente as emissões de GEE, tais como o consumo de combustíveis fósseis e energia elétrica, o controle das atividades de manutenção de equipamentos de refrigeração e extintores, e o registro efetivo do consumo de fertilizantes sintéticos e da criação de animais em decorrência das atividades de ensino e pesquisa. Abaixo, são propostas ações específicas para o IFAL direcionadas à redução, neutralização e eliminação das emissões de GEE.

Revisão do Plano de Gestão de Logística Sustentável (PLS)

Revisar o Plano de Gestão de Logística Sustentável (IFAL, 2019), para inserir uma metodologia de controle institucional do consumo dos recursos que resultam em impacto direto e indireto nas emissões de GEE e disponibilizar os resultados das ações para a implantação do PLS para monitoramento, pela comunidade, do cumprimento das metas de sustentabilidade estabelecidas pelo IFAL.

Eficiência energética

Investir em tecnologias e práticas que promovam o uso eficiente de energia, como campanhas de uso consciente, iluminação LED, sensores de presença e sistemas de controle de climatização, terão impacto direto na redução da média de consumo de energia elétrica per capita do IFAL, que em 2022 é de 0,35 MWh.u⁻¹. A instalação sistemas de geração complementar a partir de painéis fotovoltaicos e aerogeradores de menor escala contribuem diretamente para a redução das emissões associadas ao consumo de energia elétrica pela redução da dependência do consumo pelo SIN.

Otimização do transporte de pessoas e materiais

Priorizar o uso de biocombustíveis nos veículos institucionais permite uma redução imediata nas emissões diretas de GEE. Ao utilizar etanol em substituição a gasolina, as emissões evitadas são de 2,21 kg de CO₂ por litro de combustível consumido.

Incentivar o compartilhamento do transporte, por meio da roteirização eficiente para o deslocamento de pessoas e logística de materiais entre as unidades do IFAL e para as visitas

técnicas associadas às atividades acadêmicas e reduzir a frota de veículos movidos a combustíveis fósseis, substituindo-os gradativamente por opções híbridas ou elétricas são ações que contribuirão diretamente para a redução das emissões diretas de GEE associadas ao transporte de pessoas. Disponibilizar pontos de recarga para veículos elétricos e híbridos nos estacionamentos das unidades também é uma ação que visa incentivar as reduções institucionais de GEE.

Teletrabalho e transformação digital

Estimular as práticas de teletrabalho para atividades administrativas e acadêmicas que não exijam a presença física constante nas unidades do IFAL e priorizar a realização de reuniões virtuais impactam diretamente na redução no consumo de combustíveis e energia elétrica e na geração de resíduos associados às atividades presenciais. Adotar o ensino híbrido, a digitalização dos materiais didáticos e adoção de plataformas de ensino à distância também são soluções para a redução das emissões diretas e indiretas de GEE do IFAL.

Gestão de resíduos sólidos e efluentes

Implementar programas de coleta seletiva e reciclagem de resíduos sólidos em todos os campi reduz as emissões diretas de GEE, bem como visa a integração dos campi com a população por meio de convênios com cooperativas locais de reciclagem. Gerir o consumo de água e realizar campanhas do uso consciente impactam diretamente na redução da geração de efluentes líquidos. Adotar ações para reduzir a quantidade de material destinado a aterros, como a compostagem de material orgânico, e a instalação de estações de tratamento de efluentes líquidos, permitindo o reuso de água.

A adoção dessas práticas promoverá a sustentabilidade ambiental e a responsabilidade social da instituição, consolidando seu compromisso com a redução do impacto ambiental e a construção de um futuro mais sustentável.

6. CONCLUSÕES

O presente estudo avaliou as emissões de GEE do IFAL nos anos de 2019 e 2022, abrangendo os escopos 1, 2 e 3, com foco nas atividades de seis unidades: Reitoria, Maceió, Marechal Deodoro, Piranhas, Satuba e Rio Largo. Os resultados revelaram uma redução geral de -11,7% nas emissões totais de GEE, impulsionada principalmente pela queda no consumo de energia elétrica (-18,5%) e pela diminuição do uso de combustíveis fósseis (-9,11%).

Essa redução pode ser relacionada à implementação do teletrabalho, do ensino remoto, da virtualização de reuniões e eventos e da digitalização de processos, impulsionados pela pandemia de COVID-19. A menor ocupação dos prédios e a redução das atividades presenciais podem ter contribuído para a diminuição no consumo de energia elétrica e na demanda por transporte, gerando reflexos nas emissões de GEE.

No entanto, o estudo também evidenciou desafios na gestão das emissões de GEE no IFAL. A Reitoria apresentou um aumento no consumo de combustíveis (66,15%), entretanto, não há dados disponíveis que justifiquem este incremento no ano de 2022. As emissões fugitivas de gases refrigerantes também aumentaram (33,66%), demandando atenção, tanto para a adoção de sistemas de refrigeração mais sustentáveis, quanto para a gestão efetiva do ciclo de vida dos equipamentos e seus gases. Outro ponto crítico reside na falta de controle institucional sobre as emissões agrícolas e na ausência de dados de algumas unidades com atividades similares. Outrossim, a gestão dos RSU e da geração dos efluentes exige atenção, visto que estes dados não são controlados pelas unidades inventariadas.

Diante deste cenário, a implementação de medidas para a gestão eficiente das emissões de GEE no IFAL se torna crucial. A instituição deve aprimorar o monitoramento das fontes de emissão, implementando uma metodologia unificada para registro e controle do consumo de combustíveis, energia elétrica, gases refrigerantes, fertilizantes e outros recursos, bem como para a geração de RSU e efluentes líquidos. A otimização do transporte, com a redução da frota de veículos a combustão e incentivos ao uso de alternativas mais sustentáveis, também é fundamental. A gestão de resíduos sólidos e efluentes, com a implementação de programas de coleta seletiva, estações de tratamento e reuso de água, contribuirá para a redução das emissões indiretas de GEE.

Em suma, o IFAL demonstrou avanços na redução de suas emissões de GEE, impulsionados pelas mudanças nos métodos de trabalho durante a pandemia. No entanto, a instituição precisa superar os desafios de gestão e controle de emissões, investindo em tecnologias e práticas mais sustentáveis para consolidar seu compromisso com a

responsabilidade ambiental e a construção de um futuro mais sustentável. A adoção das medidas propostas neste estudo permitirá ao IFAL avançar na redução e neutralização de suas emissões de GEE, contribuindo para o combate às mudanças climáticas e para a formação de cidadãos conscientes e engajados com a sustentabilidade.

7. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT ISO 14064: Gases do efeito estufa. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT PR 2030: Prática Recomendada: ABNT PR 2030: Ambiental, social e governança (ESG) – Conceitos, diretrizes e modelo de avaliação e direcionamento para organizações. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ALAGOAS. Caracterização geográfica, Catálogo de dados do Estado de Alagoas, 2021. Disponível em: <https://dados.al.gov.br/catalogo/dataset/1efe01db-50eb-4741-b73f-c1a199e5f788/resource/61c4227e-0886-4e96-a489-4c155a4fd141/download/caracterizacao-municipal-ok.xls>. Acesso em: 21 dez. 2023.

BHANDER, G.S., CHRISTENSEN, T.H., HAUSCHILD, M.Z. EASEWASTE - Life cycle modeling capabilities for waste management technologies. International Journal of Life Cycle Assess, v. **15**, p. 403–416, 2010.

BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/12187.htm. Acesso em: 22 mar. 2022.

BRASIL. NDC - a ambição climática do Brasil, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/mudanca-do-clima/NDC>. Acesso em: 22 mar.2024.

CWD. Historical GHG Emissions: Global Historical Emissions, Climate Watch Data, 2021. Disponível em: https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?end_year=2021&start_year=1990. Acesso em: 24 nov. 2024.

GENEIDY, S.E., BAUMEISTER, S., GOVIGLI, V. M., ORFANIDOU, T., WALLIUS, V. The carbon footprint of a knowledge organization and emission scenarios for a post-COVID-19 world. Environmental Impact Assessment Review, v. 91, 106645, 2021.

FILIMONAU, V., ARCHER, D., BELLAMY, L., SMITH, N., WINTRIP, R.. The carbon footprint of a UK University during the COVID-19 lockdown. *Science of the Total Environment*, 756, 143964, 2021.

FGV. Programa Brasileiro GHG Protocol. Fundação Getúlio Vargas, 2008. Disponível em: <https://eaesp.fgv.br/centros/centro-estudos-sustentabilidade/projetos/programa-brasileiro-ghg-protocol>. Acesso em: 27 set. 2022.

FGV. Emissões Históricas do Programa Brasileiro GHG Protocol. Fundação Getúlio Vargas, 2023. Disponível em: <https://registropublicodeemissoes.fgv.br/estatisticas/emissoes-historicas>. Acesso em: 27 set. 2023.

HASEEB, M., TAHIR, Z., BATOOL, S. A., MAJEED, A., AHMAD, S. R., KANWAL, S. The carbon footprint of a public sector University before and during the COVID-19 lockdown. *Global NEST Journal*, v. 24(1), 29-36, 2022.

IFAL. Plano de Gestão de logística sustentável (PLS-IFAL), exercício 2019 a 2023. Disponível em: <https://www2.ifal.edu.br/o-ifal/planejamento-institucional/sustentabilidade>. Acesso em: 22 mar. 2022.

IFAL. Portaria nº 1303, de 19 de março de 2020. Suspende os atendimentos presenciais no Instituto Federal de Alagoas. Disponível em: <https://www2.ifal.edu.br/medidas-administrativas-de-combate-ao-coronavirus/arquivos-medidas-administrativas/portaria-suspende-o-atendimento-no-ifal>. Acesso em: 27 set. 2022.

IFAL. Portaria nº 3343, de 25 de outubro de 2021. Autoriza o retorno às atividades administrativas e acadêmicas presenciais no IFAL. Disponível em: https://www2.ifal.edu.br/noticias/ifal-publica-normativos-para-retomada-de-atividades-administrativas-e-academicas-presenciais/portaria_ifal_2021_3343.pdf. Acesso em: 27 set. 2022.

IFAL. Campi do Instituto Federal de Alagoas. Disponível em: <https://www2.ifal.edu.br/campus>. Acesso em: 27 set. 2024.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 6. Wastewater treatment and discharge, 2006. Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl>. Acesso em: 27set. 2022.

IPCC. AR5 – Chapter 08: Anthropogenic and Natural Radioative Forcing, 2014. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf. Acesso em: 27set. 2022.

IPCC. Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change In Press, 2021. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>. Acesso em: 30 out. 2024.

LIU, J., TIAN, J., LYU, W., YU, Y. The impact of COVID-19 on reducing carbon emissions: From the angle of international student mobility. Applied Energy, 317, 119136, 2022.

MAOCAI, S., WEI H., MING C., BIAO S., GUANGMING Z., YAXIN Z. (Micro)plastic crisis: Un-ignorable contribution to global greenhouse gas emissions and climate change, Journal of Cleaner Production, v. 254, 120138, 2020.

MCTI. Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, Capítulo 2: Quarto Inventário Nacional de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/comunicacoes-nacionais-do-brasil-a-unfccc/arquivos/4comunicacao/4_com_nac_brasil_web.pdf >. Acesso em: 30 jan. 2023.

MCTI. Fator médio - Inventários corporativos. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/cgcl/paginas/fator-medio-inventarios-corporativos>. Acesso em: 27set. 2023.

ONU. Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 13 – Ação contra a mudança global do clima. Nações Unidas, Brasil, 2024. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/13>, Acesso em: 10 set. 2024.

OWD. Emissions by sector, CO₂ and GHG Emissions. Our World in Data, , 2023. Disponível em: <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>. Acesso em: 30 jan. 2023.

PIGIRS. Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos - SEMARH, Alagoas, 2016. Disponível em: <http://www.residuossolidos.al.gov.br/planos/intermunicipal>. Acesso em 30 jan. 2023.

PNP. Plataforma Nilo Peçanha. Ministério da Educação, 2023. Disponível em: <http://plataformanilopecanha.mec.gov.br>. Acesso em: 22 mar. 2023.

PRASARA-A, J., BRIDHIKITTI, A., SRINON, M., THUAYJAN, T., RAGSASILP, A., & SILALERTRUKSA, T. Carbon Footprint Reduction Measures for a Higher Educational Institution: Lessons Learned from COVID-19 Pandemic. *Chemical Engineering Transactions*, v. 111, p. 667-672, 2024.

SILVA, C. O.; KONRAD, O.; CALLADO, N. H.; ARAUJO, L. G. S.; HASAN, C. Resíduos sólidos urbanos de Maceió/AL: análise da composição gravimétrica sob influências sazonais. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.11, n.3, p.426-439, 2020.

SIRENE. Inventário nacional de emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros de gases de efeito estufa. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene>. Acesso em: 20 set. 2023.

SUN, L., KAUFMAN, M. F., SIRK, E. A., DURGA, S., MAHOWALD, N. M., YOU, F. COVID-19 impact on an academic institution's greenhouse gas inventory: The case of Cornell University. *Journal of Cleaner Production*, v. 363, 132440, 2022.

UNFCCC. The Paris Agreement. United Nations Climate Change, 2016. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>. Acesso em: 21 jan. 2024.

WEBER, C., MATTHEWS, D., VENKATESH, A., COSTELLO, C., MATTHEWS, H.S. The 2002 US benchmark version of the economic input-output life cycle assessment (EIO-LCA) model. Green Design Institute, Carnegie Mellon University, June 16, 2009.

WRI. The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard. World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development, 2004. ISBN 1-56973-568-9.

WRI. Metodologia do GHG Protocol para agricultura. WRI Brasil e Unicamp, 2015. Disponível em: <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2022-12/Metodologia.pdf>. Acesso em: 21 mai. 2023.

WMO. Greenhouse gas bulletin: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global, World Meteorological Organization. Observations through 2020, v. 17, 2021. Disponível em: https://library.wmo.int/viewer/58705/download?file=GHG_17_en.pdf&type=pdf&navigator=1. Acesso em: 21 jan. 2024.

APÊNDICE A: PAINEL DE MONITORAMENTO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS