



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

GABRIELLA PEREIRA SALCEDO

**QUANTIFICAÇÃO E NEUTRALIZAÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO
ESTUFA DO INSTITUTO DE FLORESTAS DA UFRRJ EM 2023**

Profª. Dra. VANESSA MARIA BASSO
Orientadora

SEROPÉDICA, RJ
JULHO – 2024



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

GABRIELLA PEREIRA SALCEDO

QUANTIFICAÇÃO E NEUTRALIZAÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO INSTITUTO DE FLORESTAS DA UFRRJ EM 2023

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Profª. Dra. VANESSA MARIA BASSO
Orientadora

SEROPÉDICA, RJ
JULHO – 2024

Dedico a todos que fizeram parte dessa minha caminhada, em especial aos familiares e amigos.



HOMOLOGAÇÃO Nº 13 / 2024 - DeptSil (12.28.01.00.00.00.31)

Nº do Protocolo: 23083.037328/2024-90

Seropédica-RJ, 29 de julho de 2024.

QUANTIFICAÇÃO E NEUTRALIZAÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO INSTITUTO DE FLORESTAS DA UFRRJ EM 2023

GABRIELLA PEREIRA SALCEDO

APROVADA EM: 18/07/2024

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. VANESSA MARIA BASSO – UFRRJ (Orientadora)

Profa. Dra. FLAVIA SOUZA ROCHA – UFRRJ (Membro)

Prof. Dr. EMANUEL JOSE GOMES DE ARAÚJO – UFRRJ (Membro)

(Assinado digitalmente em 29/07/2024 13:56)
EMANUEL JOSE GOMES DE ARAUJO
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptSil (12.28.01.00.00.00.31)
Matricula: 1978275

(Assinado digitalmente em 30/07/2024 09:36)
FLAVIA SOUZA ROCHA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptCAmb (12.28.01.00.00.00.29)
Matricula: 1766975

(Assinado digitalmente em 29/07/2024 08:38)
VANESSA MARIA BASSO
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptSil (12.28.01.00.00.00.31)
Matricula: 1107844

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrj.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **13**, ano: **2024**, tipo: **HOMOLOGAÇÃO**, data de emissão: **29/07/2024** e o código de verificação: **b19934c31b**

AGRADECIMENTOS

É com imensa gratidão que dedico este momento para expressar meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que contribuíram de maneira significativa para a realização desta monografia.

Primeiramente, agradeço a Deus, pela minha vida, e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho.

Gostaria de agradecer à professora Vanessa cuja orientação competente, paciente e incentivadora foi fundamental para o desenvolvimento e aperfeiçoamento da pesquisa. Suas orientações foram essenciais para o aprimoramento das ideias e para a conclusão não só desta monografia, como para todos os trabalhos desenvolvidos ao longo dos anos em que trabalhamos juntas. Obrigada por todo ensinamento e parceria.

Agradeço também à minha mãe e irmã pelo apoio incondicional ao longo desta jornada acadêmica. Obrigado por compreenderem as horas dedicadas aos estudos e por sempre me encorajarem a perseguir meus objetivos, tal como acreditarem em mim em todos os momentos.

Não poderia deixar de mencionar meus amigos e colegas, que me acompanharam ao longo deste processo. Em especial as minhas amigas Nathália e Yasmin, em que foram minhas companheiras de todas as horas durante a graduação e tornou tudo mais divertido. As levarei sempre comigo e muito obrigada por tudo. Ademais, agradeço ao Bruno, por ter me acompanhado e encorajado nessa caminhada. Suas contribuições foram valiosas para minha vida.

Agradeço também aos professores que tive durante a graduação. No qual foram responsáveis por meu desenvolvimento e formação ao longo desses anos.

Por fim, gostaria de expressar minha gratidão a instituição e pessoas que, de alguma forma, colaboraram para a realização desta monografia, seja através de recursos, suporte técnico ou simplesmente palavras de encorajamento.

Outrossim, este trabalho representa não apenas um marco na minha trajetória acadêmica, mas também uma conquista compartilhada por todos aqueles que acreditaram no meu potencial e me apoiaram ao longo do caminho. Sem o auxílio e o incentivo de cada um de vocês, este trabalho não teria sido possível.

RESUMO

Nos últimos anos as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) têm crescido de forma acelerada e causado consequências no planeta. As emissões têm relação com as diversas atividades realizadas pela população como o uso da terra, desmatamento, resíduos, pecuária, entre outras coisas. Sendo assim, para tentar reduzir os impactos das emissões de GEE, medidas para neutralização da emissão de carbono por meio da elaboração de inventário de GEE com esses dados estão sendo cada vez mais realizados no Brasil e no mundo. Nesses estudos são quantificadas as mais variadas fontes emissoras dos gases de efeito estufa e suas taxas de emissão de cada variável, e a partir desse levantamento calculada o número de indivíduos arbóreos necessários para compensar a quantidade de emissões realizadas. Essa compensação com o plantio de indivíduos arbóreos ocorre devido as plantas sequestrarem, de forma natural, o CO₂ presente na atmosfera ao se desenvolverem. Nesse prisma, foi realizado um estudo para quantificar os GEE emitidos pelas atividades realizadas no Instituto de Floresta do campus Seropédica da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro durante o ano de 2023. Quantificou-se os resíduos sólidos produzidos, energia elétrica consumida, combustão de combustíveis fósseis, entre outras fontes. Ao final calculou-se o número de indivíduos arbóreos necessários para que as emissões do instituto fossem neutralizadas. As fontes emissoras foram divididas em 3 escopos diferentes de acordo como a metodologia do Protocolo GHG e que a emissão total de GEE das fontes quantificadas correspondeu à aproximadamente 125 mil kg de CO_{2e} e 22 mil kg de CO₂ – BIOMASSA de emissão evitada. Ademais, a quantidade de indivíduos arbóreos necessários para neutralizar as emissões do ano de 2023 corresponde a 1.797 árvores para um horizonte de 10 anos, considerando todos os Escopos mensurados. Entretanto, desconsiderando o Escopo 3, a quantidade seria de 665 árvores no mesmo tempo.

Palavras-chave: Gases de Efeito Estufa; Neutralização de Carbono; Aquecimento Global; Mudanças Climáticas

ABSTRACT

In recent years, Greenhouse Gas (GHG) emissions have grown rapidly and caused consequences on the Earth. Emissions are related to various activities carried out by the population, such as land use, deforestation, waste, livestock farming, among other things. Therefore, to try to reduce the impacts of GHG emissions, measures to neutralize carbon emissions and prepare a GHG inventory using these data are increasingly being carried out in Brazil and around the world. In these studies, the most varied sources of carbon emissions are quantified, the emission rates for each variable are calculated and forests are planted (recovery and restoration) to compensate for the quantity. This compensation with planting occurs because tree seedlings naturally sequester carbon emitted by some activity. In this perspective, a study was carried out on the carbon emitted at the Forest Institute of the Seropédica campus of the Federal Rural University of Rio de Janeiro during the year 2023, through activities such as solid waste produced, electrical energy consumed, combustion of fossil fuels and various sources. And then the number of seedlings needed for the institute's production to be neutralized was calculated. According to this, it is highlighted that the emission sources were divided into 3 different Scopes based on the GHG Protocol methodology and that the total GHG emission from the quantified sources corresponded to approximately 125 thousand kg of CO_{2e} and 22 thousand kg of CO₂ – BIOMASS. Furthermore, the number of tree individuals needed to neutralize emissions in 2023 corresponds to 1.797 trees over a 10-year horizon, considering all Scopes measured. However, disregarding Scope 3, the quantity would be 665 trees in the same time.

Keywords: Greenhouse Gases; Carbon Neutralization; Global Warming; Climate Changes

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 Gases de Efeito Estufa	2
2.2 Inventário de GEE	4
3 MATERIAL E MÉTODOS	5
3.1 Caracterização da Área	5
3.2 Levantamento das atividades	6
3.3 Coleta de dados	7
3.4 Conversão dos dados	11
3.5 Cálculo de indivíduos arvores	13
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
4.1 Quantificação das emissões de GEE em 2023 no IF	14
4.1.1 Escopo 1	14
4.1.2 Escopo 2	18
4.1.1 Escopo 3	18
4.2 Cálculo de neutralização das emissões de GEE	20
5 CONCLUSÃO	21
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
APÊNDICE A – Cálculo de neutralização das emissões de GEE	25

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas que anteriormente ocorriam de forma esperada em milhões de anos, agora estão acontecendo em apenas séculos e décadas como se percebe nas diferentes projeções publicadas nos relatórios do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ao longo dos anos. Dessa forma, evidencia-se que o aquecimento global é uma realidade incontestável, sendo impulsionado principalmente pela crescente concentração de Gases de Efeito Estufa na atmosfera, resultantes das atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis e o desmatamento (IPCC, 2021).

Ademais, o esperado é que a população mundial aumente cada vez mais. Ou seja, com mais de 7 bilhões de pessoas no planeta atualmente, ainda se projeta que o mundo alcance uma população de 9 bilhões até 2050 (Prabhu, 2017). Com isso, a demanda por recursos naturais e energia também tendem a crescer.

Além disso, observa-se o avanço das tecnologias e das indústrias desde a Revolução Industrial. Esse período histórico, marcado por grande desenvolvimento industrial também contribuiu significativamente para o acúmulo de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera, amplificando o fenômeno do aquecimento global (Ruddiman, 2013). Sendo assim, a intensa industrialização e o aumento da população, e seu consequente consumo, fazem com que a temperatura do planeta esteja crescendo mais rapidamente que o esperado e causando implicações no sistema climático.

Dessa forma, o impacto do aumento das emissões de GEE no sistema climático é significativo, contribuindo para o aumento das temperaturas globais, mudanças nos padrões de precipitação, elevação do nível do mar e ocorrência de eventos climáticos extremos (Aschner et al., 2019). A presença de eventos climáticos extremos já se faz perceptível como secas, ondas de calor, incêndios florestais, inundações e tempestades que vêm ocorrendo de forma mais frequentes ao redor do Brasil e do mundo. Com isso dar-se para compreender que o vasto avanço das emissões de GEE está provocando consequências no meio ambiente (Behera; Rahut; Sahoo, 2022).

Diante desse cenário, torna-se imperativo quantificar, monitorar e mitigar as emissões para promover a sustentabilidade e influenciar positivamente a economia global (IPCC, 2014). Por esse motivo, procura-se maneiras de monitorar as atividades e reduzir e/ou compensar as suas emissões, de forma a minimizar os impactos ao planeta. Mas, ressalta-se que alterações no sistema produtivo também podem resultar em mudanças drásticas na economia mundial que nem todas as economias estão dispostas a ceder.

No ano de 2015 foi aprovado um acordo internacional, chamado Acordo de Paris, que reflete uma iniciativa internacional crucial para conter as emissões de GEE, visando limitar o aumento da temperatura global a 1,5°C ou até no máximo 2°C (UNFCCC, 2015). Entretanto, o Relatório sobre as Lacunas de Emissão de 2021 prevê que o aumento da temperatura da terra até o final do século seja de 2,7 °C, o que é superior ao previsto no Acordo de Paris. O mesmo relatório afirma que para limitar o aumento de temperatura nos índices desejados, deve-se reduzir as emissões anuais, ao menos pela metade, durante os próximos oito anos (PNUMA, 2021).

A continuidade das emissões de GEE sem alterações significativas ameaça resultar em consequências devastadoras, incluindo o aumento das temperaturas globais, derretimento de geleiras e mudanças climáticas extremas (IPCC, 2021). Nesse contexto, a implementação de medidas como planos de neutralização de carbono e inventários de GEE torna-se crucial para avaliar e controlar as emissões ao longo do tempo (UNEP, 2020) em qualquer escala de produção ou atividade.

Para a realização de um inventário de emissão de GEE é preciso o desenvolvimento de uma metodologia de cálculo considerando e quantificando todas as emissões de GEE geradas pelas atividades em determinada área. Uma medida conhecida mundialmente e que ajudou a dissimulação do inventário de GEE é o Protocolo de Quioto, o qual estabeleceu metas vinculativas para a redução das emissões de GEE (IPCC, Protocolo de Quioto, 1997).

Sendo assim, para tentar reduzir os impactos das emissões de GEE, a neutralização da emissão de carbono por meio da elaboração inventário de emissão, ou seja, formas para capturar mais carbono do que emitir, estão sendo cada vez mais realizados em eventos, festivais, encontros e empresas, além de universidades. Tais ações torna as operações mais eficientes e mais responsáveis dentro da ótica socioambiental, além de, possivelmente reduzir as emissões de gases de efeito estufa (Pinho, 2009).

Nesses estudos são quantificadas as mais variadas fontes emissoras de carbono, calculadas as taxas de emissão de cada variável e plantadas florestas (recuperação e restauração) para compensar a quantidade emitida. Essa compensação com o plantio ocorre devido as mudas de árvores sequestrarem, de forma natural, o CO₂ emitido por alguma atividade.

Assim, o objetivo do presente trabalho consistiu em realizar o inventário das emissões de GEE, tal como calcular a quantidade de mudas necessárias para a neutralização das emissões oriundas das atividades cotidianas do Instituto de Florestas (IF) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) no ano de 2023.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Gases de Efeito Estufa

A atmosfera é uma camada gasosa que envolve a Terra, cujo é mantida pela força gravitacional. A mesma desempenha um papel fundamental na regulação do clima e na sustentação da vida. Sendo assim, é composta por uma mistura complexa de gases, partículas e vapor d'água, em que permite ter grande influência na regulação do clima, proteção contra radiação solar prejudicial e suporte à vida vegetal e animal (IPCC, 2020).

Dessa forma, é dividida nas camadas: troposfera, estratosfera, mesosfera, termosfera e exosfera. No qual cada uma possui características distintas em relação à temperatura, composição e função. A camada mais próxima da superfície da Terra é a troposfera, que se estende até uma altitude de aproximadamente 11 km acima do nível do mar. É uma camada de ar estreita e densa que contém praticamente toda a massa gasosa da atmosfera (75%), além de quase todo vapor de água e aerossóis (SENE, 2014). Ou seja, é responsável pela formação da maioria das atividades climáticas como nuvens, chuvas, ventos e variações de temperatura (Seinfeld; Pandis, 2016).

Nos últimos anos tem-se investigado as variações na composição da troposfera, principalmente em relação à gases e partículas que desempenham papéis cruciais na regulação do clima e na qualidade do ar. Desta forma, destacam-se os GEE encontrados nessa camada da atmosfera que são: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxidos de nitrogênio (NO_x), entre outros, que são altamente contaminadores e afetam diretamente o efeito estufa (Santer et al., 2003; Trenberth et al., 2009). Nesse prisma, esses gases impulsionam uma grande e preocupante problemática ambiental chamada de aquecimento global.

O aquecimento global refere-se ao aumento natural e gradual da temperatura média da superfície terrestre e dos oceanos ao longo do tempo, mas que se intensificou com o desenvolvimento das atividades humanas nos últimos 2 séculos. Isto é, a concentração de CO₂ na atmosfera cresce ano após ano à medida que se queima combustíveis fósseis, o que aumenta o efeito estufa natural e aquece o planeta (Anderson; Hawkins; Jones, 2016).

Este fenômeno é impulsionado pelo aumento das emissões de gases que retêm o calor na atmosfera e aumentam a retenção de energia no sistema terrestre. O mesmo contribui para o aumento das temperaturas médias globais, levando a uma série de impactos ambientais, como derretimento de geleiras, aumento do nível do mar, eventos climáticos extremos e alterações nos padrões de precipitação. É um dos desafios ambientais mais urgentes enfrentados pela humanidade, exigindo ações globais coordenadas para mitigar seus efeitos e promover a adaptação sustentável às mudanças climáticas.

Contudo, observa-se que aumento das concentrações de CO₂ é um dos principais impulsionadores do aquecimento global, pois este gás é um dos principais GEE responsáveis por reter o calor na atmosfera terrestre (Le Quéré et al., 2018). Sua concentração na atmosfera aumentou mais de 40% desde a era pré-industrial, contribuindo para o aumento das temperaturas médias globais e para fenômenos climáticos extremos (NOAA, 2022).

Além do CO₂, o CH₄ é outro gás presente na atmosfera, em que sua concentração tem recebido crescente atenção devido ao seu significativo impacto no aquecimento global. Isso se deve ao fato também de, em geral, grande parte da população estar mais preocupada às mudanças climáticas e como as ações antrópicas afetam o meio ambiente.

O CH₄, gás metano, tem suas fontes emissoras como sendo processos naturais e de atividades humanas. A decomposição de matéria orgânica em pântanos, oceanos e solos úmidos, são processos que ocorrem de forma natural e contribuem significativamente para as emissões de CH₄ na atmosfera (Saunio et al., 2020). Entretanto a agricultura, pecuária, produção de combustíveis fósseis e gestão de resíduos, são atividades antrópicas que também liberam CH₄ na atmosfera e, por isso, desempenham um papel importante no ciclo do metano (Kirschke et al., 2013).

A agricultura, em particular, é uma fonte significativa de emissões de metano devido à fermentação entérica em animais ruminantes, como vacas e ovelhas, e ao manejo de solos agrícolas. Além disso, a produção e uso de combustíveis fósseis, como gás natural e petróleo, contribuem para as emissões de CH₄ durante a extração, transporte e queima desses combustíveis. O que acaba impactando negativamente o meio ambiente e favorece o aumento de temperatura da terra.

Dessa forma, a composição da atmosfera terrestre possui implicações significativas para o clima, a saúde humana e o meio ambiente. Avanços contínuos na compreensão dos principais constituintes e processos atmosféricos são essenciais para informar políticas eficazes de mitigação das mudanças climáticas e proteção da qualidade do ar.

Ademais, o aumento dos GEE gera impactos adversos no clima global e nos ecossistemas terrestres e marinhos. O aumento das temperaturas médias globais, o derretimento das calotas polares e o aumento do nível do mar são apenas algumas das consequências observadas dessas mudanças climáticas (Nature, 2023).

Além dos impactos no clima, as emissões de GEE também têm implicações significativas para a saúde humana. Sendo assim, a poluição do ar causada pela queima de combustíveis fósseis e outras atividades humanas é responsável por milhões de mortes prematuras a cada ano em todo o mundo, devido a doenças respiratórias e cardiovasculares relacionadas à qualidade do ar (Smith et al., 2014).

Com isso, o aumento das concentrações de CO₂ na atmosfera representa um desafio significativo para a saúde do planeta e exige ações urgentes para reduzir as emissões e mitigar os impactos das mudanças climáticas.

Dessa forma, destaca-se então o Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), cujo desempenha um papel crucial na conscientização global e na formulação de políticas em relação às mudanças climáticas. Este organismo intergovernamental foi estabelecido com o objetivo principal de fornecer avaliações científicas objetivas sobre a magnitude, impactos e futuras tendências das mudanças climáticas induzidas pelo homem (WRI, 2023).

Ao longo dos anos, o IPCC produziu uma série de relatórios que são fundamentais para entender a gravidade e a urgência da crise climática (IPCC, 2023). Por conseguinte, esses relatórios consolidam as últimas descobertas científicas sobre mudanças climáticas, cobrindo desde os efeitos nas regiões polares até as alterações nos padrões de precipitação global (IPCC, 2021). Além disso, esses detalham as consequências das emissões de GEE e as possíveis estratégias de mitigação e adaptação.

Uma das ferramentas essenciais recomendadas pelo IPCC para monitorar e reduzir as emissões de GEE é a elaboração de inventários de emissões. Estes inventários correspondem a registros detalhados das fontes de emissões de GEE de uma nação, região ou organização, fornecendo dados precisos sobre quanto de gases como CO₂, CH₄ e óxido nitroso (N₂O) estão sendo liberados na atmosfera (IPCC, 2023).

Conseqüentemente, destaca-se que é crucial realizar inventários de emissões por várias razões. Primeiramente, eles fornecem uma base factual para entender a contribuição de diferentes setores e atividades para as emissões totais de GEE. Isso permite que políticas e estratégias sejam desenvolvidas de forma direcionada e eficaz.

Além disso, os inventários de emissões são essenciais para monitorar o progresso ao longo do tempo. Eles ajudam os governos e organizações a avaliar se estão cumprindo seus compromissos internacionais de redução de emissões, como os estabelecidos no Acordo de Paris (2015). Afinal, sem dados precisos e atualizados, é difícil implementar políticas eficazes de mitigação das mudanças climáticas (ONU, 2020).

2.2. Inventário de GEE

O inventário de GEE consiste em uma ferramenta fundamental para entender e mitigar as mudanças climáticas antropogênicas. Baseia-se na quantificação sistemática das emissões de GEE de uma determinada fonte, como uma empresa (pública ou privada), cidade ou país. Essa prática fornece uma base sólida para o desenvolvimento de estratégias de redução de emissões e a avaliação do progresso em direção a metas climáticas (UNFCCC, 2021).

Um dos principais objetivos do inventário de GEE é fornecer uma imagem clara das principais fontes de emissões em uma determinada área geográfica. Isso permite identificar pontos críticos de emissão e priorizar medidas de mitigação. Sendo assim, identificação e controle dessas fontes são cruciais para limitar o aumento da temperatura global, que atualmente encontra-se 1,5°C (IPCC, 2021).

A precisão dos inventários de GEE é fundamental para embasar decisões informadas sobre políticas climáticas e investimentos em tecnologias limpas. Dessa forma, a confiabilidade dos dados é essencial para que as decisões possam ser tomadas com base nas informações apresentadas e permitam implementar estratégias de redução de emissões de forma eficaz (Jiang et al., 2020).

Além da precisão dos dados, a transparência e a divulgação pública dos resultados também desempenham um papel crucial. Sendo assim, a transparência aumenta a confiança e incentiva a colaboração em iniciativas de redução de emissões (Peters et al., 2017). Isto quer dizer que, quando os resultados dos inventários são acessíveis ao público, isso permite uma maior participação da sociedade civil, contribuindo para um meio ambiente mais sustentável.

Garantir a precisão e a transparência dos inventários de GEE requer a adoção de melhores práticas e padrões internacionais. Isso inclui a implementação de sistemas de monitoramento robustos, o uso de metodologias reconhecidas e a realização de verificações independentes. Além disso, é importante investir em capacitação e desenvolvimento de habilidades para os profissionais envolvidos na elaboração desses inventários, garantindo a qualidade dos dados coletados e analisados.

Com isso, destaca-se que a precisão e a transparência são elementos-chave para a eficácia dos inventários de GEE. Ao garantir a confiabilidade dos dados e a divulgação pública dos resultados, é possível fortalecer a base de conhecimento necessária para enfrentar os desafios das mudanças climáticas e promover uma transição para uma economia de baixo carbono.

A elaboração de um inventário de GEE envolve uma série de etapas, desde a coleta de dados até a análise e comunicação dos resultados. Existem algumas metodologias e diretrizes internacionais que orientam esse processo. Por exemplo, as Diretrizes do IPCC para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa oferecem um conjunto abrangente de orientações para governos que desejam preparar seus próprios inventários de emissões (IPCC, 2006).

Ademais, existe também o GHG Protocol em que consiste numa ferramenta mundial para auxiliar na realização de inventário de GEE. Esse protocolo ajuda na quantificação e gerenciamento das atividades potencialmente emissoras de GEE. Além disso, normalmente é utilizada de Contabilidade de Carbono, que envolve a quantificação das emissões de cada GEE em unidades de dióxido de carbono equivalente (CO_{2e}). Isso permite comparar e agregar emissões de diferentes gases, facilitando a análise e a tomada de decisões (UNFCCC, 2019).

Quando relacionado ao setor privado, os inventários de GEE correspondem a uma ferramenta essencial para empresas que desejam medir, gerenciar e relatar suas emissões de GEE. Isso não apenas ajuda as empresas a reduzir seus impactos ambientais, mas também pode trazer benefícios financeiros, como economia de energia e aumento da eficiência operacional (WRI, 2020).

Apesar dos benefícios do inventário de GEE, existem vários desafios a serem superados. Um dos principais é a falta de dados confiáveis, especialmente em países em desenvolvimento, onde a infraestrutura de monitoramento pode ser limitada. Isso ressalta a importância do apoio internacional e da capacitação técnica para fortalecer as capacidades de elaboração de inventários em todo o mundo (UNEP, 2020).

Outro desafio é garantir a comparabilidade e a consistência entre os inventários de diferentes países e setores. Isso requer o desenvolvimento e a adoção de padrões e metodologias internacionais, bem como a harmonização de práticas de relato (Wang et al., 2018).

Apesar desses desafios, os inventários de GEE também oferecem oportunidades significativas para impulsionar a inovação e a colaboração. Por exemplo, o desenvolvimento de novas tecnologias de monitoramento, como sensores remotos e análise de big data, pode melhorar significativamente a precisão e a eficiência dos inventários (Zhou et al., 2019).

Em resumo, o inventário de GEE é uma ferramenta essencial para a gestão socioambiental, fornecendo dados críticos para orientar políticas climáticas, promover a transparência e impulsionar ações de mitigação no combate as mudanças climáticas. Com a crescente urgência das questões climáticas, é fundamental que governos, empresas e organizações continuem a investir em inventários de GEE robustos e atualizados, utilizando as melhores práticas e padrões internacionais.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área

O estudo foi realizado no Instituto de Florestas (IF) no campus sede da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. A sede da UFRRJ, que fica localizada no município de Seropédica no estado do Rio de Janeiro, é considerada o maior campus da América Latina com

aproximadamente 3024 hectares de extensão e apenas 131.346 metros quadrados de área construída, segundo o programa Google Earth (2023).

O IF é um dos nove institutos pertencentes ao campus da UFRRJ. Este é constituído por três departamentos (Figura 1), são eles: Silvicultura, Produtos Florestais e Ciências Ambientais. Cada departamento possui mais de uma área construída. Além das áreas construídas o IF possui áreas verdes que contam com grande variedade de espécies do bioma Mata Atlântica. Sendo assim, a pesquisa quantificou as emissões de GEE advindas das atividades realizadas nas instalações do instituto durante o ano de 2023.



Figura 1. Mapa do Instituto de Florestas da UFRRJ (Município de Seropédica, Rio de Janeiro). Fonte: Mapa elaborado através do Google Earth (2024) pelo autor.

3.2. Levantamento das atividades

Na sequência, foram identificadas as atividades realizadas no IF que eram potencialmente emissoras de GEE e dessas quais poderiam ser mensuradas considerando a realidade no local estudado. Para isso, realizou uma pesquisa em todas as instalações do instituto afim de identificar se havia carros pertencentes ao instituto, como era contabilizado a energia elétrica, qual a média de resíduos sólidos gerados mensalmente, se existia ou não gás de cozinha, entre outros.

Dessa forma, no levantamento das atividades foi necessário conhecer todas as instalações do IF e as atividades desenvolvidas em cada parte. Para isso, os funcionários foram entrevistados, tal como cada atividade monitorada. Estabeleceu-se que as fontes emissoras de GEE capazes de serem mensuradas para o inventário seriam quantidade de energia elétrica consumida, resíduos sólidos destinados ao aterro sanitário e para reciclagem, combustíveis fosseis consumidos pelos carros oficiais e não oficiais do IF.

As emissões de GEE em geral são divididas entre (HANSSEN, 2009):

“Emissões Diretas: combustão direta de combustíveis fosseis, emissão de gases fugitivos e emissões relacionadas ao transporte próprio da organização ou transportes de participantes de um evento.

Emissões Indiretas: emissões associadas ao consumo de eletricidade da rede nacional.

Emissões Indiretas Opcionais: são emissões, como a deposição de lixo produzido no consumo final de um produto, podendo ou não ser consideradas no cálculo final”.

A separação das emissões em Diretas, Indiretas e Indiretas Opcionais também pode ser considerada como divisão em Escopos, onde as fontes emissoras foram agrupadas a fim de serem mais bem compreendidas. Para isso, leva-se em consideração que:

Escopo 1 (Diretas): abrangeu as emissões diretas de fontes que estavam sob o controle operacional ou propriedade do IF. Dessa forma, incluiu emissões provenientes de processos de combustão móvel (frota de veículos própria), em que anteriormente foi chamado de “Carros oficiais do IF”. Além disso, foi incluído as visitas técnicas realizadas em disciplinas do IF, e a deposição de resíduos sólidos oriundo dos usuários do Instituto.

Escopo 2 (Indiretas): englobou as emissões indiretas associadas à geração de eletricidade. Isso inclui as emissões provenientes da produção de eletricidade por terceiros, onde o IF adquire eletricidade para uso em suas operações. Anteriormente citadas como Energia Elétrica.

Escopo 3 (Indiretas opcionais): foram todas as outras emissões indiretas encontradas pelas atividades, mas que estavam fora do controle direto. Dessa forma, foram enquadrados nesse escopo deslocamento de funcionários com carros próprios.

3.3. Coleta de dados

Após terem sido identificadas as atividades que seriam contabilizadas no inventário de emissão de GEE, foi realizado a coleta dos dados, em que cada tipo de consumo foi contabilizado de forma distintas, porém, no mesmo período.

a) Consumo de energia elétrica

A contabilização do consumo de energia elétrica foi realizada por meio da consulta as faturas de energia elétrica referente a cada área construída no IF. Os documentos precisaram ser solicitados digitalmente ao departamento responsável da universidade.

Após solicitar os documentos, foram recebidas todas as faturas da universidade, logo, necessitou localizar quais delas eram correspondentes às instalações do IF. Para isso, utilizou o código da instalação de cada relógio encontrado na área de estudo e utilizou esse código para localizar quais eram referentes ao IF. Foram identificados 17 relógios de luz do IF e todas foram contabilizadas mensalmente durante todo o ano de 2023.

Para obter o de consumo total de energia elétrica do IF primeiramente foi somado o consumo mensal dos 17 relógios de luz do IF, estabelecendo assim o consumo total do IF por mês. Sendo assim:

$$Q_{mi} = \sum_{i=1}^{17} q_i$$

Onde:

Q_{mi} = Consumo total mensal de energia elétrica do IF, em KWh;

q_i = Consumo mensal de energia elétrica de cada área do IF, em KWh.

Em seguida, para calcular o consumo total de energia elétrica do ano de 2023, foi somado o valor encontrado obtido anteriormente referente a cada mês do ano. Ou seja,

$$Q_{eek} = \sum_{i=1}^{12} Q_{mi}$$

Onde:

Q_{eek} = Consumo total anual de energia elétrica do IF, em KWh;

Q_{mi} = Consumo total mensal de energia elétrica do IF, em KWh.

Por fim, transformou-se o consumo total anual de energia elétrica do IF em KWh para MWh, utilizando o fator de conversão de 0,001 MWh para 1 KWh. Isto é:

$$Q_{ee} = Q_{eek} * 0,001$$

Onde:

Q_{ue} = Consumo total anual de energia elétrica do IF, em MWh;

Q_{eek} = Consumo total anual de energia elétrica do IF, em KWh.

b) Resíduos sólidos

Foi mensurada a quantidade de resíduos sólidos gerados por cada departamento. A contabilização foi feita por meio de pesagem diária do que era gerado no instituto. Para isso, foi necessário a ajuda das auxiliares de serviços gerais que trabalham no IF. Em que elas eram responsáveis por controlar a destinação dos resíduos a partir dos coletores disponíveis na área (recicláveis e não recicláveis).

Posteriormente esses resíduos eram pesados separadamente utilizando-se uma balança digital portátil (Figura 2). Os resíduos não recicláveis eram pesados diariamente (segunda à sexta) no final da tarde. Enquanto os recicláveis eram acumulados durante uma semana e pesados todas às quintas-feiras, pois esses eram recolhidos por uma cooperativa de reciclagem do município de Seropédica. Os dados coletados foram inseridos em uma planilha de Excel para depois serem convertidos em quantidade de carbono emitida.



Figura 2. Balança digital portátil com resíduo sendo pesado em sacola plástica (Município de Seropédica, Rio de Janeiro). Fonte: próprio autor (2023).

Além disso, vale destacar que o período em que foram coletadas as quantidades de resíduos sólidos gerados foi de março a setembro do ano de 2023. Então, realizou-se uma média

aritmética simples para considerar os meses do ano em que não tiveram a quantidade de resíduos pesados diariamente e, com isso, a massa de resíduo obtida foi considerando todos os meses de 2023. Contudo, o resíduo sólido compôs o Escopo 1 do trabalho, pois se trata de responsabilidade do IF, ou seja, emissões diretas.

c) Consumo de combustível dos veículos oficiais do IF

O consumo de combustível dos carros oficiais do IF foi contabilizado por medição mensal, em que era considerado a distância percorrida por cada veículo em cada mês do ano. Para isso, a quantificação foi realizada considerando quantos quilômetros rodados cada carro tinha no início de cada mês. Em seguida, era anotado esse valor e o processo era repetido no final do mês. Dessa forma, obteve-se a distância percorrida no mês fazendo a subtração do valor observado no final do mês, pelo valor observado no início do mês. Ou seja:

$$Dmi = Vfi - Vii$$

Onde:

Dmi = Distância percorrida mensalmente por cada veículo oficial, em km;

Vfi = Quilometragem de cada veículo observado no final do mês, em km;

Vii = Quilometragem de cada veículo observado no início do mês, em km.

Em seguida, foi calculado a distância percorrida anualmente por cada veículo oficial do IF. Para isso, somou-se a distância percorrida em cada mês. Isto é:

$$Dci = \sum Dmi$$

Onde:

Dci = Distância percorrida anualmente por cada veículo oficial do IF, em km;

Dmi = Distância percorrida mensalmente por cada veículo oficial, em km.

Posteriormente a isso, a distância percorrida anualmente por cada veículo oficial do IF foi transformada para consumo de combustível (em litros). Para isso, primeiramente foi necessário verificar qual tipo de combustível utilizado, qual ano e modelo de cada carro. Essas informações foram obtidas através do Certificado de Registro e Licenciamento de Veículo (CRLV).

Após isso, foi feita uma pesquisa para saber quantos litros em média o veículo consome, considerando suas características supracitadas, utilizando sugestões da ferramenta GHG Protocol e tabelas de consumo do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Com essas informações, foi feita a conversão de quilômetros percorridos para quantidade de litros de combustível consumido por cada carro no ano de 2023. Para isso, a distância percorrida anualmente por cada veículo do IF foi multiplicada por quanto em média o veículo faz com 1 litro de combustível. Ou seja:

$$Qci = Dci * n$$

Onde:

Qci = Quantidade de combustível consumida por cada veículo oficial, em l;

Dci = Distância percorrida anualmente por cada veículo oficial do IF, em km;

n = Quantidade de km que o veículo percorre por litro de combustível, em km/l.

Os cálculos foram efetuados para cada veículo separadamente pois eles possuem ano, modelo e tipo de combustível distintos. Dessa forma, o IF conta com 4 veículos oficiais da

universidade em que se enquadraram no Escopo 1 pois correspondem a consumo de combustível fóssil. Os veículos são: Renault Logan 2021; Chevrolet S10 CD 2009; Volkswagen Parati 2003; e Fiat Uno Way 2011. Com isso, considere “*i*” como cada veículo diferente.

d) Consumo de combustível dos veículos dos funcionários do IF

De forma complementar, quantificou-se o consumo de combustível gasto pelos funcionários do IF. Os veículos considerados não oficiais correspondem aos carros próprios dos funcionários (docentes e técnicos) do IF em que eles utilizam para se locomoverem até a UFRRJ. Sendo assim, essa atividade foi classificada no Escopo 3 do trabalho pois se caracteriza como uma fonte indireta opcional.

A mensuração de consumo de combustíveis fósseis desses veículos foi realizada através de um formulário voluntário online (Apêndice A) elaborado pela plataforma Google Forms, em que conteve perguntas a fim de identificar o meio de transporte utilizado por cada funcionário para chegar as dependências da UFRRJ, tal como o tipo de combustível queimado por cada veículo a quantidade de quilômetros percorridos por semana.

Esse formulário foi enviado para todos os técnicos e docentes do IF por e-mail. E ficou disponível por 15 dias para resposta. Após o prazo, foi reenviado aos funcionários que ainda não haviam respondido. Ademais, a fim de tentar aumentar a aderência foi falado pessoalmente com alguns docentes e enviado em grupos de rede sociais de conversa dos docentes.

No formulário os funcionários respondiam quantos quilômetros percorriam para chegarem e voltarem da Universidade diariamente. Após isso, foi considerado um valor médio mensal e calculou-se para o ano inteiro, considerando a distância informada pelo funcionário e quantidade de semana no ano, descontando 1 mês de férias para cada contribuidor. Ou seja:

$$Dfi = Ds * Qtds$$

Onde:

Dfi = Distância percorrida anualmente para cada funcionário, em km;

Ds = Distância percorrida semanal informada pelo funcionário, em km;

Qtds = Quantidade de semana no ano, descontando 4 semanas de férias.

Em seguida, transformou-se a distância anual percorrida por cada colaborador que respondeu ao formulário em quantidade de combustível fóssil (litros). Para isso, foi considerado o modelo, ano e tipo de combustível utilizado em cada veículo, em que foi obtido também pelas respostas no formulário. Para saber quantos quilômetros em média cada veículo percorre com 1 (um) litro de combustível foram utilizadas as mesmas tabelas do INMETRO (2022) e as sugestões do GHG Protocol, utilizando os dados citados anteriormente. Posteriormente, foi calculado a quantidade de quilômetros percorridos por cada funcionário anualmente. Isto é:

$$Qfi = Dafi/n$$

Onde:

Qfi = Quantidade de combustível consumida por cada funcionário, em l;

Dafi = Distância percorrida anualmente para cada funcionário, em km;

n = Quantidade de km que o veículo percorre por litro de combustível, em km/l.

Todos os cálculos foram efetuados para cada veículo separadamente pois cada um deles possui ano, modelo e tipo de combustível distintos. Com isso, considere “*i*” como cada veículo diferente.

e) Consumo de combustível em visitas técnicas das disciplinas do IF

Outra informação analisada no formulário passado aos docentes e técnicos foi sobre a realização de visitas técnicas realizadas nas disciplinas ministradas por cada professor. Ademais, perguntou-se também o local da visita técnica, qual veículo da Universidade costuma realizar a visita e quantos quilômetros em média até o local.

Posteriormente, foi calculado quantos quilômetros são percorridos por visitas em cada disciplina ao longo de cada semestre. Para isso, multiplicou-se o valor encontrado nas respostas do formulário pela quantidade de visitas no ano, isto é:

$$Dvai = Dvi * a$$

Onde:

$Dvai$ = Distância percorrida anualmente nas visitas de cada disciplina, em km;

Dvi = Distância percorrida em cada visita técnica de cada disciplina, em km;

a = Quantidade de visitas técnicas realizadas na disciplina.

Em seguida, utilizou as mesmas tabelas do INMETRO citadas no item anterior para adotar quantos quilômetros em média o veículo percorre com um litro de combustível. E depois disso, converteu-se a quantidade de quilômetros rodados para a quantidade de combustível consumida. Para isso, multiplicou-se a quantidade de quilômetros pelo consumo de um litro. Ou seja:

$$Qvai = Dvai/n$$

Onde:

$Qvai$ = Quantidade de combustível consumida pelas visitas técnicas de cada disciplina, em l;

$Dvai$ = Distância percorrida anualmente nas visitas da disciplina, em km;

n = Quantidade de km que o veículo percorre por litro de combustível, em km/l.

Repetiu-se esse processo para todas as visitas das disciplinas respondidas pelos docentes no formulário. Após isso, destaca-se que as visitas técnicas das disciplinas do IF correspondem a responsabilidade do Instituto, e, por este motivo, foram enquadradas no Escopo 1 do trabalho.

3.4. Conversão dos dados

Na sequência, realizou-se a conversão dos dados. Nessa etapa foram feitos cálculos para descobrir a quantidade total de GEE emitidos no IF durante o ano da pesquisa.

Utilizou-se como base relatórios do IPCC e do MCTI (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação) fornecendo indicação para realizar os cálculos de emissões. Ademais, baseou-se em Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol e a ABNT através da NBR 14.064.

Após a divisão em escopo ter sido estabelecida, os dados contabilizados ao longo dos meses foram convertidos para a unidade padrão (dióxido de carbono equivalente – CO₂eq.) de acordo com o Potencial de Aquecimento Global (PAG) de cada gás de GEE trabalhado.

Em seguida, fez-se a conversão da quantidade de energia consumida em emissões de GEE, fazendo uso fatores de emissão específicos por tipo de energia, conforme equação abaixo.

$$E = Q * FE$$

Onde:

E = Emissão de GEE, em t ou kg;

Q = Quantidade consumida de energia, em l, m³, t ou MWh;
 FE = Fator de emissão de GEE por tipo de energia.

É importante destacar que essa mesma equação foi utilizada para consumo de energia elétrica, combustível dos veículos próprios e dos utilizados pelos professores. Nesse caso, a variável “ Q ” foi utilizada como “ Q_{ci} ”, para quantidade de combustível consumida por cada veículo oficial do IF; “ Q_{fi} ”, para quantidade de combustível consumida por cada funcionário em seu deslocamento; e, “ Q_{ee} ”, para quantidade de energia consumida no IF no ano de 2023.

Sendo que para os dois primeiros casos “ Q_{ci} ” e “ Q_{fi} ” o sistema de medida foi litros, enquanto para “ Q_{ee} ” o sistema de medida foi MWh.

Os fatores de emissão trabalhados foram de acordo com Guia de Inventários de GEE do IPCC (IPCC, 2021) e aqueles disponibilizados nos documentos do GHG Protocol Brasil. As emissões de GEE são transformadas em toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO_{2e}), conforme equação abaixo:

$$CO_{2e} = E_i * PAG_i * (44/12)$$

Onde:

CO_{2e} = dióxido de carbono equivalente, em t ou km;

E = emissão de GEE i , em t ou km;

PAG = potencial de aquecimento global do GEE i ;

$(44/12)$ = massa específica do dióxido de carbono em relação à massa específica do carbono;

i = CO_2 , CH_4 e N_2O .

Após isso, para melhor visualização dos resultados, o valor encontrado em toneladas foi transformado em quilogramas. Para isso, multiplicou-se o valor em toneladas por 1000.

Vale ressaltar que o PAG é uma medida que representa como uma determinada quantidade de GEE contribui para o aquecimento global, comparando o gás em questão com a mesma quantidade de CO_2 , cujo potencial é definido como 1.

Para os resíduos sólidos foi usada a seguinte equação:

$$EM = \sum \left(RSU * FCM * COD * CODr * FEM * \frac{16}{12} - R \right) * (1 - OX)$$

Onde:

EM = Emissão de metano total, em t ou km;

RSU = Quantidade de resíduos sólidos, em t ou km;

FCM = Fator de Correção de Metano;

COD = Carbono Organicamente Degradável;

$CODr$ = Fração do carbono que realmente se degrada;

FEM = Fração de carbono Emitida como Metano;

$16/12$ = Taxa de conversão, em peso molecular, de carbono para metano;

R = Metano recuperado;

OX = Fator de Oxidação.

Nesse prisma, é importante destacar que os resultados após conversão foram e CO_{2e} e CO_2 – BIOMASSA, em que o segundo corresponde ao CO_2 biogênico, na qual chamamos de emissão evitada. O CO_2 biogênico é aquele que é originado em um processo industrial que utiliza algum tipo de biomassa. Como por exemplo, na combustão de biocombustíveis como, Etanol. Além disso, a Gasolina no Brasil é misturada com Etanol, então esse tipo de combustível também tem a geração de CO_2 – BIOMASSA. Assim, para o cálculo de indivíduos arbóreos

necessários para neutralização, não foi considerado o CO₂ - BIOMASSA, pois o mesmo já pode ser considerado como neutralizado, devido à forma de emissão.

3.5. Cálculo de indivíduos arbóreos

Por fim, foi realizado o cálculo de indivíduos arbóreos necessários para neutralizar as emissões de GEE geradas pelo IF no ano de 2023. Dessa forma, somou-se a quantidade total de emissão de CO_{2e} pelo IF no ano de 2023. Para isso, somou-se os valores encontrados em cada Escopo. Isto é:

$$Etotais = Eescopo 1 + Eescopo 2 + Eescopo 3$$

Onde:

Etotais = Emissões totais de GEE no ano de 2023, em CO_{2e};

Eescopo 1 = Emissões de GEE do Escopo 1, em CO_{2e};

Eescopo 2 = Emissões de GEE do Escopo 2, em CO_{2e};

Eescopo 3 = Emissões de GEE do Escopo 3, em CO_{2e}.

Em seguida, foi considerado a ideia de LACERDA (2009), no qual projeta a captação de 140 kg CO_{2e} por árvores aos 20 anos de idade na Mata Atlântica. Com base nisso, estabeleceu-se que uma árvore é capaz de capturar 7kg CO_{2e} por ano. Dessa forma, a quantidade de árvores a serem plantadas varia de acordo com a quantidade de anos em que se deseja compensar as emissões. Sendo assim, usou-se a equação abaixo para determinar a quantidade de carbono capturado por uma árvore em uma quantidade relativa de anos.

$$QCaa = 7kg * Y$$

Onde:

QCaa = Quantidade de Carbono capturado por em Y anos, em CO_{2e};

Y = Quantidade de anos que se deseja compensar as emissões, em anos.

Neste estudo, a quantidade de árvores foi calculada considerando 5, 10, 15 e 20 anos necessários para neutralização das emissões. Após isso, foi calculado a quantidade de árvores a serem plantadas em cada cenário estabelecido. Para isso, dividiu as emissões do IF não compensadas pela quantidade de carbono capturado por árvores em “Y” anos. Ou seja:

$$N \text{ árvores} = \frac{Et}{QCaa}$$

Onde:

N árvores = Quantidade de árvores necessárias para compensar as emissões de GEE de 2023;

Enc = Emissões do IF não compensadas, em CO₂ - equivalente por ano;

QCaa = Quantidade de Carbono capturado por em Y anos, em CO_{2e};

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas as coletas de dados em todas as dependências do Instituto de Florestas referentes ao ano de 2023. A partir disso, obteve-se as quantidades de emissões dos GEEs para cada fonte analisada.

4.1. Quantificação das emissões de GEE em 2023 no IF

Os resultados foram divididos considerando os escopos definidos (Tabela 1). Em que para definição de quais atividades iriam compor cada escopo, baseou-se na ideia de HANSEN citada anteriormente.

Tabela 1. Divisão dos escopos relacionado às fontes emissoras de GEE

Escopo	Atividade
1	Frota oficial; visitas técnicas; resíduos sólidos
2	Energia elétrica
3	Frota não oficial

4.1.1. Escopo 1

4.1.1.1. Consumo de combustível dos veículos oficiais do IF (Frota Oficial)

Os quatro veículos oficiais do IF percorreram 35.805 km ao longo do ano de 2023. Ademais, o Chevrolet S10 CD foi o responsável pela maior distância percorrida no ano com 11.566 km e a Fiat Uno Way teve a menor distância observada (Gráfico 1).

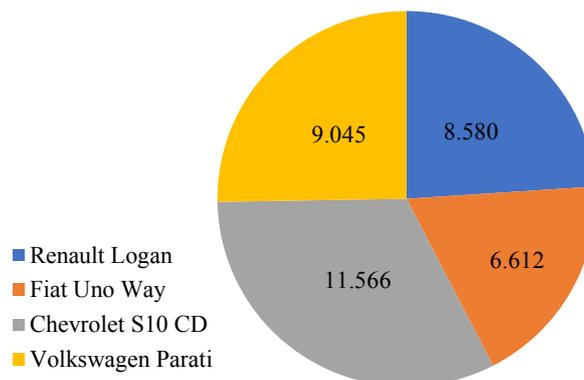


Gráfico 1. Distância percorrida anualmente por cada veículo oficial do IF, em quilômetros.
Fonte: próprio autor (2024).

Em seguida, levou-se em consideração o modelo do veículo, ano de fabricação e tipo de combustível utilizado (Tabela 2). Essas informações foram coletadas pelo Certificado de Registro e Licenciamento do Veículo (CRLV) dos carros ou através de informações dos professores e técnicos que utilizam esses carros.

Tabela 2. Frota oficial do IF com ano de fabricação e tipo de combustível

Veículo	Ano	Combustível
Chevrolet S10 CD	2009	Gasolina A (Pura)
Fiat Uno Way	2011	Gasolina A (Pura)
Renault Logan	2021	Gasolina A (Pura)
Volkswagen Parati	2003	Gasolina A (Pura)

Para o cálculo de emissão de CO₂ através da combustão móvel dos veículos oficiais do IF foram utilizados fatores de emissão com base na ferramenta GHG Protocol (Tabela 3). Nesse prisma, vale destacar que os fatores de emissão variam de acordo com o tipo de combustível utilizado pela fonte.

Tabela 3. Fatores de emissão por utilização de combustíveis fósseis em fontes móveis

Combustível	Unidade	Densidade kg/unidade	Fonte	Fontes de emissão kgGEE/un.			Fonte
				CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
Gasolina A (Pura)	Litros	0,742	BEN 2021	2,212	0,0008	0,00026	MMA CO ₂ / IPCC CH ₄ / IPCC N ₂ O
Óleo Diesel	Litros	0,840	BEN 2021	2,603	0,0001	0,00014	MMA CO ₂ / IPCC CH ₄ / IPCC N ₂ O
Gás Natural Veicular (GNV)	m ³	-	BEN 2021	1,999	0,0034	0,00011	MMA CO ₂ / IPCC CH ₄ / IPCC N ₂ O
Etanol Hidratado	litros	0,809	BEN 2021	1,457	0,0004	0,00001	MMA CO ₂ / IPCC CH ₄

Durante o ano de 2023, considerando os 35.805 km percorridos pelos veículos oficiais do IF, foi consumido 3.059 litros de Gasolina Automotiva, em que correspondeu ao tipo de combustível utilizado por toda frota própria. Nesse sentido, tem-se, novamente, o Chevrolet S10 CD com o maior consumo de combustível e, consecutivamente, correspondeu ao que mais emitiu CO_{2e}, com 1687,21 kg de CO_{2e} no ano. Logo atrás veio o Volkswagen Parati, no qual foi responsável por 1362 kg de CO_{2e}. Os dois últimos foram Renault Logan com 1182,19 kg de CO_{2e} e Fiat Uno Way com 909,92 kg de CO_{2e} (Tabela 4).

Tabela 4. Emissões por veículo oficial no ano de 2023

Veículo	Combustível	Quantidade (L)	CO ₂ (kg)	CH ₄ (kg)	N ₂ O (kg)	CO _{2e} (kg)	CO ₂ – BIOMASSA (kg)
Chevrolet S10 CD	Gasolina A (Pura)	1006	1.623,97	0,07	0,23	1.687,21	414,37
Fiat Uno Way	Gasolina A (Pura)	542	875,15	0,05	0,13	909,92	223,30
Renault Logan	Gasolina A (Pura)	703	1.135,63	0,12	0,16	1.182,19	289,76
Volkswagen Parati	Gasolina A (Pura)	808	1.304,07	0,27	0,19	1.362,00	332,74

Por fim, tem-se as emissões da combustão de combustíveis fósseis dos veículos oficiais do IF, em que correspondeu a 5.141,32 kg de CO_{2e} e 1.260,17 kg de CO₂ – BIOMASSA, que corresponde as emissões evitadas.

Em um estudo similar realizado na Universidade Federal de Uberlândia os resultados para emissão de GEE foi de 162,14t de CO_{2e} com uma frota de 155 veículos e cerca de 94.000 litros de Gasolina A (Pura) consumidos no período analisado (Gonzaga, 2016). Comparando os resultados proporcionais a quantidade de Gasolina A (Pura) consumida no IF em 2023, tem-se

que percentualmente os valores de ambos se aproximam, no qual explica os resultados encontrados para emissões totais do Escopo 1.

4.1.1.2. Consumo de combustível em visitas técnicas das disciplinas do IF

Para as visitas técnicas nas disciplinas, 8 professores responderam que realizam visitas e a quilometragem percorrida, considerando saída e chegada da Universidade é 222 km em média anualmente (Tabela 5). Vale destacar que nesse caso não foi feita uma média para estimar visitas em outras disciplinas, pois, essa variável é não padronizada. Ou seja, não são todas as disciplinas que realizam visitas, nem para o mesmo lugar, então não seria eficiente.

Tabela 5. Emissões por veículo dos funcionários aderentes a pesquisa do IF no ano de 2023

Veículos	Quantidade (L) - Diesel	CO ₂ (kg)	CH ₄ (kg)	N ₂ O (kg)	CO _{2e} (kg)	CO ₂ – BIOMASSA (kg)
Ônibus e micro-ônibus da UFRRJ	6.666,02	12.933,66	15,16	2,33	15.666,67	1.809,72

Ademais, é importante ressaltar que os Potenciais de Aquecimento Global considerados foram: CO₂ – 1; CH₄ – 28; N₂O – 265, de acordo com a ferramenta GHG Protocol.

4.1.1.3. Resíduos Sólidos

Em relação aos resíduos sólidos a pesagem não foi realizada durante todos os meses do ano, pois se iniciou no mês de março de 2023. Sendo assim, para calcular a quantidade total no ano foi feita uma média dos meses coletados e extrapolado para ano. Dessa forma, a quantidade final, considerando resíduos sólidos recicláveis e não recicláveis foi um valor bem próximo à 1000kg, ou seja, 1 tonelada. Desses 1000kg, a maioria quantificada foi de resíduos não recicláveis, o que correspondeu à 80% do peso total, isto é, cerca de 800kg.

Destaca-se que os meses com maior produção de resíduos sólidos não recicláveis consistiu nos meses de maio (88,77 kg); junho (89,54 kg) e julho (84,16 kg) e que o mês com menor quantitativo foi agosto (19,18 kg) (Gráfico 2). Isso se deve ao fato de que nesse mês os alunos estavam de férias, então, a produção foi menor que o comum pois a circulação de pessoas também estava reduzida.

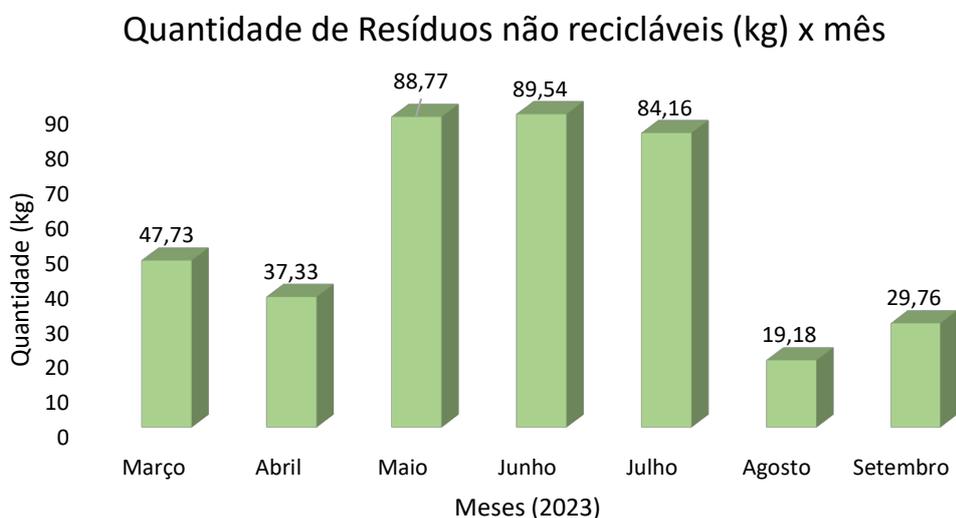


Gráfico 2. Quantidade de Resíduos Sólidos não recicláveis por mês, antes da média aritmética extrapolção para o ano. Fonte: próprio autor (2024).

A quantidade de resíduos recicláveis não foi considerada no cálculo de emissão de CO₂, pois os mesmos serão levados para reciclagem. Isso se deve ao fato de que os resíduos recicláveis, quando coletados e processados adequadamente, evitam a necessidade de extração e processamento de matérias-primas virgens. Isso reduz significativamente as emissões de CO₂ associadas à produção de novos produtos a partir de matérias-primas. Portanto, os cálculos de emissão de CO₂ devem ser feitos de maneira distinta para os resíduos recicláveis e os resíduos destinados a aterros.

Ademais, calculou-se, utilizando como base ferramenta do GHG Protocol, que as emissões de GEE relacionadas aos resíduos sólidos destinados ao aterro corresponde 821 kg de CO_{2e}.

Dessa forma, as emissões totais do Escopo 1 correspondem a soma das emissões dos veículos oficiais, dos resíduos sólidos não recicláveis e do consumo de combustível gasto em visitas técnicas das disciplinas do IF (Tabela 6).

Tabela 6. Emissões totais Escopo 1

Fonte	CO _{2e} (kg)	CO ₂ – BIOMASSA (kg)
RESÍDUOS SÓLIDOS NÃO RECICLÁVEIS	821	-
VEÍCULOS OFICIAIS DO IF	5.141,32	1.260,17
VISITAS TÉCNICAS EM DISCIPLINAS	15.666,67	1809,72

4.1.2. Escopo 2

Em relação ao consumo de energia elétrica, o IF possui 17 medidores de energia elétrica, também conhecidos como relógios de luz, referentes às suas instalações prediais.

Dessa forma, para obter o consumo total do instituto por mês foi necessário somar o valor consumido por cada uma das dezessete estruturas do IF. Em seguida, para calcular o consumo anual, somou-se o total de cada mês do ano. Onde o valor observado foi de 196.350 kWh, o que se refere à 196,350 MWh. O mês com maior consumo total foi o mês de fevereiro 2023 em que contou 22,33 MWh consumidos no período, seguido do mês de dezembro em que contou com consumo de 21,24 MWh (Gráfico 3). Apesar de serem meses que normalmente aloca-se as férias acadêmicas, excepcionalmente em 2023 o calendário acadêmico ainda estava sendo ajustado devido a pandemia.

Isso ocorre devido ao fato de corresponder a meses do verão e que conta com altas temperaturas, o que provoca uso de aparelhos de ar-condicionado por um período maior quando comparado com meses do inverno, por exemplo.

Consumo de energia elétrica no IF x mês



Gráfico 3. Consumo de energia elétrica no IF por mês durante o ano de 2023. Fonte: próprio autor (2024).

Convertendo-se os valores consumidos de energia elétrica no instituto de florestas para emissões de CO_{2e}, levando em consideração a ferramenta de cálculo do GHG Protocol, obteve-se 24.860 kg de CO_{2e} emitidos durante o ano de 2023 no IF.

4.1.3. Escopo 3

O formulário passado de forma online para os funcionários do Instituto conteve perguntas sobre a mobilidade do mesmo até chegar à universidade e foi enviado para técnicos e docente (Apêndice A). Este ficou aberto para respostas por mais de 2 meses, e 26 de um total de 54 servidores responderam. Ou seja, aproximadamente 48% dos funcionários lotados no Instituto de Florestas responderam ao formulário, o que corresponde a uma porcentagem boa levando em que conta que para esse tipo de estudo, acima de 5% de respostas coletadas é estaticamente considerável e pode ser utilizado (Da Cruz; D'Avila, 2013).

Para os veículos dos funcionários que responderam ao formulário, foi encontrado 19.435,10 kg de CO_{2e} em veículos que utilizam GNV; 18.577,91 kg de CO_{2e} em carros a Gasolina A (Pura); e, somente 137,30 kg de CO_{2e} para combustão de etanol (Tabela 7). Dessa forma, observou-se que os dois primeiros tipos de combustível correspondem a 99% das emissões totais dos veículos de funcionários.

Tabela 7. Emissões por veículo dos funcionários aderentes a pesquisa do IF no ano de 2023

Combustível	Quantidade (L)	CO ₂ (kg)	CH ₄ (kg)	N ₂ O (kg)	CO _{2e} (kg)	CO ₂ – BIOMASSA (kg)
GNV	8.946,15	17.883,35	23,62	3,36	19.435,10	-
Etanol Hidratado	3.053,98	0,00	0,73	0,44	137,30	4.449,64
Gasolina A (Pura)	11.055,79	17.852,45	1,88	2,54	18.577,91	4.555,21

Sendo assim, considerando que nem todo o corpo docente aderiu à pesquisa, os valores encontrados foram extrapolados supondo que todos tivessem respondido ao formulário. Isso significa que com os valores de CO_{2e} encontrados levando em conta os aderentes à pesquisa foi realizada uma média aritmética simples para saber a média de quilômetros percorridos pelos que responderam às perguntas e, em seguida, esse valor foi multiplicado por 54, cujo corresponde à quantidade de docentes e técnicos do IF. Nesse contexto, o valor adotado para

emissões provenientes de veículos próprios dos funcionários para deslocamento até a UFRRJ correspondeu à 79.235,25 kg de CO_{2e} e 18.702,38 kg de CO₂ – BIOMASSA.

Por fim, os valores encontrados para o Escopo 3 correspondem ao deslocamento dos funcionários até a UFRRJ e as visitas técnicas das disciplinas.

Contudo, obteve-se o total das emissões de GEE no IF durante o ano de 2023 considerando os Escopos definidos na metodologia. Dessa forma, o Escopo 1 teve 21.628,99 kg de CO_{2e} e 3.069,89 kg de CO₂ – BIOMASSA; o Escopo 2 contou com 24.860 kg de CO_{2e}; e o Escopo 3 emitiu 79.235,25 kg de CO_{2e} e 18.702,38 kg de CO₂ – BIOMASSA. E as emissões totais ficaram em 125.724,24 CO_{2e} (Tabela 8).

Tabela 8. Emissões totais no IF em 2023.

Escopo	CO _{2e} (kg)	CO ₂ – BIOMASSA (kg)
1	21.628,99	3.069,89
2	24.860	-
3	79.235,25	18.702,38
Total	125.724,24	21.772,69

Sendo assim percebeu-se que o Escopo 3 foi responsável pela maior parte das emissões de GEE no IF em 2023, no qual encontrou-se praticamente 94 mil kg de CO_{2e}. Isso se explica também pelo fato desse Escopo abranger a análise dos funcionários, o que eleva demasiadamente a quantidade pois a maioria dos docentes reside em outro município e vão de carro próprio.

Por conseguinte, é importante frisar que para melhorar a assertividade dos cálculos no Escopo 3, seria ideal que todos os funcionários aderissem à pesquisa e respondessem ao formulário, uma vez que a média aritmética pode ter subestimado ou superestimado os valores encontrados. Ademais, isso se estende também para os outros escopos onde foi necessário realizar média aritmética simples.

Contudo, vale ressaltar que não foram mesuradas todas as fontes emissoras encontradas no instituto devido à dificuldade de se obter dados em relação as mais variadas fontes. Uma dificuldade foi em relação aos efluentes e Gás de cozinha (GLP). Sendo assim, com a mensuração todas as fontes esse valor seria ainda maior.

4.2. Cálculo de neutralização das emissões de GEE

Como o Escopo 3 corresponde-se as emissões indiretas opcionais elas não são uma fonte de responsabilidade direta do IF, ou seja, não necessariamente o instituto precisa arcar com as emissões a partir dos veículos dos funcionários. Apesar de ser importante neutralizar todas as emissões, elaborou-se cenários sem a inclusão das emissões do Escopo 3, uma vez que as mesmas não estão ligadas diretamente a responsabilidade do IF.

Por fim, estimou-se a quantidade de árvores necessárias para neutralizar as emissões de CO₂ do IF no ano de 2023. Nesse sendo, calculou-se a quantidade em duas hipóteses diferentes, uma considerando todos os Escopos e outra desconsiderando o Escopo 3. Sendo assim, tomando como base a ideia de LACERDA (2019) citada na metodologia, foram criados 4 cenários para cada hipótese, considerando em quantos anos deseja-se neutralizar as emissões do ano de 2023 do Instituto (Tabela 9).

Tabela 9. Quantidade de árvores necessárias para neutralizar as emissões de gases de efeito estufa no IF em 2023, em diferentes quantidades de anos

Anos	Quantidade de indivíduos arbóreos	Quantidade de indivíduos, desconsiderando o Escopo 3
5 anos	3.593	1.329
10 anos	1.797	665
15 anos	1.198	443
20 anos	899	333

A quantidade de anos estabelecidas foram 5, 10, 15 e 20. Isso significa que para cada uma desses cenários será necessária uma quantidade de árvores. Sendo assim, para a hipótese de considerar os três Escopos para neutralização será preciso 3.593 indivíduos arbóreos caso fosse feita a neutralização em 5 anos; 1.797 indivíduos para 10 anos; 1,198 árvores em 15 anos; e necessário 899 árvores para o cenário de neutralização em 20 anos.

Entretanto, para a hipótese de desconsiderar o Escopo 3, precisaria de 1.329 árvores em 5 anos; 665 indivíduos em 10 anos; 443 árvores em 15 anos; e apenas 333 árvores para 20 anos. Dessa forma, é possível perceber que a inserção das emissões do Escopo 3 aumentou consideravelmente a quantidade de indivíduos arbóreos necessários para neutralização das emissões de GEE no IF em 2023. Isso se deve ao fato da alta quantidade de quilômetros percorridos pelos funcionários

Considerando os fatores observados, um possível cenário a se adotar seria o de 10 anos para a hipótese de considerar todos os Escopos, pois nesse caso, com 2063 indivíduos seria possível neutralizar as emissões do Escopo 1 e 2 e ainda uma parte das emissões do Escopo, considerando que as mesmas não são de responsabilidade estrita do IF. Ademais, para a hipótese de desconsiderar o Escopo 3, um cenário a se adotar seria o de 15 anos, considerando que demandaria uma menor e neutralização das emissões pode ser realizada de forma contínua e anual.

Além disso, destaca-se que a escolha do local do plantio também poderá ser uma determinante para a quantidade de anos a serem neutralizadas as emissões. Isso se deve ao fato de considerar o espaçamento ideal do plantio.

O presente trabalho não realizou o balanço de carbono no local, da qual conta com fragmentos florestais e poderia, em tese, reduzir o valor a ser neutralizado a partir do incremento de crescimento das árvores presentes. Sendo está uma possibilidade para estudos futuros.

Destaca-se também que o plantio não foi realizado, devido ao prazo reduzido da presente pesquisa. Mas, o resultado aqui apresentado pode ser um norteador para futuras ações da direção do Instituto, caso este queira neutralizar suas emissões anualmente contribuindo para a redução da emissão de GEE e as políticas globais.

5. CONCLUSÃO

Com base nos resultados encontrados podemos concluir que o total de emissões de GEE no IF em 2023 foi de 125.724,24 kg de CO_{2e} e 21.772,69 kg de CO₂ – BIOMASSA, cuja a emissão podemos considerar como evitada para fins de neutralização. A quantidade de indivíduos arbóreos necessários para neutralizar as todas as emissões mensuradas corresponde a 1.797 árvores para compensação em 10 anos. Entretanto, retirando-se o Escopo 3, a quantidade fica em 665 indivíduos no mesmo tempo de neutralização. Ressalta-se que não foi incluído nesse estudo a quantificação de das emissões dos efluentes, consumo de GLP e consumo de combustível das ferramentas do IF movidas à combustão, como motosserras, roçadeiras, motocoveadeira, dentre outras. E por fim, destaca-se, a possibilidade de incluir a área de fragmento florestal já existente no IF no cálculo de compensação por meio de

estimativas de seu incremento de crescimento, e assim reduzir a quantidade de mudas a serem plantadas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, T. R.; HAWKINS, E.; JONES, P. D. **CO₂, the greenhouse effect and global warming: from the pioneering work of Arrhenius and Callendar to today's Earth System Models**. *Endeavour*, v. 40, n. 3, p. 178-187, set. 2016. DOI: 10.1016/j.endeavour.2016.07.002. PMID: 27469427.

DA CRUZ, F. A.; D'AVILA, S. P. **Inventário De Emissões De Gases De Efeito Estufa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Curitiba – Sede Central e Ecoville**. Curitiba, 2013. 84 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). **Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. In: Houghton, J. T.; Ding, Y.; Griggs, D. J.; et al. (Eds.). Cambridge University Press, 2001.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2006. **Diretrizes do IPCC para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa. Contribuição do Grupo de Trabalho I ao Relatório de Avaliação Nacional de Gases de Efeito Estufa do IPCC**. Cambridge University Press, 2006.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2014. **Quinto Relatório de Avaliação - Mudanças Climáticas 2014: Mitigação das Mudanças Climáticas. Grupo de Trabalho III**. Disponível em: https://www.wribrasil.org.br/noticias/mudancas-climaticas-alarmantes-veja-5-grandes-resultados-do-relatorio-do-ipcc?gclid=CjwKCAiAk9itBhASEiwA1my_62yELUEQQ1QCyagXRiY3zxCnju2QhpXjurPqOqjEU0YLD5CfbQInURoC32oQAvD_BwE&utm_medium=cpc&utm_source=google&utm_campaign=Clima&utm_content=Mudancas_climaticas_alarmantes_veja_5_grandes_resultado_s_do_relatorio_do_IPCC&utm_term=ipcc. Acesso em: 08 jan. 2024.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). **Climate Change 2019: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. In: Masson-Delmotte, V.; Zhai, P.; Pirani, A.; et al. (Eds.). Cambridge University Press, 2020.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). **Sixth Assessment Report**, 2023. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>. Acesso em: 08 jul. 2024.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). **Relatório de Avaliação Global**. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-do-ipcc/arquivos/pdf/IPCC_mudanca2.pdf. Acesso em: 10 jan. 2024.

JIANG, Y.; SHETTY, S.; XU, X. Greenhouse Gas Inventory Uncertainty Analysis: A Review. **Journal of Environmental Management**, v. 260, 110114, 2020.

KIRSCHKE, S.; BOUSQUET, P.; CIAIS, P.; et al. Three decades of global methane sources and sinks. **Nature Geoscience**, v. 6, n. 10, p. 813-823, 2013.

LACERDA, J. S. **Afinal, quanto carbono uma árvore sequestra?**. Associação O Eco, [S.I.], 1 dez, 2009. Disponível em: <http://www.oeco.com.br/convidados/64-colunistas-convidados/23034-afinal-quanto-carbono-uma-arvore-sequestra>. Acesso em: 07 fev. 2024.

LE QUÉRÉ, C.; ANDREW, R. M.; FRIEDLINGSTEIN, P.; et al. Global carbon budget, 2017. **Earth System Science Data**, v. 10, n. 1, p. 405-448, 2018.

NATURE. The impacts of greenhouse gas emissions on global climate and ecosystems. **Nature**, v. 543, n. 7645, p. 567-573, 2023.

NOAA (Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos EUA). **Índice de Gases de Efeito Estufa**. Disponível em: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/>. Acesso em: 06 jul. 2024.

ONU (Organização das Nações Unidas). **Concentração global de CO2 bate recorde mesmo durante crise do COVID-19**. 2020. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/concentracao-global-de-co2-bate-recorde-mesmo-durante-crise-do>. Acesso em: 06 jul. 2024.

PETERS, G. P.; ANDREW, R. M.; CANADELL, J. G.; et al. Key indicators to track current progress and future ambition of the Paris Agreement. **Nature Climate Change**, v. 7, n. 2, p. 118-122, 2017.

PINHO, I. P. R. **Inventário e gerenciamento de emissões de gases de efeito estufa na indústria de bebidas: Um estudo de caso no Brasil**. Dissertação de mestrado em Ciências de Planejamento Energético. Programa de Pós-graduação e pesquisa de engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

PRABHU, J. **Frugal innovation: doing more with less for more**. Cambridge: University of Cambridge, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.17863/CAM.9550>.

RUDDIMAN, W. F. **Earth's Climate: Past and Future**. 2013.

RUSZKIEWICZ, J. A.; TINKOV, A. A.; SKALNY, A. V.; et al. Brain diseases in changing climate. **Environmental Research**, v. 177, 108637, 2019. DOI: 10.1016/j.envres.2019.108637.

SAHOO, B.; BEHERA, D. K.; RAHUT, D. **Decarbonization: examining the role of environmental innovation versus renewable energy use**. *Environmental Science and Pollution Research International*, v. 29, n. 32, p. 48704-48719, jul. 2022. DOI: 10.1007/s11356-022-18686-1. PMID: 35199265; PMCID: PMC8865182.

SAUNOIS, M.; STAVERT, A. R.; POULTER, B.; et al. The global methane budget 2000–2017. **Earth System Science Data**, v. 12, n. 3, p. 1561-1623, 2020.

SENE, Eustáquio de; MOREIRA, João Carlos. Geografia – Projeto Múltiplo. São Paulo: Scipione, 2014.

SEINFELD, J. H.; PANDIS, S. N. **Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change**. John Wiley & Sons, 2016.

SMITH, K. R.; et al. Air pollution and health: the need for a global perspective. In: Air Quality Guidelines: Global Update 2005. **WHO Regional Office Europe**, 2014. p. 37-62.

TRENBERTH, K. E.; FASULLO, J. T.; KIEHL, J. Earth's global energy budget. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 92, n. 3, p. 311-323, 2009.

UNEP (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente). **Emissions Gap Report 2020**. **United Nations Environment Programme**, 2020.

UNFCCC (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas). **Acordo de Paris**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris.html>. Acesso em: 08 jan. 2024.

UNFCCC (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima). **Guidelines for the preparation of national greenhouse gas inventories**. United Nations, 2019.

UNFCCC (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima). **Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antropogênicas de Gases de Efeito Estufa**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1129471/inventario-nacional-de-emissoes-e-remocoes-antropicas-de-gases-de-efeito-estufa>. Acesso em: 06 jul. 2024.

WANG, L.; DENG, L.; YIN, G.; ZHOU, P. A review of international emissions accounting standards: The process-based approach and the UNFCCC/IPCC guidelines. **Journal of Cleaner Production**, v. 195, p. 1405-1416, 2018.

WRI (World Resources Institute). Corporate Accounting and Reporting Standard (Revised Edition). **World Resources Institute**, 2020.

WRI (World Resources Institute). **2023 IPCC AR6 Synthesis Report: Climate Change Findings**. Disponível em: <https://www.wri.org/insights/2023-ipcc-ar6-synthesis-report-climate-change-findings>. Acesso em: 10 jul. 2024.

ZHOU, Y.; WANG, Y.; WANG, Z.; LIU, Z.; CAO, L. A review of greenhouse gas emission reduction from bioenergy systems by spatial management approach. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 111, p. 370-382, 2019.

APÊNDICE A – Formulário de quantificação dos carros não oficiais do IF

Esse formulário tem como objetivo auxiliar no projeto de pesquisa intitulado: QUANTIFICAÇÃO, MONITORAMENTO E NEUTRALIZAÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA - GEE NO INSTITUTO DE FLORESTA DA UFRRJ. Para isso é necessário coletar informações sobre as fontes emissoras de GEE advindas das atividades do Instituto. Sendo assim, o presente formulário tem como objetivo recolher informações dos docentes, técnicos e demais funcionários do Instituto de Floresta em relação as suas atividades cotidianas.

Seção 1 (todos respondem): Informações pessoais

1. Qual é seu nome?
2. Qual é sua ocupação?
 Docente
 Técnico

Seção 2 (somente docentes respondiam): Utilização de veículos para a realização de aulas

3. Quais disciplinas ministra?
4. Alguma das suas disciplinas tem visita técnica?
 Sim
 Não
5. Se a resposta foi sim para a pergunta anterior, para onde é(são) a(s) visita(s)? Favor informar destino e distância aproximada em km (ida e volta) de cada visita.
6. Normalmente qual transporte é utilizado para visita?
 Van da UFRRJ
 Micro-ônibus da UFRRJ
 Ônibus da UFRRJ
 Meio de transporte que não pertence à UFRRJ
 Não tenho visita técnica nas minhas disciplinas

Seção 3 (todos respondem): Sobre o seu deslocamento até a Universidade

7. Quantos dias na semana vai para a universidade?
 1
 2
 3
 4
 5
 6

7

8. Qual o meio de transporte utilizado para chegar na universidade?

Andando

Bicicleta

Carro

Ônibus

Outros

9. Se for de carro, qual modelo e ano do carro utilizado?

10. Qual tipo de combustível é mais utilizado no seu carro?

Etanol

Gasolina

GNV

11. Qual a quilometragem média faz por semana no seu traslado de sua casa para universidade?

12. Mora em outro município?

Sim

Não

Durante a semana fico em Seropédica