



Universidade de Brasília - UnB  
IG / IB / IQ / FACE - ECO / CDS  
Bacharel em Ciências Ambientais

William Bach

**ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO CAMPUS  
DARCY RIBEIRO DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA EM 2023: UMA  
ABORDAGEM BASEADA NO PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL**

Brasília  
2024

William Bach

**Estimativa das emissões de Gases de Efeito Estufa do Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília em 2023: uma abordagem baseada no Programa Brasileiro GHG Protocol**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Brasília como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Ângelo Henrique de Lira Machado

Brasília

2024

William Bach

**Estimativa das emissões de Gases de Efeito Estufa do Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília em 2023: uma abordagem baseada no Programa Brasileiro GHG Protocol**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Brasília como requisito parcial para a obtenção do título de grau de bacharel em Ciências Ambientais.

Data da aprovação: 18/09/2024

---

Prof. Ângelo Henrique de Lira Machado — Orientador  
Doutor em Química  
Professor do Instituto de Química (UnB)

---

Prof. Diego Pereira Lindoso — Membro da Banca  
Doutor em Desenvolvimento Sustentável  
Professor do Centro de Desenvolvimento Sustentável (UnB)

---

Prof. Pedro Henrique Zuchi da Conceição — Membro da Banca  
Doutor em Economia  
Professor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da  
Universidade de Brasília (UnB)

*Dedico este trabalho a todos que enxergam a possibilidade de melhorar o futuro que compartilhamos. Espero que este seja um passo para fazermos isso.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, por me apoiarem sempre e me inspirarem. Amo vocês. As minhas irmãs, por também terem me educado. A minha vó, vô, opa e oma, obrigado por me ensinarem muito com suas histórias. Às minhas tias e tios, pessoas incríveis.

A todos meus professores, que me fizeram crescer muito, fundamentando e refinando meu aprendizado. Estou aqui hoje graça a vocês. A Elaine, que me guiou pela UnB durante essa graduação. Aos professores que acreditaram nesse projeto. Obrigado aos que colaboraram para este projeto.

Aos meus amigos, do ensino médio a faculdade. Acompanharam muito daquilo que vivi e, espero, aquilo que ainda irei viver. Sabrina, Rebeca, Bianca, Iara, Oto, Angelo, Ísis e Mariana, pessoas que jamais irei esquecer e que considero como parte da minha vida. Lívia, André, Beatriz, Daniel, Marina, Mariana, Rebeca, Matheus, Iara, Vitória, Bruno, Luíza, Natan, Hugo, Hian, Lucas, Giovana, Luiza Veras, Jeeny, Camille, Larissa, Roger, Madujes, Victória, Stella, Brenda, Malu e amigos da O2 Consultoria Ambiental Júnior, vocês foram parte da minha formação, como pessoa em especial, e por isso agradeço. Sandra, Layla, Zuri, Jorge, Johana, Christian, Iratxe e Yoli obrigado por fazerem da Galícia um lugar tão especial para mim.

A Cindy Yasmin. Obrigado por estar comigo mesmo tão longe. Te quero.

A Thalita e Luiza, com quem compartilhei histórias.

A todos que formaram minha vida profissional. Juliana por me ensinar tanto sobre mudanças climáticas e profissionalismo. À Superintendência de Meio Ambiente e Sustentabilidade da CNI. Luciano, por me mostrar novas perspectivas.

Agradeço em especial à Rafaela, pessoa incrível e genial que me apresentou o que é um inventário de emissões e supervisionou este trabalho. Obrigado.

“Somos a primeira geração a sentir o efeito da mudança climática e a última geração que pode fazer algo sobre isso.”

- Barack Obama, Ex-presidente dos Estados Unidos da América.

## RESUMO

Frente à crise climática, inventários de emissões de gases de efeito estufa (GEE) são relevantes instrumentos para compreensão da contribuição de organizações para as mudanças climáticas. Procedimentos de Mensuração, Relato e Verificação são métodos e diagnósticos que permitem a empresas e organizações conhecerem suas fontes de emissões de GEE, com vistas a mitigar contribuição de suas atividades para o Efeito Estufa. A disponibilidade de ferramentas, como a proposta pelo Programa Brasileiro GHG Protocol permite que organizações de diversas finalidades possam realizar inventários acurados, gerando informações que podem fundamentar ações concretas de mitigação das suas emissões de GEE. A Universidade de Brasília, em especial seu Campus Darcy Ribeiro, é um grande polo de conhecimento do Brasil. Até o momento, não foi realizado um inventário das fontes e sumidouros para ele. Nesse sentido, este trabalho buscou a mensuração e relato das emissões de GEE deste Campus, tomando como base a ferramenta do Programa Brasileiro GHG Protocol. Tal trabalho tem o fim de iniciar o relato de emissões e remoções e fundamentar futuras estratégias de descarbonização da Universidade de Brasília.

**Palavras-chave:** Mudança Climática, MRV, Inventário de Emissões, PBGHG Protocol, Universidades Sustentáveis.

## ABSTRACT

In the face of the climate crisis, inventories of greenhouse gas emissions (GHG) are important tools for understanding the contribution of organizations to climate change. Measurement, reporting and verification procedures are methods and diagnoses that allow companies and organizations to know their sources of GHG emissions with a view to mitigating the contribution of their activities to the Greenhouse Effect. The availability of tools such as the Brazilian GHG Protocol Program allows organizations of various purposes to carry out accurate inventories, generating information that can support concrete actions to mitigate their GHG emissions. The University of Brasilia, especially its Darcy Ribeiro Campus, is an important knowledge hub in Brazil. To date, there has been no inventory of its GHG emissions sources and removals. In this sense, this work aims to propose a procedure for measuring and reporting emissions for this campus based on the tools of the Brazilian GHG Protocol Program. The purpose of this work is to start reporting emissions and removals and to provide a basis for future decarbonization strategies of the University of Brasilia.

**Keywords:** Climate Change, MRV, Emissions Inventory, Greenhouse Gases, Brazilian GHG Protocol Program, Sustainable Universities.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa do Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília	36
Figura 2 – Organograma da Universidade de Brasília	38
Figura 3 – Painel de cálculo de emissões por combustão estacionária na ferramenta de cálculo do PBGHG. Todas as abas da ferramenta contam instruções para inserção dos dados para a medição das emissões	41
Figura 4 – Planilha de cálculo do PBGHG em sua aba de emissões por combustão estacionária (escopo 1). As células marcadas em laranja são aquelas que devem ser preenchidas com os dados adquiridos para o inventário	42
Figura 5 – Instruções de preenchimento de planilha de cálculo para emissões por combustão móvel	43
Figura 6 – Aba de cálculo de emissões fugitivas por balanço de massa	46
Figura 7 – Categorias de uso da terra consideradas na ferramenta para contabilização do escopo 1 do inventário	48
Figura 8 – Aba de relato do escopo 2, abordagem por localização	51
Figura 9 – Tabela de cálculo para inserir os dados já processados de pesquisa e estimados para o público do Campus Darcy Ribeiro	53
Figura 10 – Tabela de mensuração de emissões por transporte particular	53
Figura 11 – Preenchimento da ferramenta de cálculo do PBGHG com as informações já calculadas de emissões por incineração dos resíduos	55
Figura 12 – Tabela de classificação da composição do resíduo	57
Figura 13 – Aba de controle de aeroportos da ferramenta de cálculo do GHG Protocol	59
Figura 14 – Aba de emissões por viagens a negócios, escopo 3, preenchida	59
Figura 15 – Distribuição das emissões de GEE por fontes mensuradas em inventário de 2023 do Campus Darcy Ribeiro.	62
Figura 16 – Porcentagem de emissões, por escopos e emissões biogênicas, mensuradas no Campus Darcy Ribeiro	62
Figura 17 – Quadro resumo de emissões, consolidadas por escopo, em toneladas métricas de cada gás de efeito estufa calculado pela ferramenta	63
Figura 18 – Quadro resumo de emissões, consolidadas por escopo, em toneladas métricas de CO <sub>2</sub> equivalente de cada GEE	64

Figura 19 – Tabela de resultados de emissões de CO2 biogênico segundo a ferramenta de cálculo

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Compromisso Brasileiro junto à UNFCCC de redução de emissões líquidas de GEE, conforme reportado no Inventário Nacional de Emissões por Fontes e Remoções por Sumidouros de GEE não controlados pelo Protocolo de Montreal, segundo valores do GWP AR5	19
Tabela 2 – Resultados de emissões de Gases de Efeito Estufa em 2020, por setor	21
Tabela 3 – Dados de aquisição de combustíveis para combustão móvel pelo Campus Darcy Ribeiro em 2023	44
Tabela 4 – Emissões móveis, escopo 1, geradas pelo consumo de combustível	44
Tabela 5 – Potencial de produção de energia elétrica do Campus Darcy Ribeiro no ano de 2023	49
Tabela 6 – Consumo de energia elétrica mensal, em MWh, do Campus Darcy Ribeiro, no ano de 2023, as emissões de CO <sub>2</sub> calculadas pela abordagem de localização	51
Tabela 7 – Emissões calculadas segundo a ferramenta do PBGHG, atribuídas ao consumo de energia elétrica, por unidade do Campus Darcy Ribeiro	52
Tabela 8 – Emissões por incineração	55
Tabela 9 – Pedido de dados de emissões estacionárias	76
Tabela 10 – Informações necessárias para preenchimento da aba de emissões móveis	78
Tabela 11 – Dados para preenchimento de fontes de emissões fugitivas	80
Tabela 12 – Resultados do cálculo de emissões, em tCO <sub>2</sub> e por incineração de resíduos	86
Tabela 13 – Método de classificação das frações do resíduo conforme a ferramenta de cálculo do Programa Brasileiro GHG Protocol.	88

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Escopos do PBGHG para inventário de emissões	22
Quadro 2 – Relação dos escopos e descrição de suas fontes em inventários de universidades segundo a literatura	30
Quadro 3 – Qualificação dos aterros sanitários segundo a ferramenta de cálculo do PBGHG, condição que influencia o fator de emissão do resíduo nele aterrado	56
Quadro 4 – Quadro resumo do procedimento de MRV do Campus Darcy Ribeiro, contendo as tCO <sub>2</sub> e emitidas no ano de 2023 em seu inventário parcial e o meio de aquisição desta informação	61
Quadro 5 – Escopos do PBGHG para inventário de emissões	73
Quadro 6 – Gases de Efeito Estufa, abarcados pelo Protocolo de Quito, que podem ser fonte de emissões fugitivas	80
Quadro 7 – Gases de Efeito Estufa, abarcados pelo Protocolo de Quito, que podem ser fonte de emissões fugitivas	82
Quadro 8 – Qualificação dos aterros sanitários segundo a ferramenta de cálculo do PBGHG, condição que influencia o fator de emissão do resíduo nele aterrado	89



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CGR	Coordenação de Gerenciamento de Resíduos
DAF	Decanato de Administração da Universidade de Brasília
DOC	<i>Degradable organic component</i> , ou componente orgânico degradável
FGV	Fundação Getúlio Vargas
GEE	Gases de Efeito Estufa
GHG	<i>Greenhouse gases</i>
HFCs	Hidrofluorcarbonetos
INFRA	Secretaria de Infraestrutura da Universidade de Brasília
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> , ou Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima
IPPU	<i>Industrial Processes and Product Use</i>
ISO	International Organization for Standardization
LULUCF	<i>Land use, land-use change, and forestry</i>
MCTI	Ministério da ciência, tecnologia e inovação
MRV	Mensuração ou Medição, Relato e Verificação
NDC	<i>Nationally Determined Contribution</i> , ou em português Contribuições Nacionalmente Determinadas
PBGHG	Programa Brasileiro GHG Protocol
PFCs	Perfluorcarbonetos
REC	<i>Renewable Energy Certificate</i> ou Certificado de Energia Renovável
SeMA	Secretaria de Meio Ambiente da Universidade de Brasília
SIN	Sistema Interligado Nacional
SIRENE	Sistema de Registro Nacional de Emissões
tCO <sub>2</sub> e	Toneladas de CO <sub>2</sub> equivalente
UnB	Universidade de Brasília
UNFCCC	<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i> , ou em português Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development
WRI	World Resources Institute

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	INVENTÁRIOS DE GASES DE EFEITO ESTUFA	18
2.1	Os inventários de gases de efeitos estufa como ação climática	18
2.2	Aplicação de inventários de emissões em instituições de ensino superior	24
3	OBJETIVOS	34
3.1	Objetivo Geral	34
3.2	Objetivos específicos	34
4	MATERIAIS E MÉTODOS	35
4.1	Área de estudo	35
4.1.1	Limites geográficos	36
4.1.2	Limites organizacionais	36
4.2	Coleta de dados	37
4.3	Identificação de possíveis fontes de emissão e remoções e medição	39
5	RESULTADOS	41
5.1	Escopo 1	41
5.1.1	Combustão estacionária	41
5.1.2	Combustão móvel	43
5.1.3	Emissões fugitivas	45
5.1.4	Processos industriais	46
5.1.5	Atividades de agricultura	47
5.1.6	Emissões de mudança de uso do solo	47
5.1.7	Emissões do tratamento de resíduos sólidos	49
5.1.8	Efluentes	49
5.2	Escopo 2	49

		15
5.2.1	Aquisição de energia elétrica por abordagem de localização	50
5.3	Escopo 3	52
5.3.1	Emissões casa-trabalho	52
5.3.2	Resíduos sólidos tratados por terceiros	54
5.3.3	Resíduos incinerados	54
5.3.4	Resíduos sólidos da operação	55
5.3.5	Viagens a negócios	58
5.4	Gases não cobertos pelo Protocolo de Quioto	59
5.5	Resultados parciais inventário	60
6	DISCUSSÃO	65
7	CONCLUSÕES	67
8	REFERÊNCIAS	69
	APÊNDICE B – MODELO DE MEMORANDO – PEDIDO DE DADOS DE FONTES DE EMISSÕES POR COMBUSTÃO ESTACIONÁRIA - ESCOPO 1	75
	APÊNDICE C – MODELO DE MEMORANDO – PEDIDO DE DADOS DE FONTES DE EMISSÕES POR COMBUSTÃO MÓVEL - ESCOPO 1	77
	APÊNDICE D – MODELO DE MEMORANDO – PEDIDO DE DADOS DE EMISSÕES FUGITIVAS – ESCOPO 1	79
	APÊNDICE E – MODELO DE FORMULÁRIO DE PESQUISA PARA MENSURAÇÃO DE EMISSÕES POR TRANSPORTE CASA-TRABALHO – ESCOPO 3	83
	APÊNDICE F – MEMÓRIA DE CÁLCULO – EMISSÕES POR TRATAMENTO DE RESÍDUOS (RESÍDUOS SÓLIDOS) GERADOS NA OPERAÇÃO – RESÍDUOS SÓLIDOS INCINERADOS – ESCOPO 3	85
	APÊNDICE G – MODELO DE MEMORANDO – PEDIDO DE DADOS DE EMISSÕES POR RESÍDUOS ATERRADOS - ESCOPO 3	88

## 1 INTRODUÇÃO

A crise climática é um dos principais temas que preocupam a Humanidade. Há crescente pessimismo frente à possibilidade de intensificação dos eventos climáticos extremos e com capacidade de prejudicar as atividades antrópicas e naturais no planeta.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (IPCC) afirma ser indiscutível que a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) tem causado mudanças no clima do planeta. Frente a isso, corporações, empresas, setor público e terceiro setor tem se mobilizado para investigar e agir frente a essa crise ambiental climática.

Inventários de emissões institucionais são um instrumento fundamental para o diagnóstico de como organizações podem agir para reduzir seus impactos nas mudanças climáticas. Uma vez realizado um inventário é possível identificar as principais fontes de emissões e, assim, desenhar estratégias para descarbonização.

Iniciar o procedimento de inventário de emissões, entretanto, requer conhecimento dos limites organizacionais, um diagnóstico holístico de possíveis fontes e sumidouros de GEE além do entendimento de onde encontrar os registros para cálculo das emissões. Em vista disso, a iniciativa do Programa Brasileiro GHG Protocol disponibilizou sua ferramenta de cálculo, com meios de medição confiáveis, a fim de facilitar o procedimento de Mensuração, Relato e Verificação (MRV) de emissões e remoções de gases de efeito estufa.

Instituições de ensino superior são relevantes agentes formadores na sociedade, de papel fundamental na educação ambiental de um indivíduo. Pode-se encontrar, na literatura, diversas iniciativas de universidades que publicam inventários de emissões e remoções como primeiro passo para sua ação climática. A Universidade de Brasília é uma instituição de ensino superior que tem tido, desde a década de 1960, destaque no cenário da educação Brasileira. Esta tem apresentado relevantes avanços na sua atuação ambiental, promovendo essa agenda por meios de educação e de extensão.

O seu primeiro Campus, o Darcy Ribeiro, é onde muitas das suas atividades se concentram. Esse importante centro congrega cursos de graduação a de pós-graduação, cujas atividades antrópicas resultam na emissão de GEE. Não há,

entretanto, registros de inventários dessas emissões para a instituição até este momento.

Em vista do papel formador e da capacidade de fazer frente à mudança climática, a Universidade de Brasília pode tomar ações construtivas no sentido de desenvolver procedimentos de coleta de informações para mensurar sua contribuição ao efeito estufa. Com o registro de tais emissões e a validação dessas informações, é possível que a organização passe a tomar medidas no sentido de reduzir emissões.

Nesse contexto, este trabalho de conclusão de curso tem o objetivo de fazer a mensuração e relato de emissões de Gases de Efeito Estufa no Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília. Para a construção desse protocolo de Monitoramento, Relato e Verificação, os dados do ano de 2023 foram coletados como inventário de referência.

## 2 INVENTÁRIOS DE GASES DE EFEITO ESTUFA

### 2.1 Os inventários de gases de efeitos estufa como ação climática

Entre tensões geopolíticas, riscos e crises econômicas e hostilidades regionais, para citar algumas das maiores ameaças que a sociedade enfrenta, um dos fatores que mais influenciam o temor em anos recentes são as mudanças climáticas e eventos climáticos extremos. Os dados apresentados no Relatório de Riscos Globais 2024 do World Economic Forum (WRI, 2024) relativos à percepção de riscos globais de impactos negativos sobre instituições e sociedades em escala global reforçam esta afirmação.

O pessimismo cresce mundialmente, com riscos ambientais sendo um dos fatores dominantes: dois terços dos consultados disseram que condições climáticas extremas são o risco mais presente em 2024, sendo também percebido como o mais severo nos próximos dois anos. Esse é um padrão que tem se repetido em relatórios anteriores. Mesmo assim, os entrevistados discordam que mudanças críticas no sistema planetário quanto a riscos ambientais sejam uma urgência (WRI, 2024).

Em suma, o medo das consequências das mudanças climáticas e a percepção de seus efeitos é notável, no entanto, a ação climática para intervir no trajeto das modificações que o sistema planetário está passando mostra-se como não prioritária.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, ou IPCC) reafirma, em seu Sexto Relatório de Avaliação das mudanças climáticas e seus impactos (Calvin *et al.*, 2023), que atividades humanas, especialmente aquelas relacionadas a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) tem causado aquecimento da superfície terrestre. Seguramente, tais mudanças têm causado impactos adversos relacionados a perdas e danos tanto à natureza como a pessoas. À medida que as mudanças climáticas decorrentes da emissão de GEE se acentuam, crescem os riscos e efeitos adversos sobre o bem-estar social e planetário.

Cenários de acentuação das alterações climáticas globais levaram as nações a discutirem e negociarem acordos que chegassem a uma escala global de participação e esforço coletivo entre as partes. Apesar de esforços anteriores terem sido feitos, como o Protocolo de Quioto (1997), foi no Acordo de Paris (2015) que se

firmou um compromisso mundial de preparação, atualização e reporte de ações de mitigação de emissões de GEE e outras contribuições (Brun, 2016). Os esforços de contribuição individual das nações, sob este Acordo, foram chamados de Contribuições Nacionalmente Determinadas, também referidas por sua sigla em inglês, NDC.

Mitigação, segundo o IPCC (2024), é a intervenção para a redução dos efeitos humanos sob o sistema climático. Assim, mitigação abarca a limitação de emissões de GEE lançados na atmosfera, assim como a potencialização das remoções desses gases.

Em 2023 o Brasil atualizou o seu compromisso junto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (ou sua sigla em inglês, UNFCCC), ajustando a sua meta de redução de emissões líquidas<sup>1</sup> de GEE. Tomando as emissões de 2005 como referência, o Brasil se comprometeu a reduzir as suas emissões líquidas absolutas em 53,1% até 2030, além de manter seu objetivo de alcançar a neutralidade climática em 2050, como pode ser visto na tabela 1 (Brasil, 2023).

Tabela 1 – Compromisso Brasileiro junto à UNFCCC de redução de emissões líquidas de GEE, conforme reportado no Inventário Nacional de Emissões por Fontes e Remoções por Sumidouros de GEE não controlados pelo Protocolo de Montreal, segundo valores do GWP AR5

Ano	Emissão líquidas de GEE em gigatoneladas de CO <sub>2</sub> equivalente	% de redução comparado com o ano base (2005)
2005	2,56 GtCO <sub>2</sub> e	-
2025	1,32 GtCO <sub>2</sub> e	48,4%
2030	1,20 GtCO <sub>2</sub> e	53,1%
2050	0,0 GtCO <sub>2</sub> e	100%

Fonte: Brasil (2023)

Mecanismos de Mensuração ou Medição, Relato e Verificação (MRV) são fundamentais como ferramentas de controle de emissões de GEE, sendo habilitadores

<sup>1</sup> Contabilizações de emissões líquidas são aquelas que consideram sumidouros de GEE, ou seja, contam as remoções. Emissões brutas, no entanto, contabilizam apenas os GEE que foram emitidos à atmosfera, não subtraindo aqueles gases que foram capturados em forma de vegetação ou outras formas de sumidouro.

de planos de mitigação e comunicação de organizações (CNI, 2024). A Mensuração utiliza de ferramentas de medição para fazer o cálculo dos fluxos de GEE da organização. O Relato compila e transmite as informações do inventário. A Verificação é uma etapa adicional que trata de averiguar a integridade e confiabilidade da Mensuração e Relato pela submissão deste por uma auditoria independente.

Para a Verificação é imprescindível que a organização tenha registro adequado que comprove os dados obtidos e relatados. Isso pode ser feito na forma de registros, comprovantes ou declarações quanto às compras realizadas, de forma que a auditoria independente possa atestar a integridade dos dados declarados (Monzoni *et al.*, 2011).

Como uma das obrigações do Brasil junto à UNFCCC, o país inventaria e atualiza periodicamente a contabilização de emissões e remoções de GEE por atividades antrópicas usando metodologias do IPCC (MCTI, 2010). É de atribuição do Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE), instrumento do governo no processo de MRV nacional, fazer o inventário de emissões e remoções de GEE não controlados pelo Protocolo de Montreal (sendo estes últimos monitorados separadamente por serem, além de GEE, degradadores da camada de ozônio) (MCTI, 2020).

Segundo o IPCC, emissões de GEE podem ser geradas a partir das seguintes atividades antrópicas, de forma resumida: energia; processos industriais e uso de produtos; agricultura, silvicultura e mudanças no uso da terra; e resíduos (Guendehou *et al.*, 2019).

Conforme o IPCC, há 18 gases com potencial de aumentar o efeito estufa, mas o Protocolo de Quioto, assim como o Acordo de Paris, quantifica, para efeitos de inventários e cálculo, a emissão antropogênica de seis, conforme o Apêndice A do Protocolo: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorcarbonetos (HFCs), perfluorcarbonetos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>) (UNFCCC, 1997). Uma vez que cada uma destas moléculas tem diferentes potenciais na retenção de calor na atmosfera e, assim, de contribuir para o Efeito Estufa, o IPCC normatiza como métrica a equivalência do potencial de retenção de calor do CO<sub>2</sub>, ou Potencial de Aquecimento Global, criando assim a unidade de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e) amplamente utilizada na literatura (IPCC, 1995).

Em seu Sexto Relatório de Estimativas Anuais de Gases de Efeito Estufa no Brasil (MCTI, 2022) dedicado à mensuração das contribuições brasileiras para as emissões e remoções globais de GEE, o governo brasileiro estima que, entre os anos de 1990 e 2020, o dióxido de carbono foi o GEE que teve maior participação nas emissões do país. Uma das maiores fontes nacionais deste gás é a emissão por Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (também denominada por *Land use, land-use change, and forestry* em inglês ou por sua sigla LULUCF), que apenas em 2020 emitiu o equivalente a 637.039 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>e, valor que é seis vezes maior do que aquele declarado para Processos Industriais e Uso de Produtos (*Industrial Processes and Product Use*, ou IPPU), que está relacionado à emissão de 101,94 milhões de tCO<sub>2</sub>e no mesmo período, como pode ser observado na tabela 2.

Tabela 2 – Resultados de emissões de Gases de Efeito Estufa em 2020, por setor

Setores	Emissões totais (milhões de tCO <sub>2</sub> e)	Contribuição Setorial (%)	Gases emitidos (milhões de toneladas de CO <sub>2</sub> e)					
			CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	PFCs	HFCs	SF <sub>6</sub>
Energia	398,48	23,2%	366,91	12,57	10,01	-	-	-
IPPU	101,94	6,11%	92,45	0,80	0,36	0,24	7,76	0,33
Agropecuária	477,67	28,5%	26,00	289,6	153,06	-	-	-
LULUCF	637,04	38,0%	596,29	27,87	12,89	-	-	-
Resíduos	69,63	4,2%	0,23	66,63	2,76	-	-	-

Fonte: MCTI (2022)

Inventários de Gases de Efeito Estufa, no entanto, não são medidas de aferição de impactos antrópicos restritas a comunicação entre países. Instrumentos econômicos têm se movimentado em direção à exigência de processos de MRV, a citar sistemas de comércio de emissões (mercado de carbono) voltados ao setor privado e instrumentos de taxaço de carbono na fronteira, como o *Carbon Border Adjustment Mechanism* (Mecanismo de Ajuste Fronteiriço de Carbono, também conhecido pela sua sigla em inglês, CBAM) europeu (CNI, 2024). Inventários são, também, potentes instrumentos de comunicação e sensibilização para as organizações.

O Programa Brasileiro GHG Protocol (PBGHG), desenvolvido pela Fundação Getulio Vargas (FGV) junto ao *World Resources Institute* (WRI) e ao Ministério do

Meio Ambiente, em parceria com diversas empresas fundadoras, adota o método do *GHG Protocol* e o aplica ao contexto nacional. A plataforma brasileira de registros de emissões alberga a maior quantidade de relatos corporativos da América Latina, contemplando diversos setores econômicos que anualmente submetem essas informações (FGV, 2024). Os principais objetivos desse se baseiam na necessidade de fomentar a cultura de realização de inventários de GEE no Brasil, de forma que estes processos de MRV estejam dentro de padrões de qualidade internacional, tanto na mensuração como na sua publicação.

Derivada do *GHG Protocol*, a norma ISO 14.064 criou padrões mínimos para inventários de Gases de Efeito Estufa. Fundamentada na credibilidade, consistência e viabilidade de auditoria independente (Delaney, 2007), esta ofereceu às organizações meios de melhorar a consistência e flexibilidade no relato voluntário de inventários de GEE. Ele se aplica ao seu funcionamento como uma diretriz de boas práticas para formuladores de políticas públicas. A Norma ISO também detalha, assim como o PBGHG, os limites organizacionais, relevante instrumento para compreender a responsabilidade de relato das organizações.

O PBGHG incorporou à ferramenta de cálculo de GEE o método de cálculo do IPCC: trata-se de uma planilha de apuração que, de forma holística para qualquer espécie de organização, contempla as emissões ou remoções de GEE. A diversidade de fontes e sumidouros que ela abarca permite que seja funcionalmente utilizável em organizações que realizam diversas classes de operações, inclusive instituições públicas, científicas e técnicas. A planilha contempla os 3 escopos (Monzoni, 2008) que são os pilares de aferição para qualquer instituição, como pode ser observado no quadro 1.

Quadro 1 – Escopos do PBGHG para inventário de emissões

Escopo	Descrição	Fontes ou sumidouros abarcados
Escopo 1	Emissões ou remoções diretamente controladas ou diretamente provenientes da atividade da organização. Emissões diretas de CO <sub>2</sub> por combustão de biomassa deverão ser comunicadas separadamente.	Combustão estacionária
		Combustão móvel
		Processos industriais (químicos e físicos)

Escopo	Descrição	Fontes ou sumidouros abarcados
		Tratamento de resíduos sólidos e efluentes líquidos
		Emissões fugitivas
		Agrícolas
		Mudanças no uso do solo
Escopo 2	Calcula as emissões por aquisição de energia elétrica e térmica, comprada ou trazida para dentro da empresa. Mesmo que sejam emissões indiretas (compra de energia) estas são relatadas em escopo diferente do 3. Isso se deve especialmente pelo potencial de abatimento de emissões de muitas organizações pela redução da pegada de carbono no seu consumo dessas classes de energias.	Compra de energia elétrica
		Compra de energia térmica
Escopo 3	Trata-se de emissões indiretas, consideradas pelo PBGHG como de relato opcional. São aquelas que ocorrem por consequência das atividades da empresa, entretanto, a fonte da emissão não é controlada ou não pertence a esta. Exemplo disso são serviços terceirizados. Esta classe de emissões é considerada de relato opcional para o PBGHG. Ou seja, para um inventário ser considerado completo não há necessidade de relatar o escopo 3, desde que o escopo 1 e 2 sejam relatados integralmente.	Extração e produção de materiais e combustíveis adquiridos
		Transporte (de materiais, viagens, de empregados etc.)
		Ativos arrendados, franquias e atividades terceirizadas
		Descarte e tratamento de resíduos e efluentes
		Uso de produtos e serviços vendidos
Gases cobertos pelo Protocolo de Montreal	Apesar de nenhum escopo do PBGHG abarcar estes, ainda são contabilizados na sua ferramenta, pois apesar de ser geridos por outro acordo internacional que não o Protocolo de Quioto, também tem potencial causador de efeito estufa.	Fontes que utilizam de Gases de Efeito Estufa não cobertos pelo Protocolo de Quioto.
Emissões biogênicas	Resultado da combustão de produtos de biomassa ou biocombustíveis, essa classe é reportada separadamente dos escopos acima citados. Isso se deve a razão dessa emissão ser considerada "neutra", uma vez que trata de uma remoção, exclusivamente, do dióxido de carbono da atmosfera.	Combustão de biomassa ou biocombustíveis

Fonte: Adaptado de Monzoni (2008)

Como pode ser observado no quadro acima, o uso da planilha de cálculo de emissões do PBGHG é um instrumento que abre possibilidades para organizações, sob o contexto brasileiro, calcularem suas emissões. A definição das subcategorias, as fontes e os sumidouros abarcados por cada escopo citado acima podem ser encontrados no Apêndice A. Para o funcionamento dessa ferramenta como um método de MRV, entretanto, é preciso haver sistemas de coleta de informações sobre as fontes emissoras de GEE na organização em análise.

A ferramenta, inclusive, considera fontes de emissões e remoções biogênicas. Emissões de carbono provenientes de estoques de biomassa ou biocombustível devem ser relatadas nessa classe, uma vez que se trata do carbono que foi retirado da atmosfera e armazenado ou transformado em material combustível. Exemplos de emissões biogênicas são o carvão vegetal, queima de biomassa e o uso de etanol como combustível. Remoções biogênicas, por outro lado, ocorrem com a fixação biológica do carbono por plantas, removendo-o da atmosfera e o armazenando como biomassa (FGV, 2018a; Monzoni, 2024).

Estratégias de mitigação podem ser desenhadas a partir das informações contidas em um inventário, como a redução das emissões do escopo 1 por mudanças no consumo de materiais da organização. Outras formas de mitigar emissões são as práticas de compras sustentáveis para o escopo 3 e compra de RECs para o escopo 2. REC é a sigla para *Renewable Energy Certificate*, que é traduzido para a língua portuguesa como Certificado de Energia Renovável, um título transacionável que garante que a organização emprega energias renováveis nas suas atividades, neutralizando o impacto de emissões do seu consumo de energia elétrica da rede (FGV, 2019).

## **2.2 Aplicação de inventários de emissões em instituições de ensino superior**

Universidades são agentes fomentadores de conhecimento, com um papel fundamental na formação e conscientização de indivíduos e da sociedade, especialmente no que tange à sustentabilidade. Avaliar os impactos de atividades destas instituições de ensino superior é, assim, um passo importante para construção de planos de mitigação de emissões em diversos níveis (Cano *et al.*, 2023).

Esse papel de agente transformador e incipiente nos processos de monitoramento e relato de fluxos de GEE das universidades pode ser observado tanto em nível nacional como internacional.

A Universidade Americana de Sharjah, nos Emirados Árabes Unidos, usou do *GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard* do WRI e *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), que contém extenso detalhamento de fontes e fatores de emissões para o cálculo de tCO<sub>2</sub>e. Para cálculo das suas emissões móveis pela frota de veículos da universidade, foi identificado o rendimento de combustíveis dos veículos (litros por 100 km rodados), a distância rodada por estes no ano acadêmico e o fator de emissão por essa atividade foi obtido pelas diretrizes do IPCC (Samara *et al.*, 2022).

Não convencionalmente, foi tomado em conta no escopo 2 da universidade o consumo de água. Em consulta via e-mail aos autores, estes afirmaram que esse dado foi considerado fora do escopo 3 em desacordo com diretrizes oficiais de cálculo de emissões no inventário de 2019. No entanto, em inventários posteriores, foi devidamente realocado ao escopo 3. O fator que mais careceu de análise para este estudo foi a investigação de fontes do escopo 3, de maior complexidade para coleta de dados, por tratar de serviços e produtos fornecidos por terceiras partes ou fora do controle da universidade. A análise permitiu concluir que o escopo 2 foi o maior contribuinte para a geração de GEE nesta instituição (Samara *et al.*, 2022).

A Universitat Jaume I, na Espanha, optou por criar sua própria ferramenta, chamada de CO<sub>2</sub>UNV, desenvolvida especificamente para calcular as emissões em um campus universitário. Ela inclui as emissões típicas estimadas de centros educativos, assim como seus fatores de emissões. Essa ferramenta utilizou do GHG Protocol como base para mapear fontes e remoções, assim como dos fatores de emissões de cada fonte (Valls-Val; Bovea, 2022). Esse instrumento, apesar de estar adaptado aos casos de universidades, ainda mostra limitações para ser aplicado no caso de instituições de ensino brasileiras, quando comparado com o PBGHG Protocol. Isso se deve ao fato que este já tem cobertura de todas as fontes possíveis e, diferentemente da ferramenta CO<sub>2</sub>UNV, não precisa de adaptações para os cálculos, uma vez que já conta com os fatores de emissão para o cálculo no contexto regional

brasileiro. Além disso, o uso do PBGHG Protocol permite a comparação direta entre inventários que a utilizaram.

A ferramenta CO2UNV foi aplicada no contexto da Universitat Jaume I, na Espanha, com a obtenção de dados entre 2016 e 2019, para uma análise anual das emissões. A Universidade contabilizou, além dos 3 escopos, projetos de *offsets* (meio de compensação de emissões, como pela remoção de carbono atmosférico ou redução de emissões) por reflorestamento, apesar de não o considerar como uma fonte de remoção no escopo 1. Obteve-se que, nos anos de 2016 e 2017, o escopo 2 (restrito a eletricidade adquirida) foi o maior contribuinte, sendo sobrepassado em volume em 2018 e 2019 pelo escopo 3, nos quais as emissões por transportes foi a mais significativa (Valls-Val; Bovea, 2022).

O inventário permitiu à Universidade compreender as suas principais fontes de emissão, assim possibilitando que ela construísse um plano de ação direcionado ao abatimento do seu impacto sobre o clima, como fechamento dos edifícios em tempos sem uso, aplicação de fontes de luz menos energointensivas e troca de aparelhos de ar-condicionado por modelos mais eficientes e com menores emissões fugitivas. Além disso, a universidade passou a utilizar fontes de energia renováveis que, no período analisado, tiveram um acréscimo de participação da sua matriz energética, reduzindo seu escopo 2.

Sem utilizar a divisão baseada nos escopos 1, 2 e 3, a Universitas Pertamina, de Jacarta, Indonésia, seguiu uma metodologia diferente do GHG Protocol e aferiu as emissões pelo seu consumo de eletricidade, emissões por transporte e tratamento de resíduos (Ridhosari; Rahman, 2020). Para identificar o uso de transporte da organização, aplicou-se pesquisas, com participação de 10% do público frequentador, sobre como este se locomove até ela. A emissão por resíduos sólidos tomou em conta tanto emissões pelo seu transporte, como as geradas pelo seu tratamento em geral. Estudos gravimétricos foram feitos previamente para compreender a composição do resíduo gerado, dado que, cruzado com fatores de emissões do resíduo, permitiram estimar a média de emissões.

Concluiu-se que a maior emissão neste estudo de caso foi pelo consumo de eletricidade. Como forma de antecipar medidas de descarbonização, a universidade tem planos de instalar fontes de geração de energias renováveis, como painéis

solares e turbinas eólicas, além de reduzir o consumo de energia pelo uso de luzes com acionamento automático por sensores de movimento. Programas de gestão de resíduos para mitigar emissões também foram recomendados (Ridhosari; Rahman, 2020).

Oblitas-Romero *et al.* (2023), seguindo os passos de outras instituições de ensino superior latino-americanas, realizaram estimativas das emissões da Universidade Nacional de Jaen, no Peru, para o ano de 2021. Utilizando-se dos passos metodológicos da ISO 14064-1:2016 e do GHG Protocol, foram calculados seus escopos 1 e 2. Os gases identificados no perfil de emissão destes foram o CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub>.

A Universidad de Talca, no Chile, contabiliza suas emissões desde 2012, iniciativa que começou em um de seus campus satélite e logo abarcou toda a instituição em 2016. Para esse cálculo, ela usa a metodologia GHG Protocol do WRI/WBCSD, que guia organizações em seus inventários de GEE direta e indiretamente ligados pelas suas atividades ou acumulados ao longo do ciclo de vida de produtos e serviços (Yañez; Sinha; Vásquez, 2020). Este método também contabiliza os 3 escopos da mesma forma que o PBGHG.

Apesar da abrangência deste inventário, destaca-se que fontes do escopo 3, de relato opcional, foram selecionadas a partir de 6 critérios, entre eles a disponibilidade dos dados e a sua relevância (ou seja, volume de emissões). Yañez *et al.* (2020) frisam que o estudo também contou com exclusões de remoções biogênicas de CO<sub>2</sub> das áreas verdes da universidade, no entanto, desconsiderou emissões de reações químicas e físicas em laboratórios. Além disso, a mobilidade do corpo discente para a Universidade foi estimada baseada em uma pesquisa aplicada aos estudantes.

Como resultados, foi observado que o escopo 3 dessas instituições foi o maior contribuinte para o efeito estufa (Cano *et al.*, 2023; Yañez; Sinha; Vásquez, 2020). Tanto na Universidad de Talca, como na Universidade Nacional de Colômbia, a mobilidade estudantil apresentou-se como o maior contribuinte, sendo que nesta última os traslados representaram aproximadamente 70% das emissões totais.

Cada universidade demonstrou um diagnóstico variado de fontes emissoras para cada escopo relatado. A Universidade Nacional de Colômbia, por exemplo,

chegou a considerar o volume de e-mails enviados pela sua comunidade no escopo 3, uma vez que isso exige expressivo volume de energia consumida pelos serviços em nuvem (*cloud servers*), demonstrando um conceito bastante holístico do impacto de carbono da organização (Cano *et al.*, 2023).

Enquanto esta mesma foi capaz de calcular os fluxos de carbono por remoções biogênicas, que nada mais é do que a incorporação do CO<sub>2</sub> atmosférico para material orgânico como carbono estocado acima e abaixo do solo, em estruturas orgânicas biológicas (FGV, 2023), o inventário da Universidad de Talca não chegou a tal nível de detalhamento, apesar de também ter áreas verdes com potencial de remoção (Yañez; Sinha; Vásquez, 2020).

No Brasil, tampouco faltam exemplos: desde 2016, a Universidade Federal de Santa Catarina realiza sua Mensuração e Relato anual, cujo método de cálculo é a Ferramenta do PBGHG (UFSC, 2024). Tal histórico mostrou como o perfil de emissões da instituição mudou durante a pandemia de COVID-19 entre 2020 e 2022, pela redução de suas atividades presenciais, abatendo parte das emissões pela redução de atividades, especialmente em seu escopo 3. O relato do inventário conclui, também, que há oportunidades de mitigação na sua contribuição de GEE.

Na Universidade Federal de Ouro Preto o diagnóstico foi apenas no Campus Morro do Cruzeiro, para apenas um ano. A autora deste trabalho identificou as principais fontes de emissões desse campus em seus 3 escopos, entretanto, não alcançou todas as fontes identificadas por dificuldade na transparência dos dados necessários. Apesar de seu inventário ter sido parcial por este fato, lançou bases para que futuros trabalhos sejam desenvolvidos, sugerindo a coleta das informações pendentes e o registro mais apurado destas (Senra, 2023).

As principais informações obtidas em sua investigação foram quanto a resíduos sólidos e efluentes líquidos no escopo 1 e o consumo de eletricidade no escopo 2. A medição das emissões foi feita usando a ferramenta de cálculo do PBGHG. As informações estimadas de toneladas de resíduos gerados por dia e sua composição (obtidos por estudo gravimétrico), temperatura e precipitação média anual da cidade com o aterro sanitário mais próximo foram inseridas na ferramenta, calculando, assim, a geração de GEE por teor de componente orgânico degradável (DOC). Uma vez

realizada a entrada de dados na ferramenta, o valor de tCO<sub>2</sub>e desta fonte foi obtido (Senra, 2023).

Os esforços para identificar a contribuição para as mudanças climáticas da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RIO) se concentraram em 3 escopos, fazendo uso da ferramenta de cálculo PBGHG. Esse inventário preliminar de 2011, único ano com registro feito, recorreu a pesquisas e estimativas para diagnosticar o traslado, até o Campus, dos 20 mil frequentadores da universidade. Esse dado resultou na conclusão de que o escopo 3 constitui mais de 98% do volume dos gases inventariados. Assim, o estudo sugere, como ação mitigatória, que sejam incentivadas caronas solidárias e meios de transporte alternativos aos automóveis que usam combustíveis fósseis (Carvalho; Van Elk; Romanel, 2017).

No caso das universidades brasileiras, a Ferramenta GHG Protocol predominou como metodologia de averiguação das emissões e remoções, mostrando-se um método simplificado para alcançar cálculos em um contexto regional. Para isso, no entanto, é preciso que dados dessas instituições sejam mantidos sob regime de transparência e acessibilidade.

O quadro 2 permite a comparação das metodologias aplicadas pelas universidades cujos inventários foram relatados nesta revisão da literatura, contendo: especificação das fontes e sumidouros das emissões de GEE nos inventários e a metodologia de cálculo utilizada.

Quadro 2 – Relação dos escopos e descrição de suas fontes em inventários de universidades segundo a literatura

Instituição	Escopo 1		Escopo 2	Escopo 3	Exclusões (fontes identificadas não relatadas)	Metodologia de cálculo aplicada
	Fontes	Sumidouros				
Universidade Nacional de Colômbia, Colômbia (Cano <i>et al.</i> , 2023)	Combustão estacionária (gás propano, GLP) e móvel (gasolina e diesel)	Arboreto da universidade	Eletricidade adquirida	Translado (particular e público), resíduos (incineração, manejo de resíduos por terceira parte e reciclagem), compostagem, efluentes e envio de e-mails pela comunidade acadêmica	N/A	WRI/WBCSD GHG Protocol com diretrizes da norma ISO 14.064-1:2006
Universidad de Talca, Chile (Yañez; Sinha; Vásquez, 2020)	GLP, diesel e emissões fugitivas por ar-condicionados (R-22 e R-410)	N/A	Eletricidade adquirida	Viagens aéreas, traslado dos discentes (particular e público), consumo de papel, GLP (emissão por terceira parte), manejo de resíduos e reciclagem	Remoções pelo jardim botânico e arboreto	WRI/WBCSD GHG Protocol
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil (UFSC, 2024)	Combustão estacionária e móvel, emissões fugitivas, tratamento de efluentes e resíduos (pela instituição)	N/A	Eletricidade adquirida	Viagens aéreas e o tratamento de resíduos e efluentes (emissão por terceira parte)	Processos agrícolas e arboreto	PBGHG Protocol
Campus Morro do Cruzeiro da Universidade Federal de Ouro	Resíduos sólidos e efluentes líquidos	N/A	Eletricidade adquirida	Consumo de combustível de equipamento de terceiros e viagens a negócios	Combustão estacionária e móvel, emissões fugitivas e viagens aéreas e terrestres. Destaca-se, no entanto, que	PBGHG Protocol

Instituição	Escopo 1		Escopo 2	Escopo 3	Exclusões (fontes identificadas não relatadas)	Metodologia de cálculo aplicada
	Fontes	Sumidouros				
Preto (UFOP), Brasil (Senra, 2023)					essas fontes não foram reportadas por falta de acesso aos dados	
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RIO), Brasil (Carvalho; Van Elk; Romanel, 2017)	Combustão móvel e emissões fugitivas (ar-condicionado, bebedouros, geladeiras, extintores)	N/A	Eletricidade adquirida	Translados, viagens aéreas e resíduos sólidos	N/A	PBGHG Protocol
American University of Sharjah (AUS), Emirados Árabes Unidos (Samara <i>et al.</i> , 2022)	Combustão móvel	N/A	Eletricidade adquirida e aquisição de água.	Translados, viagens aéreas, resíduos (separados em duas categorias: papel e resíduos em geral)	Emissões estacionárias (geradores a diesel), viagens aéreas pelo corpo discente, construção de infraestruturas pela universidade, emissões por atividades digitais (sistemas de Tecnologia da Informação), aquisições pela universidade (escopo 3), emissões por atividades químicas laboratoriais	GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard do WRI/WBCSD
Universitat Jaume I, Espanha (Valls-Val; Bovea, 2022)	Combustão estacionária e móvel e emissões fugitivas	N/A	Eletricidade adquirida	Translados, consumo de água, papel, toner para impressão, material laboratorial (ácido nítrico, cloreto de sódio, ácido	N/A	CO2UNV, ferramenta desenvolvida pela universidade. Utiliza os fatores de emissões do GHG

Instituição	Escopo 1		Escopo 2	Escopo 3	Exclusões (fontes identificadas não relatadas)	Metodologia de cálculo aplicada
	Fontes	Sumidouros				
				sulfúrico, amônia, fluoreto de sódio) e resíduos (reagentes de laboratórios, lâmpadas, eletrônicos, baterias, papelão, vidro e toner)		Protocol (Ridhosari; Rahman, 2020)
Universitas Pertamina, Indonésia (Ridhosari; Rahman, 2020)	Combustão móvel	N/A	Eletricidade adquirida	Translados e gestão de resíduos	N/A	Fatores de emissões por gestão de resíduos, combustão móvel (translados aqui incluídos) e eletricidade adquirida utilizaram de fatores de cálculos de diferentes estudos.
Universidade Nacional de Jaen (UNJ), Perú (Oblitas-Romero; Pérez-Díaz; Zúñiga, 2023)	Combustão estacionária e móvel	N/A	Eletricidade adquirida	N/A	N/A	ISO 14.064-1:2006 e GHG Protocol

Fonte: Autor

O uso da metodologia GHG Protocol mostra-se, nos exemplos acima (Cano *et al.*, 2023; Carvalho; Van Elk; Romanel, 2017; Oblitas-Romero; Pérez-Díaz; Zúñiga, 2023; Samara *et al.*, 2022; Senra, 2023; UFSC, 2024; Yañez; Sinha; Vásquez, 2020), como uma ferramenta madura e consolidada para o cálculo de emissões em instituições de ensino superior.

É fundamental que o procedimento de Mensuração, Relato e Verificação de universidades siga normas claras que destacam a relevância das emissões, cobertura do inventário, consistência, precisão no cálculo e coleta dos dados e transparência das informações seguindo normas como a ISO 14.064 e o GHG Protocol. Entretanto, a literatura demonstra que há empecilhos na coleta, compatibilização e relato dessas informações, especialmente por questões de transparência no acesso dos dados e pela necessidade de mapeamento quanto às fontes destes.

Desta forma, este trabalho visa fazer o inventário de emissões e remoções do Campus Darcy Ribeiro sob a ótica do PBGHG para o ano de 2023.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo Geral**

Realizar a Mensuração e o Relato das emissões de GEE do campus Darcy Ribeiro de Universidade de Brasília em 2023 com base na ferramenta de cálculo do Programa Brasileiro GHG Protocol.

#### **3.2 Objetivos específicos**

Identificar quais as informações necessárias para o inventário de emissões na etapa de Mensuração segundo o método do PBGHG Protocol.

Identificar as unidades administrativas da UnB e órgãos federais de transparência responsáveis por administrar e disponibilizar as informações relacionadas às fontes de emissões do campus Darcy Ribeiro da UnB.

Recomendar medidas de aprimoramento do sistema de registro de informações da UnB para a correta realização da etapa de Mensuração.

Mensurar as emissões e remoções, a partir dos dados disponíveis, para os escopos 1,2 e 3, assim como para emissões biogênicas e não cobertas pelo Protocolo de Quioto.

Indicar, quando possível, as evidências necessárias para que a Universidade possa realizar o passo de Verificação de seu inventário de emissões.

Recomendar diretrizes para o registro das informações, assim como o cálculo e relato do fluxo de GEE da Universidade.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Área de estudo

Devido à diversidade de tipos de atividades antrópicas realizadas no Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília, que contempla aproximadamente 700 laboratórios, hospitais e outras áreas de múltiplos usos, diferentes seções de estudo e faculdades (UnB, 2024e), a abordagem de um estudo que inventarie os fluxos de GEE deve ser ampla. Mais de 50 mil pessoas circulam nesse espaço diariamente.

O Campus, no ano de 2023, contava com 26 institutos e faculdades, 34 Centros, um restaurante universitário, unidades de residência estudantil, o Hospital Universitário, estufas e 122 edificações com variados usos (DPO, 2024).

Além de contar com diversas atividades antrópicas, o Campus Darcy Ribeiro também contou com uma área verde de jardins, arvoredos, o Jardim Sequeiro e cerrado nativo com variada fitofisionomia.

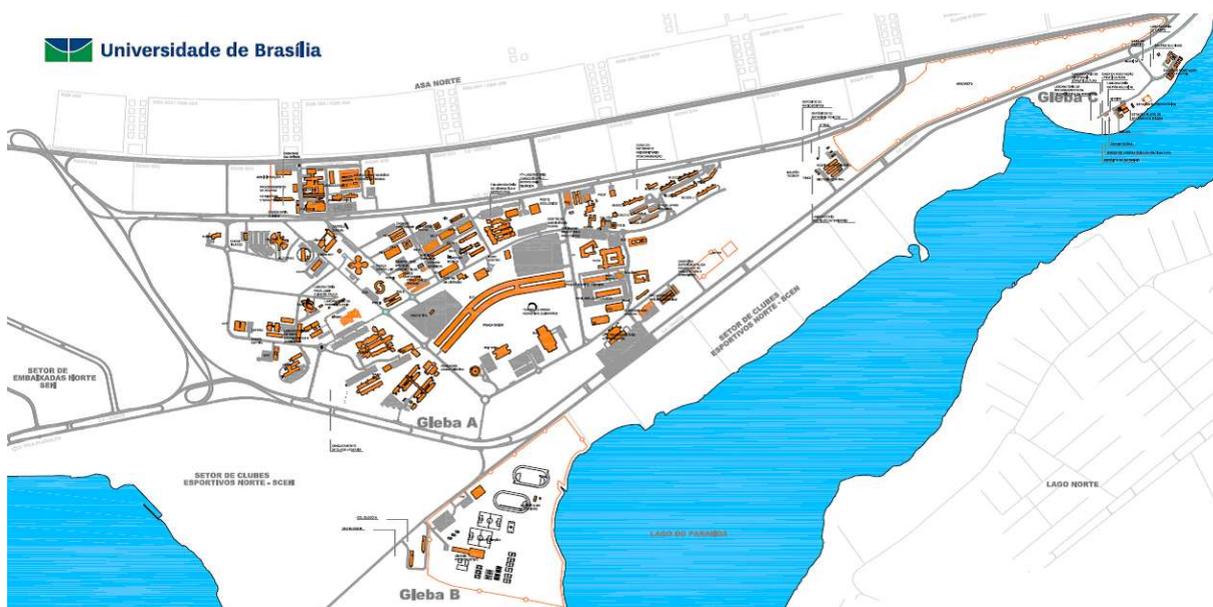
Conforme as Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol, o primeiro passo para inventariar os GEE de uma organização parte da compreensão dos limites do que é de sua responsabilidade (Monzoni, 2024). Isso pode ser dividido entre dois tipos de fronteiras: os limites geográficos e os limites organizacionais. Ambos implicam no princípio da integridade da organização no relato.

Apesar dos limites geográficos serem bem determinados por fronteiras e o princípio da não duplicidade, os limites organizacionais exigem maior atenção quanto à participação societária e, em especial, o controle operacional sobre aquela área ou atividade. Nos casos em que a organização tenha participação societária sobre outras, ela toma responsabilidade sobre parte das emissões. Em outros casos, quando haja controle operacional sobre uma unidade externa à organização, as emissões desta serão de sua responsabilidade no relato (Monzoni, 2024).

### 4.1.1 Limites geográficos

Para fins de contabilização das emissões do escopo 1, foram consideradas aquelas emissões de controle direto e por atividades que diretamente se relacionam à UnB no seu Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, observado na figura 1.

Figura 1 – Mapa do Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília



Fonte: DPO (2024)

### 4.1.2 Limites organizacionais

O desenho dos limites de emissões que são, de fato, de controle da organização é um critério fundamental a ser seguido ao se delimitar os escopos. O escopo 1 tratou de emissões diretas de produtos pela universidade nos limites do Campus Darcy Ribeiro.

Emissões, dentro do Campus, por serviços oferecidos por terceiros (especialmente empresas terceirizadas) foram consideradas como de escopo 3. Para este, utilizaram-se os critérios empregados pela Universidad de Talca (Yañez; Sinha; Vásquez, 2020): significância das emissões frente a emissões totais; representatividade das atividades na organização como um todo; viabilidade de auditoria ser feita sobre aquele dado; relevância para terceiras partes interessadas, como a comunidade universitária; e o potencial de redução dessas emissões.

## 4.2 Coleta de dados

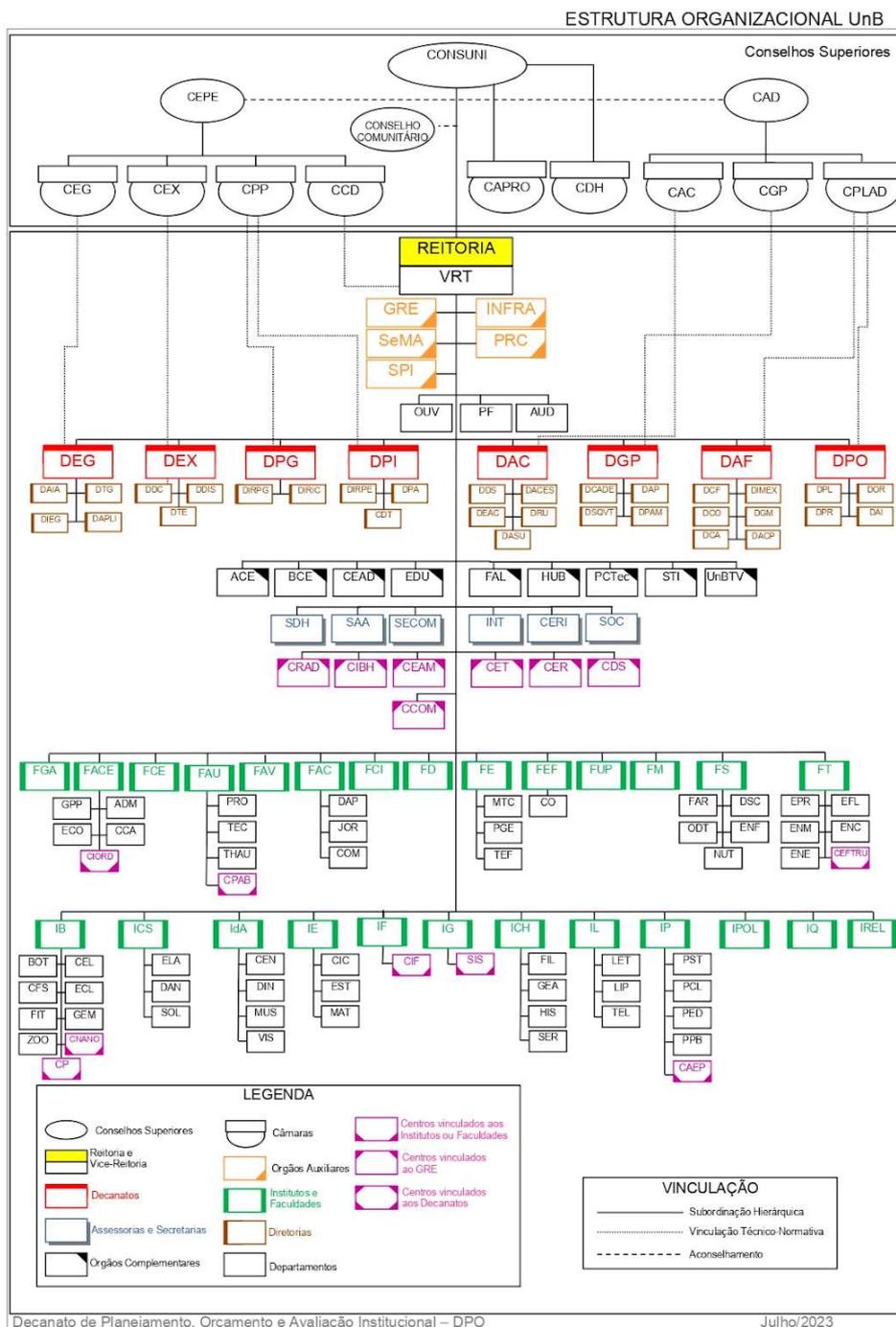
Os dados coletados nesse trabalho foram adquiridos a partir de consulta a informações públicas, disponíveis por meio de política de transparência. A UnB, como instituição pública federal, atende à Instrução Normativa do Tribunal de Contas da União (TCU) nº 84/2020, que normatiza a prestação de contas para servidores e responsáveis (UnB, 2024f).

O Decanato de Administração da Universidade de Brasília (DAF) é responsável pela aquisição de equipamentos e materiais para a operação das atividades do Campus. O DAF superintende, coordena e fiscaliza atividades de gestão de materiais, licitações e contratos e importação e exportação de bens e serviços da universidade, conforme definido no Art. 21 do Regimento Geral da UnB e detalhadas no Ato da Reitoria nº 0834/2022 (UnB, 2024a). Desta forma, este tem responsabilidade em responder quanto à aquisição de materiais, especialmente, para fins deste trabalho, aqueles que tem potencial causador do efeito estufa.

A Secretaria de Infraestrutura (INFRA) também foi consultada. Esta gerencia a infraestrutura física da Universidade, destinada ao funcionamento das atividades acadêmicas e administrativas, competindo a ela também o registro de atividades para manutenção do campus (UnB, 2024d).

Este e outros departamentos podem ser identificados no organograma da UnB na figura 2.

Figura 2 – Organograma da Universidade de Brasília



Fonte: UnB (2024b)

Também foi consultada a Secretaria de Meio Ambiente (SeMA) da UnB, uma vez que atividades como o manejo de resíduos são atribuições dela, por meio da Coordenação de Gerenciamento de Resíduos (SeMA UnB, 2024) os quais passam por tratamentos que implicam na geração de GEE no escopo 3.

O Painel de Viagens do Governo Federal (MGISP, 2024), mantido pela Secretaria de Gestão do Ministério da Economia, foi utilizado para consultar as passagens de viagens aéreas demandadas por atividades da UnB. Este registra os trechos de voos comprados pelas organizações do Governo Federal, disponibilizando tais dados para consulta pública.

Por meio de memorandos, os dados podem ser solicitados para sua consulta tanto internamente, para o caso de a própria Universidade assumir a realização de seu inventário, como por entidade externa, por meio de prestação de informações via Ouvidoria, conforme a Lei de Acesso à Informação (Brasil, 2011).

### **4.3 Identificação de possíveis fontes de emissão e remoções e medição**

A mensuração foi feita inserindo os dados na planilha da Ferramenta de Cálculo do Programa Brasileiro GHG Protocol (FGV, 2024). Tal ferramenta teve uma dupla função neste trabalho: usando de suas possibilidades de entrada de dados, foi feito um diagnóstico das atividades e materiais utilizados no Campus Darcy, além de ser utilizada para o cálculo das emissões.

Para a identificação de possíveis fontes de emissões foi consultada a literatura de inventários feitos por outras instituições de ensino superior como referência, além de pesquisas feitas no portal web da UnB por fontes de emissões descritas no PBGHG.

A ferramenta do PBGHG é atualizada anualmente para o inventário do ano anterior ao seu lançamento. À medida que a FGV complementa e testa a ferramenta, podem ser encontrados erros ou inconsistência no cálculo, que são devidamente corrigidos e notificados aos usuários. Nela, é considerada a emissão de uma diversidade de gases com potencial efeito estufa, inclusive gases não cobertos pelo Protocolo de Quioto.

Também são considerados os diversos fatores que impactam no potencial de emissão e remoção de um GEE. Fatores como local ou momento em que tal atividade monitorada ocorreu podem ser fundamentais para a sua mensuração.

Por exemplo, no Brasil é definida uma quantidade de etanol anidro que deve ser adicionado à gasolina. O etanol tem emissão menor quando comparado com a

gasolina e o percentual adicionado deste pode variar ao longo do ano. A ferramenta, assim, ajusta os fatores de emissões desse combustível a essa variação. O mesmo acontece com a energia elétrica adquirida do Sistema Interligado Nacional (SIN): a depender da região do país e do mês de consumo, a quantidade de emissões atribuída ao consumo de energia varia, devido à oscilação da contribuição de energias renováveis e fósseis à rede elétrica ao longo do ano e a depender da região do país. Isso torna extremamente relevante que a aba “Introdução” da ferramenta seja devidamente preenchida com o ano inventariado, para que os fatores de cálculo sejam adequados, de forma automatizada, para o contexto daquele período.

A planilha de medição permite também que sejam inseridos diretamente os resultados de cálculos de emissões, nos casos em que forem utilizadas outras metodologias específicas para algumas das fontes de emissões ou remoções. Isso faz com que a ferramenta não apenas calcule, como também compile os dados.

## 5 RESULTADOS

Os resultados obtidos neste trabalho são referentes ao procedimento de diagnóstico para a coleta de informações e como proceder para inseri-los na planilha de cálculo do PBGHG, fazendo o tratamento das informações adquiridas.

Adicionalmente, com a coleta de dados disponíveis, foi possível fazer o inventário parcial de emissões no Campus Darcy Ribeiro para o ano de 2023.

### 5.1 Escopo 1

#### 5.1.1 Combustão estacionária

Combustão estacionária se refere a queima de combustíveis em pontos fixos, tal como por geradores, caldeiras e incineradores, desde que não sejam utilizados para transporte (FGV, 2018a). A figura 3 mostra o painel de controle da ferramenta e detalha as instruções para se iniciar o processo de preenchimento da planilha para esta fazer a mensuração na aba de combustão estacionária. Como orientado pela ferramenta, deve ser escolhido o fator de emissão do setor, sendo este Comercial ou Institucional, uma vez que este melhor se adequa para a UnB.

Figura 3 – Painel de cálculo de emissões por combustão estacionária na ferramenta de cálculo do PBGHG. Todas as abas da ferramenta contam instruções para inserção dos dados para a medição das emissões



#### Emissões por combustão estacionária

Ano do inventário: Escolha o ano do inventário na aba 'Introdução'

#### Orientações gerais:

- (A) Esta seção da ferramenta calcula as emissões por combustão estacionária.
- (B) É imprescindível a **escolha do setor da economia** para que os fatores de emissão corretos sejam considerados.
- (C) Preencha somente as células **LARANJA CLARO** da Ferramenta.
- (D) Ao final desta seção são apresentadas as emissões totais por combustão estacionária, em tCO<sub>2</sub>e, na Tabela 4.

Fonte: FGV (2024)

Os combustíveis comerciais citados na ferramenta são aqueles de postos de combustíveis, os quais contam, por lei, com uma parcela de biocombustíveis (como



trabalho. Recomenda-se analisar o método de compra da Universidade dos combustíveis e utilizar-se dos comprovantes de compra como evidência para a etapa de verificação do procedimento de MRV.

### 5.1.2 Combustão móvel

Combustão móvel se refere a emissões geradas pela queima de combustíveis por meios de transporte da organização. Isso contabiliza tanto emissões por transporte rodoviário como por meios ferroviários e aéreos, desde que estes sejam de controle da organização e não de serviços terceirizados. Assim, emissões por traslado privado de estudantes e servidores até o Campus não são contabilizadas neste campo da ferramenta, cabendo no escopo 3.

A UnB dispõe de uma frota de carros e ônibus própria, destinada à locomoção de técnicos, professores e alunos para desempenho das suas funções e para atividades de campo.

O método da ferramenta PBGHG permite três formas de cálculo de emissões para o transporte rodoviário, como mostrado na figura 5. A primeira, mais exata, exige que seja feito o cálculo de consumo mensal de combustível por veículo, especificando o ano de fabricação da frota. A segunda é calculada pelo consumo mensal de combustível. Menos acurada que as outras, a terceira opção realiza o cálculo pela distância percorrida, tipo de frota e o ano de fabricação de cada veículo.

Figura 5 – Instruções de preenchimento de planilha de cálculo para emissões por combustão móvel

Transporte rodoviário
<p><b>Orientações:</b></p> <p>• entre a Opção 1 (cálculo por tipo e ano de fabricação da frota de veículos) <b>OU</b> a Opção 2 (cálculo por tipo de combustível) <b>OU</b> a Opção 3 (cálculo por distância) para realizar o cálculo das emissões desta fonte.</p> <p>A opção 1 é mais precisa que a opção 2, a opção 2 é mais precisa que a opção 3. Não preencha a mesma fonte emissora em mais de uma opção.</p> <p>(B) No Brasil, alguns combustíveis fósseis têm, por regulamentação legal, um percentual de biocombustível incorporado antes da venda ao consumidor final. Nesta planilha, esses percentuais são separados automaticamente. Portanto, insira sempre o valor bruto do consumo de combustível. Emissões de CO<sub>2</sub> biogênico não são incluídas nas emissões totais, mas são indicadas separadamente na Tabela 8.</p> <p><b>Opção 1. Utilize esta opção caso você possua o tipo e o ano de fabricação da frota de veículos.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Escolha primeiro o <b>Tipo da frota de veículos</b> e depois o <b>Ano da frota</b>.</li> <li>- Para cada veículo ou grupo de veículos, informe apenas as quantidades mensais <b>OU</b> o total anual. <b>NÃO</b> preencha as duas opções simultaneamente.</li> <li>- Caso sejam inseridos dados conflitantes (consumo anual E mensal), a ferramenta indicará o conflito mudando a formatação da célula e o usuário deverá corrigir o preenchimento.</li> <li>- Dê preferência ao relato mês a mês (estimativa mais precisa). Na ausência de dados mensais de consumo, informe o consumo total anual.</li> <li>- Para descrição dos tipos de veículos, consulte a aba "Fatores de Emissão".</li> </ul>

Fonte: FGV (2024)

Para o cálculo dessa fonte, uma vez que não há controle que auxilie na determinação do consumo de combustível por cada veículo, optou-se pela métrica

baseada no consumo mensal dos veículos. Estes dados podem ser adquiridos por consulta ao DAF, o qual mantém registro das compras por combustíveis da Universidade. O modelo de documento para a solicitação desses dados pode ser consultado no Apêndice C. Para o inventário parcial de 2023, entretanto, os dados foram adquiridos via SeMA, que já tinha estes disponíveis.

A tabela 3 contém um compilado de consumo, por mês, de combustível dos veículos do Campus Darcy Ribeiro, sendo estes gasolina automotiva e óleo diesel.

Tabela 3 – Dados de aquisição de combustíveis para combustão móvel pelo Campus Darcy Ribeiro em 2023

Mês (2023)	Gasolina (litros)	Diesel (litros)
Janeiro	3.710,35	2.956,09
Fevereiro	3.227,09	6.608,36
Março	4.308,97	3.952,18
Abril	4.487,34	4.141,41
Maio	4.605,84	10.481,77
Junho	4.051,36	6.207,65
Julho	4.662,99	6.574,72
Agosto	5.709,84	7.972,40
Setembro	5.352,75	6.197,88
Outubro	4.742,09	8.252,06
Novembro	3.712,34	10.291,29
Dezembro	4.045,44	5.713,44

Fonte: SeMA/UnB (2024)

O uso dos combustíveis acima resultou na emissão dos GEE, em toneladas, descritos na tabela 4, segundo cálculos feitos pela inserção dos dados da tabela da ferramenta do PBGHG.

Tabela 4 – Emissões móveis, escopo 1, geradas pelo consumo de combustível

Combustível consumido	Emissões de CO <sub>2</sub> (t) fóssil	Emissões de CH <sub>4</sub> (t)	Emissões de N <sub>2</sub> O (t)	Emissões totais (tCO <sub>2</sub> e)	Emissões de CO <sub>2</sub> biogênico (t)
Gasolina	84,96	0,03	0,01	88,60	21,68
Óleo Diesel	182,46	0,01	0,01	185,44	22,49
Total	267,43	0,04	0,02	274,05	44,17

Fonte: Autor

Segundo os resultados da ferramenta, o Campus emitiu por consumo de combustíveis fósseis, em 2023, o equivalente a 274,05 toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO<sub>2</sub>e), além de 44,17 toneladas por emissões biogênicas, resultando em 318,22 tCO<sub>2</sub> liberadas na atmosfera. As emissões biogênicas, entretanto, são relatadas separadamente dos escopos.

Como evidência para a verificação poderá ser utilizado o comprovante ou recibo de compra dos combustíveis.

### **5.1.3 Emissões fugitivas**

Os GEE que escapam pela manutenção de equipamentos de refrigeração, ares-condicionados, extintores de incêndio de CO<sub>2</sub> ou pela perda de hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>) e trifluoreto de nitrogênio (NF<sub>3</sub>) são considerados como emissões fugitivas. É importante destacar, no entanto, que alguns compostos de gases podem conter GEE não contemplados pelo Protocolo de Quioto, sendo estes reportados separadamente, em outra aba de mensuração da ferramenta de cálculo.

O protocolo para o cálculo destas emissões no Campus Darcy Ribeiro contabiliza a carga de gases refrigerantes dos aparelhos de ar-condicionado, bebedouros e extintores de CO<sub>2</sub>, na instalação e manutenção.

A ferramenta permite duas abordagens de cálculo, sendo que a mais acurada o faz por “Estágio de Ciclo de Vida”, que utiliza de dados carga de GEEs dos equipamentos, seja na instalação ou na manutenção, assim como a quantidade recuperada no descarte destes. A segunda forma mais exata é a abordagem por balanço de massa, fundamentada na quantidade de gás comprada e utilizada, usada nos casos em que a organização faça, ela mesma, a manutenção do próprio equipamento. Ambas podem ser seguidas concomitantemente, a depender de qual melhor se encaixa no caso de cada equipamento. Uma terceira opção, menos acurada, faz a estimativa dos gases que escapam segundo taxas padrões dos equipamentos.

Uma vez que os registros de serviços contabilizam a compra de gases e não o descarte destes, utilizou-se a abordagem de balanço de massa. Segundo instruções



Processos industriais são aqueles não relacionados à combustão, e sim a processos físicos e químicos que resultam na emissão de GEE, especialmente aqueles de produção. Segundo as atividades regulares desenvolvidas no Campus, apenas uma parcela de atividades de laboratório se encaixaria como um processo industrial.

Apesar dos laboratórios da UnB terem atividades acadêmicas relacionadas a geração de reações químicas e físicas que podem emitir GEE para a atmosfera, o processo de mensurar as atividades que estão sendo desempenhadas iria requerer investigações mais aprofundadas. Outras instituições de ensino superior, cujos inventários foram relatados na revisão da literatura deste trabalho, também não contabilizaram tais emissões.

Entretanto, protocolos para identificar emissões dessa classe podem ser criados, mobilizando unidades responsáveis por essas emissões e tomando em conta a especificidade de cada atividade laboratorial desenvolvida.

#### **5.1.5 Atividades de agricultura**

Emissões por agricultura abarcam, segundo a ferramenta do PBGHG, preparo do solo (incluindo drenagem), uso de fertilizantes, decomposição e queima de resíduos de culturas, fermentação entérica (processo de fermentação em estômagos animais), manejo florestal, dentre outras atividades. A ferramenta considera também emissões e captura por CO<sub>2</sub> biogênico que ocorrem em cultivos que capturam este GEE e o transforma em biomassa.

Na área de estudo em questão não são realizadas atividades agrícolas com fins de produção de alimentos ou similares. Entretanto, os jardins da universidade utilizam de fertilizantes para manutenção, sendo esse uma fonte de emissões. Essa atividade, no entanto, é gerida por empresa terceirizada, que faz a aplicação destes, sendo assim, esta atividade de natureza do escopo 3.

#### **5.1.6 Emissões de mudança de uso do solo**

Estas se referem à conversão do uso de solo que podem ser tanto por fontes geradores de GEE, como sumidouros, que estocam carbono em biomassa, como reflorestamento ou plantio em solo exposto. Isso considera também certos tipos de cultura, vegetação e assentamentos.

Para fins de inventário de emissões, essa alteração na cobertura do solo exige que a universidade contabilize tais áreas, relatando seu uso anterior e posterior à mudança. Para essa consulta, ferramentas geoespaciais podem ser utilizadas na contabilização da área alterada e o seu registro, seguindo as categorias descritas na ferramenta do PBGHG Protocol.

Destaca-se que a ferramenta conta com diferentes fatores de emissões para cada estado da Federação, necessário para o preenchimento, em que a emissão ocorre. Além disso, no caso de vegetação natural, deve ser selecionado o bioma em que a mudança ocorreu e, para maior exatidão, a fitofisionomia do local que teve a alteração. As categorias de uso da terra considerados podem ser encontradas na figura 7 abaixo.

Figura 7 – Categorias de uso da terra consideradas na ferramenta para contabilização do escopo 1 do inventário

Tipos do uso do solo	Comentários
Cultura anual	Culturas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a colheita necessitam de novo plantio para produzir, como, por exemplo: soja, milho, feijão etc.
Cultura de cana	Considerada como cultura semi-perene
Cultura perene	Culturas de longo ciclo vegetativo, que permitem colheitas sucessivas, sem necessidade de novo plantio, como, por exemplo, café, maçã, pera, uva, manga, laranja etc.
Pastagem	Esta categoria inclui pastagens cultivadas em sistemas agrícolas e silvi-pastoris. Não considera pastagens naturais.
Silvicultura	Florestas plantadas para exploração comercial (Eucalipto e Pinus)
Vegetação natural	Refere-se à floresta natural em que a ação humana não provocou significativas alterações das suas características originais de estrutura e composição.
Assentamentos	Esta categoria inclui todos os terrenos urbanizados, incluindo infra-estruturas de transporte e assentamentos humanos de qualquer dimensão, a menos que já estejam incluídos em outras categorias.
Outros usos	Esta categoria inclui solo descoberto, rocha, gelo e todas as áreas de terra que não se enquadram em nenhuma das outras categorias.

Fonte: FGV (2024)

Para quantificar emissões nesta seção da ferramenta, é preciso requisitar tais dados junto à SeMA ou à INFRA. A consulta de dados de mudança de uso do solo para o ano de 2023 não foi realizada.

### 5.1.7 Emissões do tratamento de resíduos sólidos

Emissões de tratamento de resíduos sólidos no escopo 1 referem-se ao tratamento de resíduos feito exclusivamente pela organização. O Campus em questão tem contrato com empresa terceirizada para a realização coleta e tratamento dos resíduos, sendo assim, a operação de resíduos é contabilizada no escopo 3.

### 5.1.8 Efluentes

O tratamento de efluentes líquidos é, assim como no tratamento de resíduos sólidos, gerido por organização externa a UnB. Desta forma, emissões nesse âmbito entram como contabilizadas no escopo 3.

## 5.2 Escopo 2

Escopo 2, por se tratar apenas do consumo de energia elétrica, contabiliza apenas emissões do que é consumido pela Universidade a partir da rede à qual ela está conectada. A ferramenta permite quatro abordagens de cálculo para essas emissões.

É importante destacar que o Campus Darcy Ribeiro tinha, em 2023, capacidade instalada de produção de energia elétrica de 959,9 quilowatts-pico (kWp), com estimativa de que sejam gerados, em suas 8 usinas de geração de energia fotovoltaica, 1.356.987,5 quilowatt-hora (kWh), como observado na tabela 5. A geração própria da Universidade por fontes renováveis, não geradoras de GEE, torna-a menos dependente de fontes atreladas a emissões de GEE, tais como termoelétricas que geram energia para o SIN.

Tabela 5 – Potencial de produção de energia elétrica do Campus Darcy Ribeiro no ano de 2023

Usina fotovoltaica	Potência (kWp)	Estimativa de geração anual (MWh)
Bloco de Salas de Aula Norte (BSAN)	44	62,20
Faculdade de Tecnologia (FT)	150,75	213,10
Instituto de Ciências Sociais (ICS)	124,8	176,42

Usina fotovoltaica	Potência (kWp)	Estimativa de geração anual (MWh)
Instituto de Ciências Políticas/ Instituto de Relações Internacionais (IPOL/ IREL)	124,8	176,42
Ciência da Computação e Estatística (CIC/EST)	124,8	176,42
Módulo de Atividades de Serviço e Comércio Centro - Honestino Guimarães (MASC Centro)	7,1	10,04
Bloco de Salas de Aula Sul (BSAS)	275,77	389,84
Unidade de Laboratórios de Ensino de Graduação (ULEG/FS)	107,91	152,54
<b>Total</b>	<b>959,93 kWp</b>	<b>1.356,98 MWh</b>

Fonte: (UnB, 2024c)

Além da geração de energia renovável própria, a Universidade passou a utilizar iluminação mais eficiente em diversos pontos e modificações na sua rede elétrica que alimenta os ares-condicionados, além de planejar mais ações de eficiência energética (UnB, 2024c). A redução de consumo de energia em suas atividades torna o Campus menos dependente de fontes fósseis emissoras de GEE.

### **5.2.1 Aquisição de energia elétrica por abordagem de localização**

Emissões por consumo de energia podem ser melhor descritas, no caso do Campus Darcy Ribeiro, pela aba de “Emissões indiretas pela compra de energia elétrica - abordagem de localização”. Isso se deve ao fato que a este é conectado ao Sistema Interligado Nacional de energia elétrica. O consumo de energia adquirida pode ser verificado nos comprovantes mensais da conta de luz do Campus.

Os valores mensais de consumo de energia elétrica devem ser inseridos na ferramenta de cálculo do PBGHG, como pode ser visto na figura 8. Caso o dado disponível seja apenas em formato de compra anual de energia, a ferramenta disponibiliza a entrada dessa informação, entretanto ela terá menor precisão que o dado mensal.

Figura 8 – Aba de relato do escopo 2, abordagem por localização

Sistema Interligado Nacional (SIN)														
<ul style="list-style-type: none"> <li>- A unidade de entrada para os cálculos é <b>MWh</b> (megawatt-hora). Se necessário, faça a conversão.</li> <li>- Para cada unidade ou estrutura, informe apenas as quantidades mensais <b>OU</b> o total anual. <b>NÃO</b> preencha as duas opções simultaneamente.</li> <li>- Caso sejam inseridos dados conflitantes (consumo anual <b>E</b> mensal), a ferramenta indicará o conflito mudando a formatação da célula e o usuário deverá corrigir o preenchimento.</li> <li>- Dê preferência ao relato mês a mês (estimativa mais precisa). Na ausência de dados mensais de consumo, informe o consumo total anual.</li> </ul>														
Tabela 1. Quantidade total mensal ou anual de eletricidade comprada, proveniente do SIN, no ano de 2023														
Registro da fonte	Descrição da Fonte	Eletricidade Comprada (MWh)												
		Relate aqui a compra mensal de eletricidade (MWh)											Relate aqui a compra anual de eletricidade (MWh)	
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov		dez
Exemplo Bidg-012	Fábrica São Paulo	100	120	150	140	120	90	80	160	150	130	100	40	

Fonte: FGV (2024)

As informações de consumo de energia, para o ano de 2023, foram obtidos por meio de consulta à INFRA. O Campus Darcy Ribeiro conta com mais de um ponto onde o consumo de energia é registrado, sendo estes: Campus Darcy Ribeiro em geral, Hospital-escola de Veterinária, Observatório Sismológico, Estação Ecológica de Biologia e Centro Olímpico.

O consumo mensal do Campus e suas dependências está descrito na tabela 6. Para inserir os dados recebidos na ferramenta, estes foram convertidos em megawatt-hora (MWh).

Tabela 6 – Consumo de energia elétrica mensal, em MWh, do Campus Darcy Ribeiro, no ano de 2023, as emissões de CO<sub>2</sub> calculadas pela abordagem de localização

Mês de registro (2023)	Campus Darcy Ribeiro – Gleba A	Observatório Sismológico	Estação Experimental de Biologia	Hospital-escola de Veterinária	Centro Olímpico
Janeiro	1.322,70	0,104	5,918	17,216	56,79
Fevereiro	1.415,12	0,104	6,373	19,996	69,575
Março	1.374,63	0,104	6,543	19,204	64,975
Abril	1.398,04	0,104	6,555	18,686	67,935
Mai	1.402,04	0,104	6,373	18,667	67,095
Junho	1.437,35	0,104	6,677	19,093	69,048
Julho	95,02	0,103	5,445	16,311	67,032
Agosto	74,446	0,104	5,198	16,519	82,722
Setembro	1.302,74	0,104	5,893	14,51	83,11
Outubro	1.609,53	0,104	6,879	24,401	80,523
Novembro	1.773,09	0,104	7,171	28,549	68,427
Dezembro	1.679,87	0,104	6,742	26,553	66,648
Total	14.884,58	1,25	75,77	239,71	843,88

Fonte: Autor

Como resultado do cálculo, o Campus Darcy Ribeiro emitiu, no total de 2023, 608,48 toneladas de CO<sub>2</sub>, como pode ser verificado na tabela 7.

Tabela 7 – Emissões calculadas segundo a ferramenta do PBGHG, atribuídas ao consumo de energia elétrica, por unidade do Campus Darcy Ribeiro

Área do Campus Darcy Ribeiro	Emissões de CO <sub>2</sub> (t) por consumo de energia elétrica da rede
Campus Darcy Ribeiro geral	563,49
Observatório Sismológico	0,05
Estação Experimental Biologia	2,93
Hospital Veterinário	9,41
Centro Olímpico	32,60
<b>Total</b>	<b>608,48</b>

Fonte: Autor

Pode ser considerado como evidência, para a etapa de verificação do inventário, os comprovantes de consumo de energia.

### 5.3 Escopo 3

O escopo 3 do Campus é de difícil mensuração pela diversidade de serviços e emissões pela comunidade que frequenta o Campus. As principais categorias identificadas, seguindo os critérios definidos por Yañez *et al.* (2020) foram: tratamento de resíduos sólidos por terceiros, viagens a negócios e traslado dos estudantes e dos funcionários da Universidade ao campus.

#### 5.3.1 Emissões casa-trabalho

A ferramenta do PBGHG considera, em sua aba “Emissões casa-trabalho” do escopo 3, o transporte convencional de funcionários em veículos particulares e transporte público. Apesar de estar voltada para funcionários, pela particularidade de uma instituição de ensino superior, esse também pode abarcar o deslocamento dos alunos.

Para compreender as emissões de como os estudantes, técnicos e professores chegam ao Campus, deve ser realizado um levantamento de quais os meios de transporte que esta comunidade utiliza para se locomover até Campus Darcy Ribeiro.

Uma alternativa é a aplicação de pesquisa amostral e uso dos resultados para fazer estimativas para todo o público em questão.

A pesquisa deve ser dividida entre amostras da comunidade de estudantes e de colaboradores da Universidade, separadamente, uma vez que a quantidade de dias que estes frequentam o Campus é diferente. Para os funcionários deve ser contabilizada a média de dias que estes trabalham, enquanto para alunos devem ser os dias úteis de semestres letivos do ano inventariado. Entretanto, a pesquisa para estes públicos deverá manter o conteúdo de perguntas e formato de respostas.

Para o caso de usuários de transporte público, deve-se considerar qual a distância rodada (ida e volta) em cada tipo de transporte utilizado, metroviário e rodoviário. O número de pessoas seria a estimativa da população do campus que utiliza tal tipo de transporte.

A tabela para preenchimento da ferramenta de cálculo para transporte metroviário pode ser observada na figura 9.

Figura 9 – Tabela de cálculo para inserir os dados já processados de pesquisa e estimados para o público do Campus Darcy Ribeiro

**Orientações - Metrô e Trem urbano:**

(A) Utilize essa seção para calcular as emissões de viagens pelo deslocamento casa-trabalho realizadas por funcionários da organização no modal metroferroviário (viagens em trem, metrô e outros veículos sobre trilhos).

(B) Escolha primeiro o **Tipo de Transporte**, em seguida preencha demais campos de acordo com as unidades de medida solicitadas.

(C) Em **Distância percorrida por trecho**, inclua somente o trecho de ida. Caso queira calcular as emissões de ida e volta, multiplique a distância por dois.

(D) Em **Dias trabalhados por ano**, caso não possua esse dado, o Programa Brasileiro GHG Protocol sugere 230 dias úteis por ano, uma média de 20 dias ao mês.

**Tabela 1. Cálculo de emissões por transporte de funcionários para deslocamento casa-trabalho realizadas em modal metroferroviário, de acordo com quilômetros percorridos**

Registro do colaborador	Descrição do percurso	Tipo de transporte	Número de passageiros	Distância percorrida (km) por trecho	Dias trabalhados / ano
<i>Exemplo</i> Colaborador 1	<i>Estação Flora p/ Estação Outono</i>	<i>Trem urbano</i>	<i>20</i>	<i>20,00</i>	<i>230,00</i>

Fonte: FGV (2024)

Quanto ao transporte particular, deverá ser estimada a distância percorrida (ida e volta), o tipo de veículo (motocicleta, automóvel etc.), ano da frota e o combustível utilizado, conforme pedido na ferramenta (figura 10).

Figura 10 – Tabela de mensuração de emissões por transporte particular

**Tabela 6. Cálculo de emissões por deslocamento casa-trabalho realizadas em veículos particulares com base na distância média percorrida**

Registro do colaborador	Descrição do percurso	Tipo da frota de veículos	Ano da frota	Distância média / dia (km)
<i>Exemplo</i> Colaborador 1	<i>Empresa ao bairro residencial Flora</i>	<i>Motocicleta flex a etanol</i>	<i>2011</i>	<i>20</i>

Fonte: FGV (2024)

Um modelo de pesquisa amostral pode ser verificado no Apêndice E.

### **5.3.2 Resíduos sólidos tratados por terceiros**

Resíduos de classe não perigosos descartados no Darcy Ribeiro abarcam recicláveis, orgânicos e indiferenciados (SeMA UnB, 2024). Estes são coletados de forma separada, em diversos pontos da universidade, e são destinados, a depender da sua caracterização, para reciclagem ou para o aterro sanitário.

Resíduos de serviços de saúde, segundo a RDC 222/2018 (Brasil, 2018), mais especificamente os do grupo A (infectantes) e do grupo B (químicos) são destinados à incineração por empresa terceirizada, segundo reposta recebida após uma consulta à Coordenação de Gerenciamento de Resíduos, parte da Secretaria de Meio Ambiente (SeMA). Esta faz o acompanhamento da destinação destes resíduos, portanto, é a unidade administrativa da UnB a ser consultada quanto a este escopo.

### **5.3.3 Resíduos incinerados**

Os resíduos de classe perigosos, gerados pelas atividades acadêmicas na unidade do Hospital Veterinário e nos laboratórios do Campus são coletados e enviados para incineração ou coprocessamento por empresa terceirizada. O processo de incineração dispõe os resíduos de forma segura, enquanto o coprocessamento reaproveita o potencial energético destes em processos produtivos, como na indústria de cimento.

Para estimar a geração de GEE destes processos, foi consultada a Coordenação de Gerenciamento de Resíduos da Universidade, a qual consultou as empresas terceirizadas responsáveis por sua execução. Apesar da ferramenta do PBGHG já providenciar uma forma de estimar as emissões por incineração de resíduos, a própria empresa forneceu resultados de emissões calculadas, em conjunto com a Coordenação.

Os dados de 2023 sobre os resíduos coletados pelas duas empresas que prestam este serviço é descrito na tabela 8. A memória de cálculo fornecida pelas empresas pode ser consultada no Apêndice F.

Tabela 8 – Emissões por incineração

Método de disposição por incineração	Massa (toneladas)	Gás emitido	Massa de gás emitido (toneladas)
Incineração	51,774 t	CO <sub>2</sub>	178,3 t
		N <sub>2</sub> O	45,26 t
Coprocessamento	1,532 t	CO <sub>2</sub>	1,4 t

Fonte: Coordenação de Gerenciamento de Resíduos, SeMA/UnB (2024)

Segundo as prestadoras do serviço, resíduos tratados por meio físico-químico (aquosos e destinados a aterro industrial) não há geração de GEE, uma vez que não ocorre combustão.

Os resultados do cálculo, em toneladas de gases emitidos, foram inseridos diretamente na ferramenta, como pode ser visto na figura 11, uma vez que os dados fornecidos já vieram processados. O cálculo de emissões foi feito de forma automática pela planilha, que resultou em 12.173,30 tCO<sub>2</sub>e em 2023.

Figura 11 – Preenchimento da ferramenta de cálculo do PBGHG com as informações já calculadas de emissões por incineração dos resíduos

Tabela 3. Emissões totais de resíduos tratados por incineração

	Ano	2023
Emissões de CO <sub>2</sub> fóssil	[tCO <sub>2</sub> /ano]	179,40
Emissões de CH <sub>4</sub>	[tCH <sub>4</sub> /ano]	-
Emissões de N <sub>2</sub> O	[tN <sub>2</sub> O/ano]	45,26
Emissões de CO <sub>2</sub> biogênico	[tCO <sub>2</sub> /ano]	-
Emissões em CO <sub>2</sub> e no ano inventariado	[tCO <sub>2</sub> e/ano]	12.173,30

Fonte: FGV (2024)

Para a verificação desta informação declarada, pode ser demonstrada a memória de cálculo, assim como os resultados de mensuração das emissões por quantidade de resíduo incinerado, fornecidas pela empresa.

#### 5.3.4 Resíduos sólidos da operação

O aterro de resíduos gera emissões pela decomposição do material orgânico. Fatores como local (município do aterro), temperatura, precipitação e potencial de evapotranspiração, classificação do aterro, além da quantidade e composição do resíduo, são determinantes na mensuração dos GEE emitidos nesse método de disposição. Tais informações devem ser consultadas junto a empresa prestadora de serviços de destinação final do resíduo, responsabilidade da SeMA.

A qualificação da disposição dos resíduos deve ser consultada junto a empresa, seguindo a classificação no quadro 3.

Quadro 3 – Qualificação dos aterros sanitários segundo a ferramenta de cálculo do PBGHG, condição que influencia o fator de emissão do resíduo nele aterrado

Qualidade do local de disposição dos resíduos	Descrição
A: se aterro sanitário	Devem ter controle do aterramento de resíduo (ex. resíduo destinado especificamente para uma área do aterro, controle de escavação e de chamas), incluindo ao menos um dos seguintes métodos: (i) material de cobertura; (ii) compactação mecânica; ou (iii) nivelamento do resíduo.
B: se aterro semi-aeróbio	Devem ter controle do aterramento de resíduo e incluir todas as seguintes estruturas para introduzir ar nas camadas de resíduos: (i) material de cobertura permeável; (ii) sistema de drenagem de chorume sem afundamento; (iii) tanque de regulação; (iv) sistema de ventilação de gases sem tampa e (v) conexão dos sistemas de drenagem e de ventilação.
C: se aterro semi-aeróbio (mal manejado)	É considerado um aterro semi-aeróbio mal manejado nos casos em que: (i) sistema de drenagem de chorume afundado; (ii) fechamento da válvula de drenagem (iii) obstrução da saída de gás do sistema de ventilação.
D: se aterro com aeração ativa	Inclui a tecnologia de aeração <i>in situ</i> de baixa pressão, aspersão de ar, bioventilação, ventilação passiva com extração (sucção). Devem ter controle do aterramento e incluir sistema de drenagem de chorume para evitar o bloqueio da entrada de ar. Deve conter: (i) material de cobertura; (ii) sistema de injeção de ar ou extração de gás sem secagem de resíduos.
E: se aterro com aeração ativa (mal manejado)	Inclui as tecnologias do aterro acima, porém é considerado mal manejado por conta de: (i) bloqueio do sistema de aeração por falha na

Qualidade do local de disposição dos resíduos	Descrição
	drenagem; (ii) falta de umidade para microrganismos devido à aeração de alta pressão.
F: se aterro com profundidade $\geq$ 5m	Todos os aterros que não atendem aos critérios dos aterros sanitário e semi-aeróbio, e que possuem profundidade igual ou maior a 5 m e/ou alto nível do lençol freático (próximo à superfície). Este último critério corresponde ao preenchimento de antigos corpos d'água por resíduos (ex. lagos ou rios vazios).
G: se aterro com profundidade $<$ 5m	Todos os aterros que não atendem aos critérios dos aterros sanitários e semi-aeróbios, e que possuem profundidade menor que 5 metros.
H: se não possui a classificação do aterro	Aterros com classificação desconhecida e que não se encaixe em nenhuma das categorias acima.

Fonte: FGV (2024)

A contabilização das emissões na ferramenta conta com o perfil de degradação da matéria orgânica nos aterros por um período superior a 30 anos, uma vez que os resíduos podem emitir GEE por longos períodos desde o seu descarte. Essas emissões ao longo do tempo são contadas como emissões da organização no ano em que os resíduos foram descartados.

Para contabilizar as emissões usando a ferramenta é preciso garantir que os dados sigam o formato de separação dos resíduos conforme a tabela da figura 12.

Figura 12 – Tabela de classificação da composição do resíduo

Composição do resíduo	Ano	2023
A - Papéis/papelão	A / Total [%]	
B - Resíduos têxteis	B / Total [%]	
C - Resíduos alimentares	C / Total [%]	
D - Madeira	D / Total [%]	
E - Resíduos de jardim e parque	E / Total [%]	
F - Fraldas	F / Total [%]	
G - Borracha e couro	G / Total [%]	
H - Lodo de esgoto doméstico	H / Total [%]	
I - Lodo industrial	I / Total [%]	
Outros materiais inertes*	[%]	100,00%
DOC - Carbono Orgânico Degradável no ano	[tC/tMSW]	0

\* Entre os quais: plástico, metal, vidro, cinzas, sujeira, poeira, solo, lixo eletrônico, entre outros materiais inertes

Fonte: FGV (2024)

Para adquirir tais informações foi elaborado memorando de consulta junto à empresa responsável pelo serviço de disposição do resíduo, cujo modelo está no Apêndice G. As informações desta fonte de emissão não foram adquiridas para o inventário de 2023.

### **5.3.5 Viagens a negócios**

Para estimar emissões por viagens dos servidores e técnicos da UnB, foi feita a consulta ao Painel de Viagens (MGISP, 2024), ferramenta de transparência quanto à compra de passagens do Governo Federal.

Para extrair os dados de viagens desse Painel é preciso selecionar, por filtros, o ano inventariado, as viagens aéreas, a origem, destino e a quantidade de vezes que este trecho foi voado. Essas informações foram extraídas em formato planilha para melhor manipulação dos dados.

A consulta resultou que a Fundação Universidade de Brasília, no ano de 2023, fez a compra de 383 trechos diferentes, nacionais e internacionais, em um total de 2.604 viagens. Destaca-se que, independentemente de quem utilizou deste transporte (seja esta parte da organização ou terceiro), a universidade tem responsabilidade pela emissão na forma de escopo 3 desse serviço adquirido.

Para viagens aéreas, a ferramenta GHG Protocol faz o cálculo de forma automática para a entrada de dados da sigla dos aeroportos de partida e destino e o número de vezes que aquele trecho foi viajado. Nos casos em que o aeroporto não esteja cadastrado na planilha de cálculo é preciso fazer a inserção deste, incluindo sua sigla da Associação Internacional de Transportes Aéreos (siglas IATA, que codifica os aeroportos em siglas de três letras) e coordenadas de latitude e longitude deste. Um trecho da aba de aeroportos pode ser verificado na figura 13. A partir dessas coordenadas, a ferramenta faz o cálculo de distância do trecho voado e estima a emissão de GEE para o trecho percorrido. A aba onde é feito o cálculo usa dos dados, inclusive os inseridos pelo operador da planilha, contidos na aba Aeroportos.

Figura 13 – Aba de controle de aeroportos da ferramenta de cálculo do GHG Protocol

Aeroportos			Latitude				Longitude			
País	Sigla	Cidade	Graus	Minutos	Segundos	N/S	Graus	Minutos	Segundos	L/O
África do Sul	CPT	Cidade do Cabo	33	57	53	S	18	36	6	L
África do Sul	JNB	Joanesburgo	26	8	21	S	28	14	46	L
Alemanha	TXL	Berlim	52	33	40	N	13	17	22	L
Alemanha	BER	Berlin	52	31	0	N	13	24	0	L
Alemanha	FRA	Frankurt	50	1	35	N	8	32	35	L
Alemanha	HAM	Hamburgo	53	37	49	N	9	59	18	L
Alemanha	LEJ	Leipzig	51	25	57	N	12	14	30	L
Alemanha	MUC	Munique	48	21	0	N	11	47	0	L
Alemanha	STR	Stuttgart	48	41	24	N	9	13	19	L
Alemanha	CGN	Colônia	50	51	57	N	7	8	34	L
Alemanha	DUS	Düsseldorf	51	17	22	N	6	46	0	L
Alemanha	FMO	Münster	52	8	5	N	7	41	5	L
Alemanha	SXF	Berlim	52	21	42	N	13	30	0	L
Alemanha	ZWS	Stuttgart	48	46	37	N	9	10	50	L
Alemanha	QKL	Cologne-Bonn	50	54	0	N	7	11	0	L
Alemanha	SXF	Berlim	52	21	42	N	13	30	0	L
Alemanha	QKL	Cologne-Bonn	50	54	0	N	7	11	0	L
Alemanha	MHG	Mannheim	49	28	22	N	8	30	51	L
Alemanha	RRF	Bremen	53	7	51	N	8	47	17	L

Fonte: FGV (2024)

Os dados das viagens de 2023 foram convertidos em códigos IATA para inserção na ferramenta. Parte do preenchimento da ferramenta do PBGHG pode ser observado na figura 14.

Figura 14 – Aba de emissões por viagens a negócios, escopo 3, preenchida

**Tabela 1. Cálculo de emissões por viagem a negócios em aeronaves de acordo aeroportos de origem e destino realizadas no ano de**

Registro da viagem	Partida	O aeroporto de partida é válido?	Chegada	O aeroporto de chegada é válido?	Distância do trecho (km)
<i>Exemplo</i> 1ª Reunião	<i>GIG</i>	<i>SIM</i>	<i>GRU</i>	<i>SIM</i>	<i>337</i>
1	BSB	SIM	CGH	SIM	872
2	CGH	SIM	BSB	SIM	872
3	RRJ	SIM	BSB	SIM	923
4	BSB	SIM	RRJ	SIM	923
5	CNF	SIM	BSB	SIM	591
6	BSB	SIM	CNF	SIM	591
7	SSA	SIM	BSB	SIM	1.083
8	VCP	SIM	BSB	SIM	797
9	BSB	SIM	SSA	SIM	1.083
10	BSB	SIM	VCP	SIM	797
11	FOR	SIM	BSB	SIM	1.691
12	BSB	SIM	FOR	SIM	1.691

Fonte: FGV (2024)

Preenchida a ferramenta, encontrou-se que as emissões por viagens aéreas da UnB em 2023 totalizaram 618,99 tCO<sub>2</sub>e.

## 5.4 Gases não cobertos pelo Protocolo de Quioto

Esta seção da ferramenta trata de emissões fugitivas de GEE não abarcados no Protocolo de Quioto, não entrando, assim, no escopo 1. Uma vez que feita consulta

sobre os gases de emissões fugitivas, não é possível saber se há uso de GEEs não cobertos pelo Protocolo de Quioto. No Apêndice D, é possível verificar que o pedido de informações quanto a emissões fugitivas também abarca este tipo de gases.

Uma vez identificadas emissões fugitivas desta classe, caso existam nesse Campus, o seu cálculo deve ser feito separadamente na aba dedicada a esse relato na ferramenta. Caso não identificados, não há necessidade deste relato.

### **5.5 Resultados parciais inventário**

Em suma, as fontes identificadas de emissões e remoções no Campus Darcy Ribeiro podem ser verificadas no Quadro 4, assim como a fonte de consulta das informações:

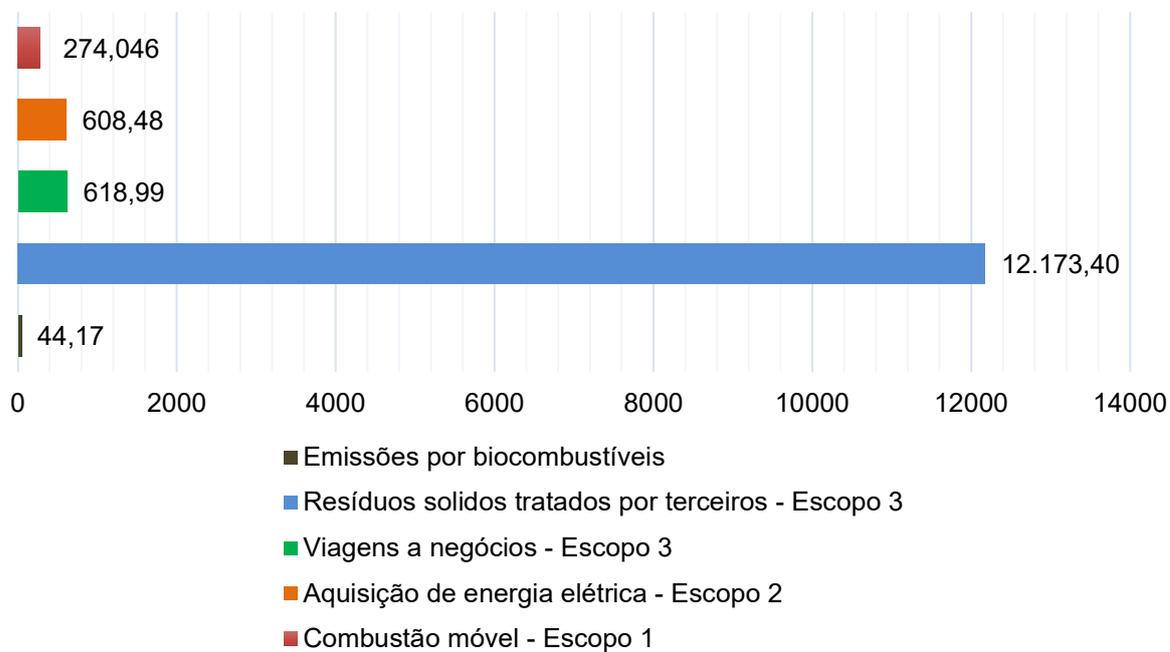
Quadro 4 – Quadro resumo do procedimento de MRV do Campus Darcy Ribeiro, contendo as tCO<sub>2</sub>e emitidas no ano de 2023 em seu inventário parcial e o meio de aquisição desta informação

Escopo	Classe	Fonte de emissão	Emissões de GEE (tCO <sub>2</sub> e)	Departamento, portal ou meio de aquisição da informação
Escopo 1	Combustão estacionária	Combustível de geradores	Dado não adquirido	DAF
	Combustão móvel	Consumo de combustíveis por frota	318,22	DAF e SeMA
	Emissões fugitivas	Equipamentos de refrigeração (Ex. bebedouros)	Dado não adquirido	DAF
		Ares-condicionados	Dado não adquirido	DAF
		Extintores de incêndio de CO <sub>2</sub>	Dado não adquirido	DAF
	Mudanças no uso do solo	Mudança na cobertura do solo	Dado não adquirido	SeMA e INFRA
Escopo 2	Aquisição de energia elétrica	Aquisição de energia pelo SIN	608,48	INFRA
Escopo 3	Emissões casa-trabalho (translados)	Transporte, público e particular, de estudantes e funcionários	Dado não adquirido	Elaboração de pesquisa à comunidade do Campus
	Resíduos sólidos tratados por terceiros	Resíduos incinerados	12.173,4	SeMA
		Resíduos aterrados	Dado não adquirido	SeMA
	Viagens a negócios	Viagens aéreas	618,99	Painel de Viagens do Governo Federal
Emissões biogênicas	Emissões por biomassa ou biocombustíveis	Biocombustíveis	44,17	DAF e SeMA
Emissões totais			13.800,52	

Fonte: Autor

O gráfico da figura 15 demonstra os valores das emissões do ano de 2023 que puderam ser computados até a finalização deste trabalho.

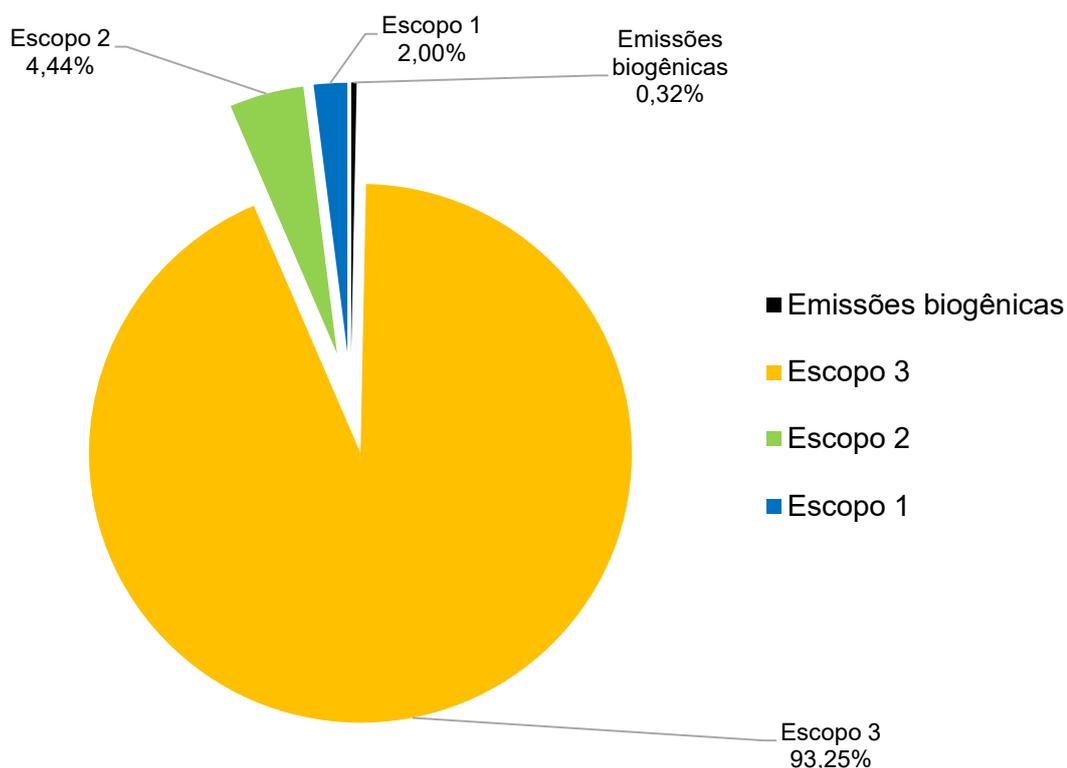
Figura 15 – Distribuição das emissões de GEE por fontes mensuradas em inventário de 2023 do Campus Darcy Ribeiro.



Fonte: Autor

O gráfico da figura 16 contém a porcentagem de participação de cada escopo e emissões biogênicas mensuradas no total emitido que pôde ser apurado.

Figura 16 – Porcentagem de emissões, por escopos e emissões biogênicas, mensuradas no Campus Darcy Ribeiro



Fonte: elaborado pelo autor

O painel de resumo da ferramenta contém os resultados mensurados, como pode ser observado na figura 17, quanto às toneladas métricas de cada GEE e, na figura 18, quanto a cada tonelada de dióxido de carbono equivalente de cada gás.

Figura 17 – Quadro resumo de emissões, consolidadas por escopo, em toneladas métricas de cada gás de efeito estufa calculado pela ferramenta

GEE (t)	Emissões em toneladas métricas, por tipo de GEE			
	Escopo 1	Escopo 2 (abordagem por "localização")	Escopo 2 (abordagem por "escolha de compra")	Escopo 3
CO <sub>2</sub>	267,427000	608,478000	-	793,162000
CH <sub>4</sub>	0,047000	-	-	0,002000
N <sub>2</sub> O	0,020000	-	-	45,280000
HFCs	-			-
PFCs	-			-
SF <sub>6</sub>	-			-
NF <sub>3</sub>	-			-

Fonte: elaborado pelo autor

Figura 18 – Quadro resumo de emissões, consolidadas por escopo, em toneladas métricas de CO<sub>2</sub> equivalente de cada GEE

GEE (t)	Emissões em toneladas métricas de CO <sub>2</sub> equivalente (tCO <sub>2</sub> e)			
	Escopo 1	Escopo 2 (abordagem por "localização")	Escopo 2 (abordagem por "escolha de compra")	Escopo 3
CO <sub>2</sub>	267,427	608,478	-	793,162
CH <sub>4</sub>	1,316	-	-	0,056
N <sub>2</sub> O	5,300	-	-	11.999,200
HFCs	-			-
PFCs	-			-
SF <sub>6</sub>	-			-
NF <sub>3</sub>	-			-
<b>Total</b>	<b>274,043</b>	<b>608,478</b>	<b>-</b>	<b>12.792,418</b>

Fonte: elaborado pelo autor

A emissão de CO<sub>2</sub> biogênico, aquele proveniente de combustíveis derivados de biomassa vegetal, resultou em 52,76 toneladas de gás, como pode ser observado na figura 19. Destaca-se que o relato destes é feito separadamente, não sendo considerado uma emissão de GEE a ser contabilizada junto às emissões totais.

Figura 19 – Tabela de resultados de emissões de CO<sub>2</sub> biogênico segundo a ferramenta de cálculo

	Escopo 1	Escopo 2 (abordagem por "localização")	Escopo 2 (abordagem por "escolha de compra")	Escopo 3
CO <sub>2</sub> (t)	44,17	-	-	-
CH <sub>4</sub> (t)				
N <sub>2</sub> O (t)				
HFC (t)				
PFC (t)				
SF <sub>6</sub> (t)				
NF <sub>3</sub> (t)				
<b>Emissões de CO<sub>2</sub> biogênico (t)</b>	<b>44,169594</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

Fonte: elaborado pelo autor

Não foi diagnosticado, para o inventário de 2023, resultados de GEE não regulados pelo Protocolo de Quioto e remoções de CO<sub>2</sub> biogênico por sumidouros.

## 6 DISCUSSÃO

A partir do mapeamento de dados para o procedimento de inventário das emissões no Campus Darcy Ribeiro, descrito nos resultados deste trabalho, é possível que a UnB inicie a mensuração e relato das emissões de GEE desta unidade. Esse formato de Mensuração e Relato pode prover à Universidade informações estratégicas sobre suas contribuições para as mudanças climáticas em termos de emissão.

As fontes de emissões que ocorrem neste Campus foram identificadas, assim como o fluxo para consultar a quantidade dessas. As entidades, portais e unidades responsáveis foram mobilizadas para se encontrar as informações necessárias para o correto preenchimento da ferramenta. Para cada caso, foi sugerido um método de comprovação para a etapa de verificação do MRV organizacional, sendo apontada a unidade administrativa da UnB ou órgão federal de transparência que deve manter tais registros ou pode adquiri-los.

O uso da ferramenta de cálculo do Programa Brasileiro GHG Protocol foi efetivo para auxiliar tanto no processo de identificação de fontes e sumidouros como na mensuração e relato.

O inventário realizado para o ano de 2023 foi parcial, não contemplando todas as fontes de emissões identificadas. Isso em razão de não ter sido possível fazer a consulta de todos os atores identificados como responsáveis por fornecer as informações necessárias para a mensuração. Próximos inventários precisam ser feitos de forma mais completa, inclusive para poder identificar carências no registro de informações da UnB.

No ano de 2023 foram emitidos, segundo as fontes identificadas, 346,556 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente na atmosfera diretamente pelas atividades da Universidade de Brasília no Campus Darcy segundo as mensurações do escopo 1. Atividades não controladas pela instituição, aquelas de escopo 2 e 3, resultaram em 12.792,39 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.

O gás mais emitido, quanto a massa, foi o dióxido de carbono. Entretanto, o gás que teve maior participação, pelo seu potencial de aquecimento atmosférico, foi óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), emitido no escopo 3.

Foi identificada carência de informações para subsidiar o cálculo de emissões casa-trabalho (translado de alunos e funcionários do Campus). Não foi encontrado registro nem unidade da universidade que poderia deter estas informações. Em razão disso, foi recomendada pesquisa amostral para fornecer as informações necessárias.

O escopo 3, especialmente a incineração de resíduos por empresa terceirizada, representou a maior parcela de emissões. A menor emissão de CO<sub>2</sub> fóssil foi quanto a combustão móvel.

A metodologia de cálculo fornecida pelo Programa Brasileiro GHG Protocol demonstra-se uma forma efetiva de cálculo de emissões no Campus Darcy Ribeiro, cabendo as devidas adaptações da metodologia. A disponibilidade do PBGHG de aceitar cálculo por outras ferramentas, como no caso das emissões por resíduos incinerados, permite que haja maior interoperabilidade na mensuração e, assim, resultados mais condizentes com a realidade.

Quanto à verificação, existe a possibilidade de a UnB ter respaldo de auditoria em seus resultados da mensuração caso tenha disponível registro adequado e auditável das informações sob forma de evidências.

## 7 CONCLUSÕES

Em razão de mudanças na organização, é prudente a realização de revisões periódicas, acompanhando os inventários anuais, das fontes de emissões e possíveis sumidouros.

Quanto ao escopo 3, de difícil quantificação-pela extensão da cadeia de valor e carência de estimativas de emissões em diversos setores de serviços e produtos utilizados para as atividades convencionais na UnB, é recomendado que sejam feitos maiores detalhamentos em futuros inventários. Apesar de ser um escopo de relato opcional em plataformas como o PBGHG, isso tampouco isenta a instituição de tomar decisões sustentáveis em compras e similares fontes terciárias de emissões.

Pela diversidade de fontes de emissões mitigáveis relatadas nessa investigação, observa-se a oportunidade da UnB de reduzir sua pegada de GEE usando estratégias de compras sustentáveis em seus escopos 2 e 3. Deve-se considerar a compra de RECs como forma de neutralizar as emissões do escopo 2, de eletricidade adquirida, da Universidade, assim como aumentar a sua capacidade instalada de geração de energias renováveis. Isso possibilita que o Campus Darcy Ribeiro seja mais independente de fontes fósseis na sua rede elétrica. Critérios de preferência podem ser estabelecidos pela instituição para a contratação de produtos e serviços com menores impactos de emissões de GEE, como a exigência de inventário de emissões ou pelo uso de estratégias de mitigação na oferta de serviços e produtos.

Para o escopo 1, recomenda-se considerar o uso de biocombustíveis no caso de combustão móvel, como forma de descarbonizar o uso da frota da universidade.

A expansão de projetos de aferição de emissões e remoções de GEE torna-se, assim, um objeto de interessante aplicação para outros campi da UnB e espaços de atividades da instituição, tais como a Fazenda Água Limpa, Campus de Ceilândia, Campus Gama e Campus Planaltina, extensões da UnB na Granja do Torto e Alto Paraíso, tal qual outras áreas de patrimônio da Fundação Universidade de Brasília.

Recomenda-se que os trabalhos de elaboração de inventários sigam sendo realizados para os próximos anos, de modo a construir um perfil de emissões da Universidade e monitorar estas. Este perfil de emissões pode ser utilizado para

subsidiar a tomada de decisões sobre as compras públicas e gestão na instituição, possibilitando a construção de um plano de mitigação institucional.

A etapa de verificação do MRV é um passo importante para validar as informações fornecidas como emissões. Isso dá credibilidade às informações declaradas. Para isso, é fundamental que os resultados obtidos de mensuração sejam atestados por comprovantes, servindo esses de evidências para uma terceira parte legitimar as informações relatadas.

Para que a UnB contribua com as ambições de reduções de emissões, o sistema de MRV torna-se fundamental. Em vista do protocolo apresentado acima, torna-se elucidada a necessidade de capacitação na utilização da ferramenta do PBGHG aos usuários que a forem preencher.

Em seu Relatório de Riscos Globais de 2024, o World Economic Forum toma nota de que o futuro não é certo e nem é fixo. Seu prefácio destaca: uma multitude de futuros possíveis torna-se viável para a próxima década, por mais incertos que estes sejam. Isso abre precedente para a esperança de que ações agora possam construir confiança, otimismo e resiliência em instituições e na sociedade. Abre-se, assim, um chamado para a ação, tomando as oportunidades que temos em mãos para minimizar estes riscos. A ação climática está mais próxima que nunca e este trabalho buscou abrir novas oportunidades para a sua implementação.

## 8 REFERÊNCIAS

- BRASIL. **Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) para o Acordo de Paris no âmbito da UNFCCC**. Brasil: Ministério do Meio Ambiente, 2023. Disponível em: <http://educaclima.mma.gov.br/wp-content/uploads/2023/11/NDC-1.4-Brasil-27-out-2023-portugues.pdf>. Acesso em: 29 fev. 2024.
- BRASIL. Presidência da República, Casa Civil. **Lei Nº 12.527, de 18 de novembro de 2011**. Brasil, 18 nov. 2011. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2011/lei/l12527.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12527.htm). Acesso em: 25 ago. 2024.
- BRASIL. Ministério da Saúde/Agência Nacional de Vigilância Sanitária/Diretoria Colegiada. **Resolução - RDC Nº 222, de 28 de março de 2018 - Imprensa Nacional**. Regulamenta as Boas Práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde e dá outras providências. Brasil, 28 mar. 2018. Disponível em: [https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/8436198/do1-2018-03-29-resolucao-rdc-n-222-de-28-de-marco-de-2018-8436194](https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/8436198/do1-2018-03-29-resolucao-rdc-n-222-de-28-de-marco-de-2018-8436194). Acesso em: 26 ago. 2024.
- BRUN, Aslak. Conference Diplomacy: The Making of the Paris Agreement. **Politics and Governance**, Oslo, Noruega, v. 4, n. 3, p. 115–123, 2016.
- CALVIN, Katherine *et al.* **IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Genebra, Suíça: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2023. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>. Acesso em: 29 fev. 2024.
- CANO, Natalia *et al.* Assessing the carbon footprint of a Colombian University Campus using the UNE-ISO 14064–1 and WRI/WBCSD GHG Protocol Corporate Standard. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 3980–3996, 2023.
- CARVALHO, João Paulo Andrade F. De; VAN ELK, Ana Ghislane H. Pereira; ROMANEL, Celso. Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Campus Gávea da PUC-Rio. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, Rio de Janeiro, RJ, v. 22, n. 3, p. 591–595, 2017.
- CNI. **Diagnóstico sobre os sistemas de MRV de emissões e remoções de GEE**. Brasília, Brasil, 2024. Disponível em: <http://portaldaindustria.com.br/publicacoes/2023/11/diagnostico-sobre-os-sistemas-de-mrv-de-emissoes-e-remocoes-de-gee/>. Acesso em: 2 mar. 2024.
- DELANEY, Jay Wintergreen and Tod. ISO 14064, International Standard for GHG Emissions Inventories and Verification. *In*: 16TH ANNUAL INTERNATIONAL EMISSIONS INVENTORY CONFERENCE, 2007, Raleigh, NC. **ISO 14064, International Standard for GHG Emissions Inventories and Verification**. Raleigh, NC: [s. n.], 2007. p. 4. Disponível em: [https://gaftp.epa.gov/AIR/nei/ei\\_conference/EI16/session13/wintergreen.pdf](https://gaftp.epa.gov/AIR/nei/ei_conference/EI16/session13/wintergreen.pdf). Acesso em: 20 mar. 2024.
- DPO, Diretoria de Avaliação e Estatísticas Institucionais (DAI) Decanato de Planejamento, Orçamento e Avaliação. **Capítulo 2 Dados gerais | ANUÁRIO ESTATÍSTICO 2023 ano-base 2022**. Brasília, DF: [s. n.], 2024. Disponível em:

<https://anuario2023.netlify.app/geral#componentes-institucionais-da-unb>. Acesso em: 29 abr. 2024.

FGV, Centro de Estudos em Sustentabilidade. Nota técnica: definição das categorias emissões de gases de efeito estufa (GEE) de Escopo 1: versão 4.0. São Paulo, SP, 2018a. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10438/30244>. Acesso em: 29 fev. 2024.

FGV, Centro de Estudos em Sustentabilidade. Nota técnica: definição das categorias emissões de gases de efeito estufa (GEE) de Escopo 2: versão 1.0. São Paulo, SP, 2018b. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10438/30249>. Acesso em: 29 fev. 2024.

FGV, Centro de Estudos em Sustentabilidade. Nota técnica: definição das categorias emissões de gases de efeito estufa (GEE) de Escopo 3: versão 2.0. São Paulo, SP, 2018c. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10438/30251>. Acesso em: 29 fev. 2024.

FGV, Centro de Estudos em Sustentabilidade. Nota técnica: diretrizes para a contabilização de emissões de Escopo 2 em inventários organizacionais de gases de efeito estufa no âmbito do Programa Brasileiro GHG Protocol: versão 4.0. São Paulo, SP, 2019. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10438/30248>. Acesso em: 29 fev. 2024.

FGV, Centro de Estudos em Sustentabilidade. Nota técnica: uso do GHG Protocol Agricultural Guidance e contabilização de emissões resultantes das práticas agrícolas e de mudanças no uso do solo: versão 4.0. São Paulo, SP, 2023. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10438/33108>. Acesso em: 29 fev. 2024.

FGV, Centro de Estudos em Sustentabilidade. **Programa Brasileiro GHG Protocol**. São Paulo, SP, 2024. Disponível em: <https://eaesp.fgv.br/centros/centro-estudos-sustentabilidade/projetos/programa-brasileiro-ghg-protocol>. Acesso em: 29 fev. 2024.

GUENDEHOU, Sabin *et al.* **2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Genebra, Suíça: The Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019. Disponível em: [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/0\\_Overview/19R\\_V0\\_01\\_Overview.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/0_Overview/19R_V0_01_Overview.pdf). Acesso em: 17 out. 2023.

IPCC. **FAQ 1.1 What is climate change mitigation? - IPCC Sixth Assessment Report**. Genebra, Suíça, 2024. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/faqs/IPCC\\_AR6\\_WGIII\\_FAQ\\_Chapter\\_01.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/faqs/IPCC_AR6_WGIII_FAQ_Chapter_01.pdf). Acesso em: 13 out. 2024.

IPCC. **Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, Reino Unido: Intergovernmental Panel on Climate Change, 1995.

MCTI, Ministério da Ciência e Tecnologia. Inventário de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal: comunicação inicial do Brasil. Brasil, 2010. Disponível em: <http://livroaberto.ibict.br/handle/1/729>. Acesso em: 29 fev. 2024.

MCTI, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Quarta Comunicação Nacional do Brasil à UNFCCC**. Brasil: [s. n.], 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](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: 3 mar. 2024.

MCTI, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Sexto Relatório de Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil**. [S. l.]: Governo Federal, 2022.

- MGISP. **Painel de Viagens**. Brasil, 2024. Disponível em: <https://paineldeviagens.economia.gov.br/relatorio>. Acesso em: 13 ago. 2024.
- MONZONI, Mario. **Contabilização, quantificação e publicação de inventários corporativos de emissões de gases de efeito estufa**. [S. l.]: Centro de Estudos em Sustentabilidade (FGVces), 2008. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10438/15413>. Acesso em: 3 mar. 2024.
- MONZONI, Mario *et al.* Especificações de verificação do Programa Brasileiro GHG Protocol. São Paulo, SP, v. 1, p. 44, 2011.
- MONZONI, Mario. Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol: Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa. **Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa**, São Paulo, SP, v. 1, n. 2, Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol, p. 39, 2024.
- OBLITAS-ROMERO, Ani Marisol; PÉREZ-DIAZ, Anghelly Noella; ZÚÑIGA, Candy Lisbeth Ocaña-. Application of the Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) and the ISO 14064-1: 2006 standard for the estimation of the carbon footprint at the National University of Jaen in 2021. **DYNA**, [s. l.], v. 90, n. 226, p. 90–97, 2023.
- RIDHOSARI, Betanti; RAHMAN, Ari. Carbon footprint assessment at Universitas Pertamina from the scope of electricity, transportation, and waste generation: Toward a green campus and promotion of environmental sustainability. **Journal of Cleaner Production**, Jakarta, Indonesia, v. 246, p. 119172, 2020.
- SAMARA, Fatin *et al.* Carbon Footprint at a United Arab Emirates University: GHG Protocol. **Sustainability**, [s. l.], v. 14, n. 5, p. 2522, 2022.
- SEMA UNB. **Procedimentos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos na Universidade de Brasília**. Brasília: [s. n.], 2024. Disponível em: [http://sema.unb.br/images/Noticias/2024/Para\\_o\\_SITE\\_Gerenciamento\\_de\\_resduos\\_slidos\\_Verso\\_04-04-24.pdf](http://sema.unb.br/images/Noticias/2024/Para_o_SITE_Gerenciamento_de_resduos_slidos_Verso_04-04-24.pdf). Acesso em: 26 ago. 2024.
- SENRA, Ana Luiza Pimenta. **Proposta de um Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Campus Morro do Cruzeiro da Universidade Federal de Ouro Preto**. 2023. 52 f. Monografia - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2023.
- UFSC. **Relatório do Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa da UFSC - Ano 2022**. Santa Catarina: UFSC, 2024. Disponível em: <https://arquivos.ufsc.br/f/b89ebc705cba40439555/>. Acesso em: 28 fev. 2024.
- UNB. **DAF/UnB**. Brasília, DF, 2024a. Disponível em: [https://daf.unb.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=40&Itemid=665](https://daf.unb.br/index.php?option=com_content&view=article&id=40&Itemid=665). Acesso em: 13 ago. 2024.
- UNB. **Decanato de Planejamento, Orçamento e Avaliação Institucional - Organograma UnB**. Brasília, DF, 2024b. Disponível em: [https://dpo.unb.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=24:organograma-unb&catid=194:conteudo&Itemid=665](https://dpo.unb.br/index.php?option=com_content&view=article&id=24:organograma-unb&catid=194:conteudo&Itemid=665). Acesso em: 25 ago. 2024.
- UNB. **Eficiência Energética na Universidade de Brasília**. Brasília, DF, 2024c. Disponível em: <http://sema.unb.br/efici%C3%Aancia-energ%C3%A9tica>. Acesso em: 25 ago. 2024.
- UNB. **Secretaria de Infraestrutura - INFRA - Secretaria de Infraestrutura (INFRA)**. Brasília, DF, 2024d. Disponível em: [http://infra.unb.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4&Itemid=661](http://infra.unb.br/index.php?option=com_content&view=article&id=4&Itemid=661). Acesso em: 9 set. 2024.

UNB. **Universidade de Brasília - Transparência e Prestação de Contas**. Brasília, DF, 2024f. Disponível em: <https://www.unb.br/institucional/transparencia-e-prestacao-de-contas>. Acesso em: 25 ago. 2024.

UNFCCC. **The Kyoto Protocol to the Convention on Climate Change**. Quioto, Japão, 1997. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-kyoto-protocol/history-of-the-kyoto-protocol/text-of-the-kyoto-protocol>. Acesso em: 9 mar. 2024.

VALLS-VAL, Karen; BOVEA, María D. Carbon footprint assessment tool for universities: CO2UNV. **Sustainable Production and Consumption**, Castellón, Espanha, v. 29, p. 791–804, 2022.

WRI. **Global Risks Report 2024 - 19th Edition Insight Report**: Global Risks Report. Cologny, Suíça: The World Economic Forum, 2024. Disponível em: <https://www.weforum.org/publications/global-risks-report-2024/in-full/>. Acesso em: 29 fev. 2024.

YAÑEZ, Pablo; SINHA, Arijit; VÁSQUEZ, Marcia. Carbon Footprint Estimation in a University Campus: Evaluation and Insights. **Sustainability**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 181, 2020.

## APÊNDICE A – CARACTERIZAÇÃO DAS FONTES DE EMISSÕES SEGUNDO O PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL

Quadro 5 – Escopos do PBGHG para inventário de emissões

Escopo	Subdivisão das emissões segundo a ferramenta	Descrição da fonte de GEE
Escopo 1	Combustão estacionária	Fontes de emissões de GEE onde há queima de um combustível, especialmente para o uso em processos de geração de energia térmica. Limita-se a fontes fixas, sem locomoção, excluindo assim meios de transporte (FGV, 2018a). Exemplos: geradores de energia elétrica, caldeiras e aquecedores. O combustível pode ser carvão, derivados de petróleo e demais combustíveis fósseis.
	Combustão móvel	Queima de combustíveis em fontes móveis, em que há um meio de transporte. Abarca as frotas da organização ou combustível que esta adquire para fins de transporte que seja do controle desta. Não inclui, assim, trajetos casa-trabalho dos colaboradores ou viagens por terceiros (FGV, 2018a). Inclui transporte rodoviário, ferroviário, hidroviário e aéreo. Combustíveis incluem gasolina, diesel, etanol, gás natural e outros.
	Processos industriais (químicos e físicos)	Transformação física ou química de um material que gere GEE, exceto por meios de combustão. Ocorre, por exemplo, na indústria metalúrgica, mineral e química em processos sem combustão de material (FGV, 2018a).
	Tratamento de resíduos sólidos e efluentes líquidos	Tratamento de resíduos e efluentes que liberam GEE para a atmosfera, seja por processos químicos ou biológicos como compostagem, decomposição ou incineração (FGV, 2018a). Limita-se, estritamente, a aqueles tratados pela organização inventariante, cabendo o tratamento por terceiros no escopo 3.
	Emissões fugitivas	Abarca GEEs ou compostos de gases, armazenados, que venham a escapar para a atmosfera. Em geral são atrelados a processos e equipamentos com estes gases que podem escapar ou serem utilizados (FGV, 2018a). Pode ocorrer em equipamentos de ar-condicionado, extintores de CO <sub>2</sub> , tubulações de gás e vazamentos de gás por atividades de mineração. Destaca-se o cuidado de não incluir gases não cobertos pelo Protocolo de Quioto, que são reportados separadamente segundo o PBGHG.
	Agrícolas	Cultivo de plantas, fungos e animais que implicam no fluxo de GEE. Contabiliza, também, as remoções por CO <sub>2</sub> biogênico da cultura. Abarca atividades de adição de fertilizantes, preparo e drenagem do solo, resíduos de culturas no solo ou a sua queima e fermentação entérica (no caso de animais). Não contabiliza emissões por mudança de uso do solo, que são relatadas separadamente (FGV, 2023).

Escopo	Subdivisão das emissões segundo a ferramenta	Descrição da fonte de GEE
	Mudanças no uso do solo	Fontes de emissões ou sumidouros de GEE por conversão da cobertura de solo. Cabe aqui reflorestamento, mudança de cultura, desmatamento e construção de assentamentos (FGV, 2018a, p. 1).
Escopo 2	Compra de energia elétrica	Energia elétrica comprada ou trazida para os limites organizacionais do inventariante. Esta pode ser calculada por diferentes abordagens, a depender da fonte de eletricidade. Varia de acordo com a localização, escolha de compra e período de tempo (FGV, 2018b).
	Compra de energia térmica	Energia térmica adquirida pela organização. Abarca emissões por aquecimento (FGV, 2018a).
Escopo 3	Extração e produção de materiais e combustíveis adquiridos	Emissões associadas a cadeia de vida do material comprado pela organização. Contabiliza-se a extração, produção e transporte (FGV, 2018c).
	Transporte (de materiais, viagens, de empregados etc.)	Serviços de transporte, seja de material ou de funcionários ou frequentadores da organização. Isso abarca tanto transporte público como particular (FGV, 2018c).
	Ativos arrendados, franquias e atividades terceirizadas	Emissões de atividades em bens arrendados, tanto para o caso da empresa ser a arrendadora como esta arrendando bens, desde que não incluídos nas categorias de escopo 1 e 2 (FGV, 2018c).
	Descarte de resíduos e efluentes	Emissões pela disposição e tratamento dos resíduos e efluentes quando feito por terceira parte (FGV, 2018c).
	Uso de produtos e serviços vendidos	Emissões de toda a vida útil e uso final dos bens e serviços oferecidos pela inventariante. Inclui, também, o fim de vida dos produtos, como descarte (FGV, 2018c).
Não abarcadas por nenhum escopo	Gases cobertos pelo Protocolo de Montreal	Fontes que utilizam de Gases de Efeito Estufa não cobertos pelo Protocolo de Quioto.
	Emissões Biogênicas	As emissões diretas de CO <sub>2</sub> resultantes da combustão de biomassa são reportadas separadamente, por serem uma fonte de emissão proveniente de uma classe de remoção. Estas, assim, não são contabilizadas no escopo 1, mesmo que calculadas junto com os outros escopos.

Fonte: Adaptado de Monzoni (2008).

## **APÊNDICE B – MODELO DE MEMORANDO – PEDIDO DE DADOS DE FONTES DE EMISSÕES POR COMBUSTÃO ESTACIONÁRIA - ESCOPO 1**

De:

Para: Decanato de Administração da Universidade de Brasília

Assunto: Requisição de dados de combustão estacionária da Fundação Universidade de Brasília, em seu Campus Darcy Ribeiro, para elaboração de inventário de emissões de gases de efeito estufa para o ano de 2023.

Em vista da elaboração do inventário de emissões de Gases de Efeito Estufa da Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, faz-se necessário levantar informações de uso de combustíveis para uso em geradores e similares por esta instituição no ano de 2023. Esse levantamento deverá incluir a quantidade (em unidades de medidas discriminadas abaixo) compradas pela Universidade para seu Campus Darcy Ribeiro.

Combustão estacionária se refere a atividades de queima de combustíveis com potencial de emissão de gases de efeito estufa da organização. Os combustíveis considerados para esse tipo de fonte de emissão e suas respectivas unidades de medida são:

1. Biodiesel, litros (L);
2. Etanol, litros (L);
3. Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), quilogramas (kg);
4. Gasolina, litros (L);
5. Diesel, litros (L).

Encaminhamos em vistas ao Decanato de Administração da Universidade de Brasília o pedido por informações destas informações, uma vez que este deve manter registros destes dados ou podem consultar as compras destes materiais.

Compreender as emissões que a UnB gera nesse escopo tem papel fundamental para entender como esta pode reduzir emissões de gases e promover sustentabilidade em sua gestão.

Salientamos que, para que os dados sejam compatíveis com a ferramenta de cálculo do Programa Brasileiro de GHG Protocol, instrumento de mensuração de

dados utilizado na referida pesquisa, pedimos para que estes sejam compatibilizados como na tabela:

Tabela 9 – Pedido de dados de emissões estacionárias

Registro de fonte	Combustível usado	Quantidade (em unidade de medida estabelecida)
Ex.: Gerador de energia	Ex.: Diesel	Ex.: 500 Litros

Fonte: Autor

A ferramenta aceita o input de dados nesse formato, o que facilita seu preenchimento e viabiliza os cálculos.

Atenciosamente,

## **APÊNDICE C – MODELO DE MEMORANDO – PEDIDO DE DADOS DE FONTES DE EMISSÕES POR COMBUSTÃO MÓVEL - ESCOPO 1**

De:

Para: Decanato de Administração da Universidade de Brasília

Assunto: Requisição de dados de combustão móvel da Fundação Universidade de Brasília, em seu Campus Darcy Ribeiro, para elaboração de inventário de emissões de gases de efeito estufa para o ano de 2023.

Em vista da elaboração do inventário de emissões de Gases de Efeito Estufa da Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, faz-se necessário levantar informações de uso de combustíveis para uso em mobilidade e transporte nesta instituição no ano de 2023. Esse levantamento deverá incluir a quantidade (em unidades de medidas discriminadas abaixo) compradas pela Universidade para uso no seu Campus Darcy Ribeiro.

Combustão móvel se refere a atividades de queima de combustíveis com potencial de emissão de gases de efeito estufa para automóveis, ônibus, barcos e outros meios de transporte que sejam da organização. É importante que o registro considere o mês, de 2023, em que a compra do combustível foi realizada. Os combustíveis considerados para esse tipo de fonte de emissão e suas respectivas unidades de medida são:

1. Biodiesel, litros (L);
2. Etanol, litros (L);
3. Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), quilogramas (Kg);
4. Gás Natural Veicular (GNV), metros cúbicos (m<sup>3</sup>);
5. Gasolina, litros (L);
6. Diesel, litros (L).

Encaminhamos em vistas ao Decanato de Administração da Universidade de Brasília o pedido por informações destas informações, uma vez que este deve manter registros destes dados ou pode consultar as compras destes insumos.

Compreender as emissões que a UnB gera nesse escopo tem papel fundamental para entender como esta pode reduzir emissões de gases e promover sustentabilidade em sua gestão.

Salientamos que, para que os dados sejam compatíveis com a ferramenta de cálculo do Programa Brasileiro de GHG Protocol, instrumento de mensuração de dados utilizado na referida pesquisa, pedimos para que estes sejam compatibilizados como na tabela:

Tabela 10 – Informações necessárias para preenchimento da aba de emissões móveis

Meio de transporte	Combustível usado	Quantidade (em unidade de medida estabelecida)	Mês da compra do combustível
Ex.: Terrestre (rodoviário)	Ex.: Diesel	Ex.: 5.000 Litros	Ex.: Janeiro

Fonte: Autor

Atenciosamente,

## **APÊNDICE D – MODELO DE MEMORANDO – PEDIDO DE DADOS DE EMISSÕES FUGITIVAS – ESCOPO 1**

De:

Para: Decanato de Administração da Universidade de Brasília

Assunto: Requisição de dados de emissões fugitivas da Fundação Universidade de Brasília, em seu Campus Darcy Ribeiro, para elaboração de inventário de emissões de gases de efeito estufa para o ano de 2023.

Em vista da elaboração do inventário de emissões de Gases de Efeito Estufa da Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, faz-se necessário levantar informações de emissões fugitivas deste no ano de 2023. Emissões fugitivas são aquelas referentes a liberação de GEE, geralmente não intencionais, de produtos. A liberação (escape) ocorre durante a produção, processamento, transmissão, armazenagem ou uso do gás, como no processo de manutenção de equipamentos. Isso cabe tanto a gases cobertos pelo Protocolo de Quioto como os não abarcados por este.

Esse levantamento deverá incluir o relato de compras de extintores de incêndio de CO<sub>2</sub>, assim como sua recarga, e quantidades de gases comprados que podem ter vazamento no momento de manutenção em equipamentos de refrigeração (incluindo bebedouros e outros refrigeradores) e ar-condicionado (HFC ou PFC), identificadas como possíveis fontes no Campus Darcy Ribeiro.

Encaminhamos em vistas ao Decanato de Administração da Universidade de Brasília o pedido por informações destas informações, uma vez que este deve manter registros destes dados ou podem consultar prestador deste serviço.

Compreender as emissões que a UnB gera nesse escopo tem papel fundamental para entender como esta pode reduzir sua geração de gases de efeito estufa e promover sustentabilidade em sua gestão.

Para o cálculo é preciso dados de variação do estoque do gás, ou seja, a diferença na quantidade do gás no início e no final do ano. Além disso, pede-se pelo registro da quantidade comprado, a quantidade deste que é retirado (seja para a empresa como para descarte) e a capacidade total da unidade. Salienta-se que, para que os dados sejam compatíveis com a ferramenta de cálculo do Programa Brasileiro

de GHG Protocol, instrumento de mensuração de dados utilizado na referida pesquisa, pedimos para que estes sejam compatibilizados como a seguir, em quilogramas:

E = emissões em CO<sub>2</sub>e (kg)

VE = Variação no estoque do gás, em kg, que corresponde a diferença entre a quantidade do gás no início e no final do ano inventariado.

T = Quantidade Transferida, em kg. Isso se refere ao gás comprado com subtração aos valores de gás destinado a outra organização ou vendidos.

MC = Mudança de Capacidade, em kg, sendo essa a capacidade total das unidades, subtraindo-se a capacidade no final do período do inventário.

O formato do preenchimento dos dados segue na tabela:

Tabela 11 – Dados para preenchimento de fontes de emissões fugitivas

Registro da fonte	Gás ou composto (kg)	Variação do estoque do Gás (kg)	Quantidade transferida por aquisição do gás (kg)	Quantidade transferida por descarte do gás (kg)	Mudança de capacidade (kg)
Ex.: Ar-condicionado	Ex.: R-410A	Ex.: 5 kg	Ex.: 5 kg	Ex.: 2 kg	Ex.: 0 kg

Fonte: Autor.

A ferramenta aceita a introdução de dados nesse formato, o que facilita seu preenchimento e viabiliza os cálculos. O mesmo relato deve ser feito caso as unidades de equipamento utilizem desses gases.

A lista de possíveis gases considerados é extensa. A empresa fornecedora dos serviços de manutenção ou deste material poderá informar com mais precisão qual o gás refrigerante usado, mas a tabela abaixo pode ser consultada para melhor identificação destes. O quadro 5 descreve os gases cobertos pelo Protocolo de Quito, quanto o quadro 6 descreve os gases não cobertos por este, que também devem ser relatados.

Quadro 6 – Gases de Efeito Estufa, abarcados pelo Protocolo de Quito, que podem ser fonte de emissões fugitivas

Gás	Família / Tipo
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	-

Gás	Família / Tipo
Metano (CH <sub>4</sub> )	-
Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)	-
HFC-23	HFC
HFC-32	
HFC-41	
HFC-125	
HFC-134	
HFC-134a	
HFC-143	
HFC-143a	
HFC-152	
HFC-152a	
HFC-161	
HFC-227ea	
HFC-236cb	
HFC-236ea	
HFC-236fa	
HFC-245ca	
HFC-245fa	
HFC-365mfc	
HFC-43-10mee	
Hexafluoreto de enxofre (SF <sub>6</sub> )	-
Trifluoreto de nitrogênio (NF <sub>3</sub> )	-
PFC-14	PFC
PFC-116	
PFC-218	
PFC-318	
PFC-3-1-10	
PFC-4-1-12	
PFC-5-1-14	
PFC-9-1-18	
Trifluorometil pentafluoreto de enxofre	
Perfluorociclopropano	

Fonte: FGV (2023)

Quadro 7 – Gases de Efeito Estufa, abarcados pelo Protocolo de Quito, que podem ser fonte de emissões fugitivas

Categoria de gases não cobertos pelo Protocolo de Quioto
CFC-11
CFC-12
CFC-13
CFC-113
CFC-114
CFC-115
Halon-1301
Halon-1211
Halon-2402
Tetracloroeto de carbono (CCl <sub>4</sub> )
Bromometano (CH <sub>3</sub> Br)
Methyl chloroform (CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub> )
HCFC-21
HCFC-22 (R22)
HCFC-123
HCFC-124
HCFC-141b
HCFC-142b
HCFC-225ca
HCFC-225cb

Fonte: FGV (2023)

Atenciosamente,

**APÊNDICE E – MODELO DE FORMULÁRIO DE PESQUISA PARA  
MENSURAÇÃO DE EMISSÕES POR TRANSPORTE CASA-TRABALHO –  
ESCOPO 3**

Questionário:

Público-alvo 1: Alunos frequentadores do Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília.

Público-alvo 2: Funcionários diretos, professores e técnicos que trabalham no Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília.

Perguntas:

1. Você é estudante ou funcionário, com vínculo direto à UnB, e que frequenta o Campus Darcy Ribeiro?
  - Estudante
  - Funcionário
  - Nenhum dos acima
  
2. Qual dos transportes a seguir você utiliza para o traslado até a sua casa?
  - Transporte público (ônibus/metrô)
  - Veículo particular
  - Outro (apenas a pé, de bicicleta etc.)
  
3. Qual a Região Administrativa ou município de sua residência?  
Ex.: Taguatinga.
  
4. Qual a distância que você percorre, usando desse meio de transporte, da sua casa até a UnB? Usar como unidade de medida quilômetros (km). Informe a soma do trecho de ida e volta.  
Ex.: 40 km.
  
5. Se por meio de transporte público, quantos quilômetros você percorre de metrô e quantos de ônibus? Informe a soma do trecho de ida e volta.  
Ex.: 8 km de ônibus. 32 km de metrô.
  
6. Se por meio de transporte particular, qual combustível você usa?  
Ex.: Gasolina.

7. Qual o tipo de veículo particular que você usa?

- Automóvel
- Motocicleta
- Micro-ônibus (van)

8. Qual o ano da frota do veículo?

Ex.: 2018.

**APÊNDICE F – MEMÓRIA DE CÁLCULO – EMISSÕES POR TRATAMENTO DE  
RESÍDUOS (RESÍDUOS SÓLIDOS) GERADOS NA OPERAÇÃO – RESÍDUOS  
SÓLIDOS INCINERADOS – ESCOPO 3**

São incinerados no Campus Darcy Ribeiro as seguintes quantidades de resíduos:

Incineração convencional: 51.774 kg

Coprocessamento: 1.532 kg

O incinerador que atende ao Campus Darcy Ribeiro tem as seguintes especificações:

Como forma de controlar a qualidade de queima, são realizados frequentemente análises dos gases emitidos na chaminé, sendo medidas as concentrações de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>.

A capacidade plena de queima de resíduos no incinerador considerando regime de trabalho de 24h é de 6.000 t/ano (toneladas por ano).

A vazão média medida na saída da chaminé é de 13.096 Nm<sup>3</sup>/h (metro cúbico normal por hora) e em média, a concentração de CO<sub>2</sub> é de 10,13%.

A vazão de CO<sub>2</sub> é de 1.326 Nm<sup>3</sup>/h.

Utilizando o peso molecular de 44g/mol e o volume de 22,4L nas Condições Normais de Temperatura e Pressão, chega-se à vazão de 2,06 t/h (tonelada por hora) de dióxido de carbono.

Com o mesmo regime de trabalho de 24h e 330 dias no ano, a média é igual a 20.654 t/ano.

O quantitativo acima refere-se à incineração de 6.000 toneladas/ano de resíduos.

Para calcular o CO<sub>2</sub> devido à queima dos resíduos, aplica-se uma regra-de-três, considerando a quantidade em toneladas de resíduos da UnB que foram enviados para incineração no período de um ano. Assim, para X toneladas de resíduos da UNB, teríamos a geração de (X\*(20.654/6.000)) toneladas de CO<sub>2</sub>.

$$Emissões\ de\ CO_2\ de\ 2023 = Massa\ de\ resíduos * \left(\frac{20654}{6000}\right) tCO_2$$

Quanto ao N<sub>2</sub>O, considerando o regime de trabalho de 24h e 330 dias no ano, temos um total de 5.245 t/ano de N<sub>2</sub>O, para uma capacidade de incineração de 6.000 toneladas/ano de resíduos.

Para X toneladas de resíduos da UNB destinados por incineração, teríamos a geração de  $(X \cdot (5.245/6.000))$  toneladas de N<sub>2</sub>O.

$$\text{Emissões de } N_2O \text{ de 2023} = \text{Massa de resíduos} * \left(\frac{5245}{6000}\right) tN_2O$$

Uma vez conseguido o valor de toneladas de N<sub>2</sub>O emitidos por incineração, deve-se multiplicar este pelo GWP acima.

Com relação ao coprocessamento, o cálculo de emissões por incineração dos resíduos é o seguinte:

Para cada GJ (Giga Joule) de energia para RDF (*Refuse-derived fuel*, nome dado ao resíduo utilizado como combustível em processos de coprocessamento) ou mix industrial emite 75 a 83 kg CO<sub>2</sub>.

De acordo com a norma técnica CETESB P4.263, o PCI (poder calorífico mínimo) de resíduos para coprocessamento é 2775 Kcal/Kg (quilocaloria por quilograma), ou seja, 11618 KJ/Kg (quilojoule por quilograma).

Se 1 Kg de resíduos gera 11.618 KJ = 0,011618 GJ, então 1 GJ é gerado por 86 Kg de resíduos, que produz 75 a 84 Kg de CO<sub>2</sub> – na média, 79,5 Kg de CO<sub>2</sub>.

Aplicando uma regra-de-três, para X toneladas de resíduos da UnB, teríamos a geração de  $((X/86) \cdot 79,5)$  toneladas de CO<sub>2</sub>, como na equação:

$$\text{Emissões por coprocessamento} = \left(\frac{\text{Massa de resíduos coprocessados}}{86}\right) * 79,5 tCO_2$$

Para o tratamento físico-químico (ETE) que é aplicado aos resíduos líquidos aquosos, e para disposição em aterro industrial que é aplicado aos resíduos sólidos inorgânicos, entendemos que não há geração de CO<sub>2</sub>, pois não ocorre combustão.

Com tais fatores de cálculo fornecidos pela empresa, foi calculado pela Coordenação de Gerenciamento de Resíduos da Secretaria de Meio Ambiente da UnB:

Tabela 12 – Resultados do cálculo de emissões, em tCO<sub>2</sub>e por incineração de resíduos

Método de disposição por incineração	Massa (toneladas)	Gás emitido	Massa de gás emitido (toneladas)
Incinerção	51,774 t	CO <sub>2</sub>	178,3 t

Método de disposição por incineração	Massa (toneladas)	Gás emitido	Massa de gás emitido (toneladas)
		N <sub>2</sub> O	45,26 t
Coprocessamento	1,532 t	CO <sub>2</sub>	1,4 t

Fonte: Autor.

## **APÊNDICE G – MODELO DE MEMORANDO – PEDIDO DE DADOS DE EMISSÕES POR RESÍDUOS ATERRADOS - ESCOPO 3**

De:

Para: Secretaria de Meio Ambiente da Universidade de Brasília

Assunto: Requisição de dados de resíduos aterrados da Fundação Universidade de Brasília, em seu Campus Darcy Ribeiro, para elaboração de inventário de emissões de gases de efeito estufa para o ano de 2023.

Em vista da elaboração do inventário de emissões de Gases de Efeito Estufa da Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, faz-se necessário levantar informações dos resíduos gerados por esta instituição no ano de 2023, assim como a forma de disposição destes. Esse levantamento deverá incluir informações a serem consultadas pela empresa que faz a gestão dos resíduos.

Encaminhamos em vistas ao Decanato de Administração e Secretaria de Meio Ambiente da Universidade de Brasília o pedido por informações destas informações, uma vez que estes devem manter registros destes dados ou podem consultar prestador deste serviço.

Compreender as emissões que a UnB gera nesse escopo tem papel fundamental para entender como esta pode reduzir emissões de gases e promover sustentabilidade em sua gestão.

Consulta-se:

1. Município para onde o resíduo a ser aterrado é destinado;
2. Quantidade, em toneladas, de resíduos enviados ao aterro para o ano de 2023;
3. Dados da composição dos resíduos. Para que os dados sejam funcionais para a ferramenta de cálculo do Programa Brasileiro de GHG Protocol, instrumento de mensuração de dados utilizado na referida pesquisa, pedimos para que estes sejam compatibilizados como na tabela 13:

Tabela 13 – Método de classificação das frações do resíduo conforme a ferramenta de cálculo do Programa Brasileiro GHG Protocol.

Composição do resíduo	Ano	2023
-----------------------	-----	------

A - Papéis/papelão	A / Total [%]
B - Resíduos têxteis	B / Total [%]
C - Resíduos alimentares	C / Total [%]
D - Madeira	D / Total [%]
E - Resíduos de jardim e parque	E / Total [%]
F - Fraldas	F / Total [%]
G - Borracha e couro	G / Total [%]
H - Lodo de esgoto doméstico	I / Total [%]
I - Lodo industrial	J / Total [%]
Outros materiais inertes*	[%]

\* Entre os quais: plástico, metal, vidro, cinzas, sujeira, poeira, solo, lixo eletrônico, entre outros materiais inertes

Fonte: FGV (2024)

Classificação do aterro em relação à qualidade do local de destinação dos resíduos, seguindo a classificação do quadro 3:

Quadro 8 – Qualificação dos aterros sanitários segundo a ferramenta de cálculo do PBGHG, condição que influencia o fator de emissão do resíduo nele aterrado

Qualidade do local de disposição dos resíduos	Descrição
A: se aterro sanitário	Devem ter controle do aterramento de resíduo (ex. resíduo destinado especificamente para uma área do aterro, controle de escavação e de chamas), incluindo ao menos um dos seguintes métodos: (i) material de cobertura; (ii) compactação mecânica; ou (iii) nivelamento do resíduo.
B: se aterro semi-aeróbio	Devem ter controle do aterramento de resíduo e incluir todas as seguintes estruturas para introduzir ar nas camadas de resíduos: (i) material de cobertura permeável; (ii) sistema de drenagem de chorume sem afundamento; (iii) tanque de regulação; (iv) sistema de ventilação de gases sem tampa e (v) conexão dos sistemas de drenagem e de ventilação.
C: se aterro semi-aeróbio (mal manejado)	É considerado um aterro semi-aeróbio mal manejado nos casos em que: (i) sistema de drenagem de chorume afundado; (ii) fechamento da válvula de drenagem (iii) obstrução da saída de gás do sistema de ventilação.
D: se aterro com aeração ativa	Inclui a tecnologia de aeração <i>in situ</i> de baixa pressão, aspersion de ar, bioventilação, ventilação passiva com extração (sucção). Devem ter

Qualidade do local de disposição dos resíduos	Descrição
	controle do aterramento e incluir sistema de drenagem de chorume para evitar o bloqueio da entrada de ar. Deve conter: (i) material de cobertura; (ii) sistema de injeção de ar ou extração de gás sem secagem de resíduos.
E: se aterro com aeração ativa (mal manejado)	Inclui as tecnologias do aterro acima, porém é considerado mal manejado por conta de: (i) bloqueio do sistema de aeração por falha na drenagem; (ii) falta de umidade para microorganismos devido à aeração de alta pressão.
F: se aterro com profundidade $\geq 5$ m	Todos os aterros que não atendem aos critérios dos aterros sanitário e semi-aeróbio, e que possuem profundidade igual ou maior a 5 m e/ou alto nível do lençol freático (próximo à superfície). Este último critério corresponde ao preenchimento de antigos corpos d'água por resíduos (ex. lagos ou rios vazios).
G: se aterro com profundidade $< 5$ m	Todos os aterros que não atendem aos critérios dos aterros sanitários e semi-aeróbios, e que possuem profundidade menor que 5 metros.
H: se não possui a classificação do aterro	Aterros com classificação desconhecida e que não se encaixe em nenhuma das categorias acima.

Fonte: FGV (2024)

5. Existe recuperação de metano no aterro em que foram depositados os resíduos? Qual a eficiência média de recuperação de metano no aterro?