

Quantificação e neutralização de emissões de gases do efeito estufa em evento científico na Universidade Federal de Uberlândia como ferramenta de sensibilização climática

Quantification and neutralization of greenhouse gas emissions at a scientific event at the Universidade Federal de Uberlândia as a climate awareness tool

Vicente Toledo Machado de Moraes Junior

Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG), Universidade Federal de Uberlândia (UFU) – Campus Monte Carmelo. Líder do Núcleo de Planejamento e Manejo Florestal (NUPLAMFLOR) e do Centro de Formação em Educação Climática (CEFEC). Monte Carmelo, MG, Brasil.

<https://orcid.org/0000-0001-5227-1951>
vicente.morais@ufu.br

Pedro Emídio Gonçalves Vaz

Discente do curso de Engenharia Florestal, Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG), Universidade Federal de Uberlândia (UFU) – Campus Monte Carmelo. Membro do Núcleo de Planejamento e Manejo Florestal (NUPLAMFLOR) e do Centro de Formação em Educação Climática (CEFEC). Monte Carmelo, MG, Brasil.

<https://orcid.org/0009-0009-8055-0574>
pedro777@ufu.br

Jacqueline Bonfim e Cândido

Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG), Universidade Federal de Uberlândia (UFU) – Campus Monte Carmelo. Coordenação de Botânica e Biodiversidade no Núcleo de Planejamento e Manejo Florestal (NUPLAMFLOR) e do Centro de Formação em Educação Climática (CEFEC). Monte Carmelo, MG, Brasil.

<https://orcid.org/0000-0003-1092-0444>
jacqueline.candido@ufu.br

Rafael Maick dos Santos

Discente do curso de Engenharia Florestal, Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG), Universidade Federal de Uberlândia (UFU) – Campus Monte Carmelo. Membro do Núcleo de Planejamento e Manejo Florestal (NUPLAMFLOR) e do Centro de Formação em Educação Climática (CEFEC). Monte Carmelo, MG, Brasil.

<https://orcid.org/0009-0008-0200-9902>
rafaelmaick1996@ufu.br

Maria Izabel Maciel da Silva

Discente do curso de Engenharia Florestal, Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG), Universidade Federal de Uberlândia (UFU) – Campus Monte Carmelo. Membro do Núcleo de Planejamento e Manejo Florestal (NUPLAMFLOR) e do Centro de

Formação em Educação Climática (CEFEC). Monte Carmelo, MG, Brasil.
<https://orcid.org/0009-0004-4417-9476>
mariaizabel@ufu.br

Daniel Paranaíba Gosuen

Discente do curso de Engenharia Florestal, Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG), Universidade Federal de Uberlândia (UFU) – Campus Monte Carmelo. Membro do Núcleo de Planejamento e Manejo Florestal (NUPLAMFLOR) e do Centro de Formação em Educação Climática (CEFEC). Monte Carmelo, MG, Brasil.
<https://orcid.org/0009-0000-5826-9895>
dani.gosuen@ufu.br

Matheus Pedro da Silva

Discente do curso de Engenharia Florestal, Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG), Universidade Federal de Uberlândia (UFU) – Campus Monte Carmelo. Membro do Núcleo de Planejamento e Manejo Florestal (NUPLAMFLOR) e do Centro de Formação em Educação Climática (CEFEC). Monte Carmelo, MG, Brasil.
<https://orcid.org/0009-0000-4044-2813>
matheuspedro@ufu.br

Luciano Cavalcante de Jesus França

Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG), Universidade Federal de Uberlândia (UFU) – Campus Monte Carmelo. Líder do Núcleo de Planejamento e Manejo Florestal (NUPLAMFLOR) e do Centro de Formação em Educação Climática (CEFEC). Monte Carmelo, MG, Brasil.
<https://orcid.org/0000-0002-8885-972X>
luciano.franca@ufu.br

Resumo

O aumento da emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE) tem causado consequências significativas ao planeta. Nesse sentido, são primordiais as ações de redução desses gases com medidas de neutralização dessas emissões. Um dos mais importantes mecanismos são os inventários de GEE associados às compensações por meio de plantios florestais. Este estudo teve como objetivo quantificar e neutralizar as emissões de GEE geradas durante um evento técnico-científico da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), *campus* de Monte Carmelo. Como estudo de caso, foi utilizado o 11º Simpósio de Ciências Agrárias e Ambientais (SICAA) realizado em 2024 na referida universidade. O inventário foi elaborado seguindo a metodologia do GHG *Protocol* Brasil, abrangendo os escopos 1, 2 e 3. As principais fontes de emissão incluíram combustão móvel, geração de resíduos sólidos, consumo de energia elétrica e efluentes. O total de emissões foi de 3,89 tCO₂e, compensadas por meio do plantio de 99 mudas nativas em uma área antropizada do Parque da Matinha, em Monte Carmelo, com base em estimativas de sequestro de carbono do bioma Cerrado. Além disso, foram realizadas ações de sensibilização climática com o público envolvido, promovidas pela Sala Verde Centro de Formação em

Educação Climática (CEFEC UFU). O estudo propõe um protocolo metodológico de integração da gestão climática de eventos acadêmicos integrados com ações de educação para enfrentamento à mudança do clima com interface na pesquisa, ensino e extensão.

Palavras-chave: Mudança climática, Inventário de Emissões, Neutralização, Educação Climática, Sustentabilidade.

Abstract

The increase in greenhouse gas (GHG) emissions has had significant consequences for the planet. In this sense, actions to reduce these gases with measures to neutralize these emissions are essential. One of the most important mechanisms is GHG inventories associated with offsets through forest plantations. This study aimed to quantify and neutralize GHG emissions generated during a technical-scientific event at the Federal University of Uberlândia (UFU), Monte Carmelo campus. The 11th Symposium on Agricultural and Environmental Sciences (SICAA) held in 2024 at the aforementioned university was used as a case study. The inventory was prepared following the GHG Protocol Brazil methodology, covering scopes 1, 2, and 3. The main emission sources included mobile combustion, solid waste generation, electricity consumption, and effluents. Total emissions were 3.89 tCO_{2e}, offset by planting 99 native seedlings in an anthropized area of Matinha Park, in Monte Carmelo, based on estimates of carbon sequestration in the Cerrado biome. In addition, climate awareness actions were carried out with the public involved, promoted by the Sala Verde Center for Training in Climate Education (CEFEC UFU). The study proposes a methodological protocol for integrating climate management of academic events integrated with educational actions to address climate change with an interface in research, teaching and extension.

Keywords: Climate change, Emissions inventory, Neutralization, Climate education, Sustainability.

1. Introdução

Alcançar metas climáticas ambiciosas requer a redução das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), que são compostos químicos presentes na atmosfera que desempenham um papel essencial na regulação da temperatura global (Filonchyk et al., 2024). No entanto, desde a Revolução Industrial, atividades como a agropecuária, desmatamento e a queima de combustíveis fósseis intensificaram o efeito estufa. Isso tem aumentado a ocorrência de eventos climáticos extremos, como secas, inundações, ondas de calor e queimadas, gerando impactos socioambientais, como a perda de biodiversidade e riscos à segurança alimentar (NASA, 2021).

Em 1992, foi criada a “*United Nations Framework Convention on Climate Change*” (UNFCC), com 196 países integrantes. Seus principais marcos foram a adoção do Protocolo de Kyoto em 1997, as negociações climáticas de Copenhague em 2009 e o Acordo de Paris de 2015, visando estabilizar as concentrações de GEE aos níveis que não afetem perigosamente o sistema climático global. As metas de atingir emissões líquidas zero de carbono até o ano de 2050, como previsto no Acordo de Paris, dependem da implementação de diversas medidas sociais, econômicas, ambientais e tecnológicas (Chen et al., 2022).

Diante da busca das instituições por evidências de sua responsabilidade climática, ocorre o engajamento para formulação de iniciativas, diretrizes e cálculos para quantificar as emissões diretas e indiretas de GEE. A *Greenhouse Gas Protocol* (GHG Protocol) foi criada para fornecer diretrizes padronizadas na quantificação e compensação das emissões de GEE no mundo (Hickmann, 2017). O Programa Brasileiro foi desenvolvido em 2008, adaptado ao contexto nacional, a metodologia é compatível com as normas ISO 14064 e com as diretrizes do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), garantindo sua aplicabilidade e reconhecimento internacional (FGV EAESP).

Dessa forma, o inventário de GEE é uma ferramenta essencial na quantificação das emissões, com base em ferramentas como a GHG Protocol Brasil. Além de gerar uma gama de benefícios à mudança do clima, a gestão de emissões das atividades de uma instituição, pode possibilitar a melhor performance econômica, a partir da otimização do uso de seus recursos. Além disso, o emprego de metodologias confiáveis de quantificação permite a implementação de ações eficazes para participação em relatórios públicos de emissões, mercado de carbono e educação ambiental (Yaman, 2024).

A neutralização de emissões de GEE configura-se como uma estratégia essencial no contexto do desenvolvimento sustentável, ao viabilizar a compensação de emissões por meio de práticas de remoção de carbono atmosférico. A neutralização mediante ações como o plantio de espécies arbóreas nativas em áreas degradadas, contribuem simultaneamente para o estoque de carbono e para a restauração ecológica (Morais Junior et al., 2019). Além de mitigar os impactos climáticos, essas iniciativas promovem benefícios ecossistêmicos, como a conservação da biodiversidade e o fortalecimento da bioeconomia local, especialmente quando integradas a modelos de restauração com alta diversidade florística (Brancalion et al., 2012).

A realização de inventários e a neutralização das emissões em eventos acadêmicos têm caráter educativo e operacional de adaptação à mudança do clima, como visto no trabalho de Moraes Junior et al., (2020). As Instituições de Ensino Superior (IES), ao incorporarem tais atividades, consolidam-se como centros de educação climática para fomentar a capacitação institucional, apoiados por parcerias de financiamento de longo prazo (Khan et al., 2019). Essa atuação torna-se fundamental para atingir as metas estabelecidas no Acordo de Paris, em países em desenvolvimento, como modelos práticos de gestão sustentável para a sociedade (Tauchen e Brandli, 2006; Rohrich e Takahashi, 2019).

A atuação das IES brasileiras frente à crise climática tem se consolidado por meio da incorporação de práticas de gestão ambiental, com a elaboração de inventários de GEE e ações de neutralização (UFABC, 2024; Castro, 2024). Além de cumprir um papel educativo, ações de gestão climática em universidades e eventos acadêmicos funcionam como ferramentas estratégicas de transformação institucional e instrumentos de enfrentamento à emergência climática (Silva, 2023). Ao integrar diagnóstico, monitoramento e ações efetivas de mitigação, IES cumprem o papel como catalisadoras de políticas públicas e da inovação voltada à ação climática (Brianezi, 2014).

A Universidade Federal de Uberlândia (UFU) tem se destacado no engajamento ao enfrentamento da mudança climática. Demonstrado, por exemplo, ao adotar as diretrizes da Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P) que busca incorporar práticas de sustentabilidade ambiental na rotina da administração pública (UFU, 2018). Além da criação da Sala Verde CEFEC (Centro de Formação em Educação Climática) com finalidade de impulsionar ações educativas alinhadas aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), à Política Nacional de Educação Ambiental

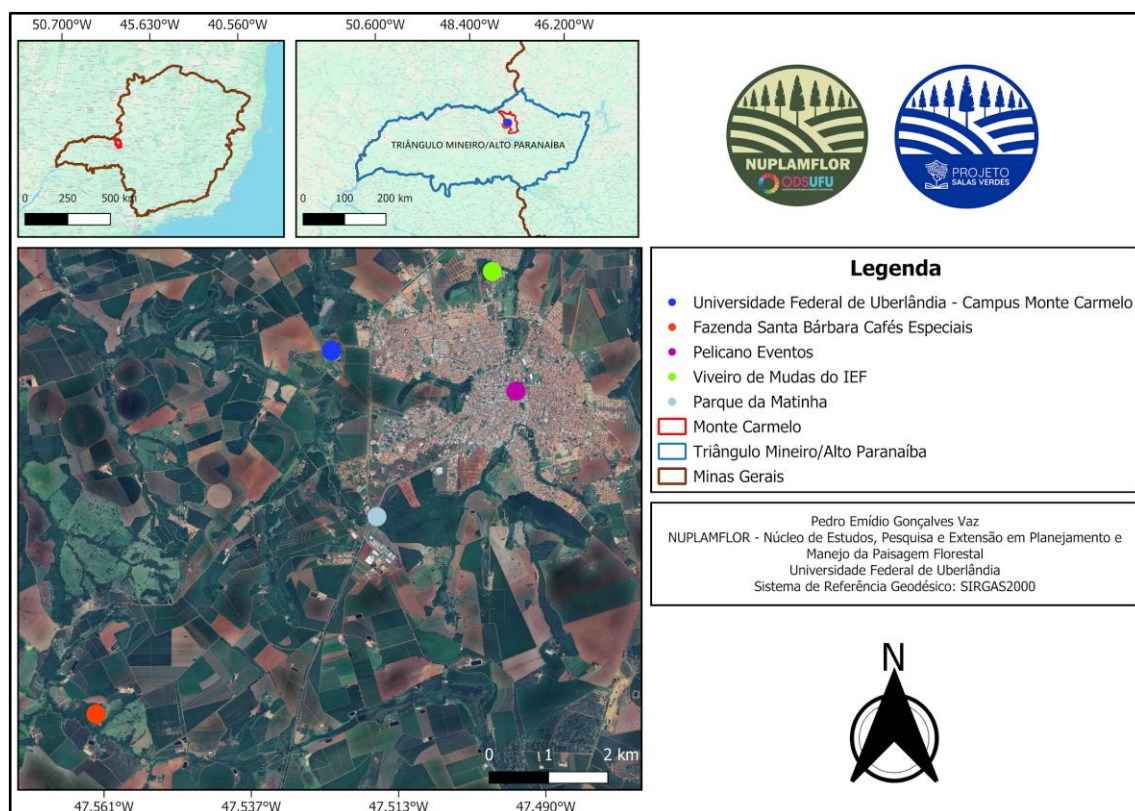
(PNEA) e à Lei nº 14.926/2024, que estabelece a educação climática nas escolas brasileiras a partir de 2025 (GREEN ROOM – CEFEC, 2025).

Portanto, objetivou-se com o presente estudo a realização do inventário e a neutralização de GEE do 11º SICAA – Simpósio de Ciências Agrárias Ambientais no *campus* de Monte Carmelo da UFU, considerando a sensibilização para o tema “Mudanças Climáticas” do público envolvido no evento e nas atividades de neutralização, posteriormente.

2. Material e métodos

A quantificação de emissões de GEE aconteceu durante a realização do evento 11º SICAA – Simpósio de Ciências Agrárias Ambientais no *campus* da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) em Monte Carmelo, entre os dias 4 e 7 de novembro de 2024. Além do *campus* houve atividades de responsabilidade direta do evento em outros locais na cidade, como “minicursos com experiências práticas de campo” e o “Boteco do SICAA”, portanto, a abrangência do Inventário de GEE considerou outros locais externos ao *campus* da UFU – Monte Carmelo (Figura 1).

Figura 1 - Mapa de localização apresentando a abrangência do Inventário de GEE, notadamente a parte do evento realizado no *campus* da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) em Monte Carmelo e ações paralelas nos espaços Pelicano Eventos, Fazenda Santa Bárbara Cafés Especiais, Viveiro de Mudanças do IEF e Parque da Matinha.



A neutralização das emissões ocorreu no dia 22 de fevereiro de 2025 no Parque da Matinha, uma área florestal adjacente à zona urbana de Monte Carmelo - MG. A “Sala Verde” conhecida como Centro de Formação em Educação Climática (CEFEC), legalmente institucionalizada pela UFU frente ao Ministério de Meio Ambiente e Mudança do Clima, promoveu diversas ações de sensibilização climática ao longo do evento e na neutralização das emissões (NUPLAMFLOR LAB UFU, 2025; MMAMC, 2025). Portanto, a ação abrangeu os participantes diretos do evento do SICAA e o público presente durante a neutralização das emissões.

2.1 Inventário de Emissões de GEE

O procedimento de inventário de emissões dos GEE do 11º SICAA – UFU considerou a metodologia estabelecida pelo “Programa Brasileiro GHG Protocol”, *Greenhouse Gas Protocol: a Corporate Accounting and Reporting Standard*, desenvolvida pela FGVces e WRI, em parceria com o Ministério do Meio Ambiente, Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), visando também ao atendimento, dos padrões estipulados pela norma ISO 14064-1 e as demais relacionadas no âmbito da 14064 (WBCSD; WRI, 2004; FGV EAESP, 2024).

O procedimento para o inventário de emissões de GEE adotou a metodologia definida pelo Programa Brasileiro GHG Protocol. Essa metodologia foi desenvolvida pela FGVces e WRI, em parceria com o Ministério do Meio Ambiente, Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) e o *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD). O procedimento também buscou atender aos padrões estabelecidos pela norma ISO 14064-1 (WBCSD; WRI, 2004; FGV EAESP, 2024).

2.1.1 Definição de limite organizacional e operacional do evento

2.1.1.1 Limites Organizacional

O limite organizacional consiste nas unidades ou instalações contempladas pelo inventário. Para este caso, adotou-se o *campus* da UFU em Monte Carmelo, por ser local que sediou o 11º SICAA, sua infraestrutura e serviços associados, e o relacionamento dela com todas as partes envolvidas, além de um espaço de festas (nomeado como Pelicanos Evento), local onde aconteceu o “Boteco do SICAA”, uma festa de encerramento do evento.

2.1.1.2 Limite Operacional

O Protocolo GHG distingue três escopos de emissões que podem ser atribuídos, usados para classificar as fontes emissoras para a contabilização e elaboração dos resultados. Essa distinção permite saber quais emissões serão de responsabilidade do evento, colaborando para qualidade do inventário (Kasperzak et al., 2023). De acordo com o Programa Brasileiro GHG Protocol e a ABNT NBR ISO 14064, as emissões foram categorizadas e enquadradas nesses três escopos como forma de auxiliar na

determinação das fontes emissoras diretas e indiretas (ABNT, 2015), conforme a Tabela 1.

Conforme preconizado pelo *GHG Protocol*, foram determinados os limites de abrangência no inventário, sendo eles os escopos 1, 2 e 3. O limite pelo controle operacional do inventário de GEE do evento foi definido a partir do mapeamento e quantificação das emissões de responsabilidade do evento. O mapeamento das fontes emissoras e a quantificação dos dados foi conduzida por equipe técnica devidamente treinada, composta por discentes e docentes do curso de Engenharia Florestal e Agronomia do *campus* UFU de Monte Carmelo.

Posteriormente, foi realizado o cálculo das emissões de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) baseado no potencial de aquecimento global (*Global Warming Factor*) - GWF descrevendo o impacto da forçante radiativa de uma unidade de massa de um gás de efeito estufa (GEE) em relação a uma unidade de dióxido de carbono equivalente ao longo de um período determinado. Os valores de referência são: Dióxido de Carbono (PAG = 1), Metano (PAG = 25) e Óxido Nitroso (PAG = 298). Foi utilizada a ferramenta de cálculo disponibilizada pelo Programa Brasileiro GHG Protocol (GHG Protocol, 2025).

Tabela 1. Escopos e descrições das fontes emissoras.

Escopo	Definição
Escopo 1 <i>Emissões diretas</i>	São as relativas a fontes que pertencem ou são de controle da organização, ou seja, emissões originadas dentro dos limites organizacionais.
Escopo 2 <i>Emissões indiretas</i>	Emissões provindas da geração de energia elétrica (rede) e do processo de tratamento de água e esgoto, essas emissões acontecem em outras áreas fora dos limites organizacionais do evento.
Escopo 3 <i>Outras emissões indiretas</i>	São outras emissões causadas por atividades que acontecem na cadeia de valor da organização do evento. São oriundas de fontes que não pertencem ou não são controladas pela organização do evento.

2.1.1.3 Coleta de Dados

Após a definição dos limites do inventário, identificou-se as principais fontes emissoras, para estabelecimento das coletas dos dados (Figura 2). Posteriormente, esses dados foram utilizados para realização do cálculo das emissões de GEE seguindo as diretrizes do GHG Protocol Brasil, (2018) com suporte da Ferramenta do Programa Brasileiro GHG Protocol (GHG Protocol Brasil, 2025).

Figura 2 - Fontes emissoras de Gases de Efeito Estufa (GEE) mapeadas para coleta de dados durante o 11º Simpósio de Integração Acadêmica de Ciências Agrárias (SICAA) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).



As fontes emissoras foram incorporadas dentro de cada escopo da análise do Inventário de GEE (Limite operacional), a seguir estão demonstradas as fontes emissoras e suas definições agrupadas em cada escopo considerado na análise.

2.1.1.4 Escopo 1: Combustão móvel

São as emissões de GEE provenientes da queima de combustível, em que ocorre sua oxidação. A energia gerada pela combustão geralmente é utilizada para produzir movimento e percorrer um trajeto. A delimitação dessa fonte foi feita a partir dos dados de deslocamento dos palestrantes até o local do evento e o transporte de mudas para o plantio de neutralização, sendo assim os dados coletados foram: a distância percorrida pela frota de veículos e aviões no caso específico de alguns palestrantes para se determinar a quantidade de combustível consumido para deslocamento dos participantes e para transporte dos insumos do plantio de neutralização realizado posteriormente. Portanto, o consumo, em litros, dos combustíveis utilizados pela frota de veículos no evento foi utilizado com a base para conversão dos dados de emissões de GEE conforme está apresentado na Equação 1:

As emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) consideradas nesta categoria são provenientes da queima e subsequente oxidação de combustíveis utilizados para o deslocamento de palestrantes até o local do evento e para o transporte das mudas destinadas ao plantio de neutralização. As informações detalhadas sobre os

deslocamentos, tais como trajeto percorrido, tipo de veículo e combustível utilizado, foram obtidas diretamente com os palestrantes do evento.

Esses dados permitiram delimitar com precisão a fonte de emissões, incluindo as distâncias percorridas pela frota de veículos e, em casos específicos, pelos aviões utilizados por alguns palestrantes. Com base nessas informações, foi possível calcular a quantidade de combustível consumida durante o transporte dos participantes e dos insumos necessários para o plantio de neutralização realizado posteriormente.

Assim, o consumo total de combustível, expresso em litros, foi utilizado como base para o cálculo e conversão das emissões de GEE, conforme apresentado na Equação 1:

$$E = Q * FE \quad \text{Eq. 01}$$

Em que: (E = Emissão de GEE, em toneladas; Q = Quantidade consumida de combustível, em litros; FE = Fator de emissão de GEE por tipo de combustível).

2.1.1.5 Escopo 1: Combustão Estacionária

A combustão estacionária se refere às emissões de GEE provenientes da queima de combustível, a energia gerada é utilizada para produzir calor para preparação das refeições. Durante a realização do evento foram realizados ““Coffee Break”s” no período da manhã e à tarde, também houve a venda de refeições durante o almoço da Feira Tecnológica de Ciências Agrárias e Ambientais” (FEAGRO), além do jantar na festa de encerramento “Boteco do SICAA”. O preparo da comida para essas atividades gerou o consumo de Gás Liquefeito de Petróleo, definida pela Equação 02:

$$E = Q * FE \quad \text{Eq. 02}$$

Em que: (E = Emissão de GEE, em toneladas; Q = Quantidade consumida de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), m³; FE = Fator de emissão de GEE por consumo de GLP).

2.1.1.6 Escopo 1: Geração de resíduos sólidos e material gráfico

Os resíduos inorgânicos e orgânicos gerados em função do SICAA também fizeram parte das emissões, foram realizadas pesagens diárias dos resíduos gerados nos locais onde aconteciam o evento no *campus*, utilizou-se balança digital de precisão. As principais coletas foram realizadas durante os intervalos dos “Coffee Break's”, com a geração de plástico (garrafas de refrigerante), papelão (embalagens de comida), além de resíduos orgânicos provenientes dos descartes. Além disso, os materiais produzidos visam a divulgação do evento como blocos de notas, crachá e pastas.

No evento, os resíduos não foram separados por tipologia de materiais, foram dispostos de forma misturada e destinados para o aterro sanitário do município. Para o cálculo das emissões de metano (CH₄) na disposição final de Resíduos Sólidos em aterros, em toneladas, utilizou-se a equação 03:

$$EM = \sum (RSU * FCM * COD * COD_r * FEM * \frac{16}{12} - R) * (1 - OX) \quad \text{Eq.03}$$

Em que: (EM = Emissão de metano total (em toneladas); RSU = Quantidade de resíduos sólidos, em toneladas; FCM = Fator de Correção de Metano; COD = Carbono Organicamente Degradável; COD_r = 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).

2.1.1.7 Escopo 1: Adução do Plantio para Neutralização

A aplicação de fertilizantes nitrogenados constitui uma importante fonte de emissões diretas de óxido nitroso (N₂O), gás com elevado Potencial de Aquecimento Global (PAG = 298). Neste estudo, foi adotado como fonte principal o fertilizante mineral NPK 20-5-20, cuja formulação contém 20% de nitrogênio. Considerando a aplicação de 150 g por muda, tem-se que 30 g correspondem à fração nitrogenada. Adotando a taxa padrão de emissão de N₂O de 1% do nitrogênio aplicado, conforme diretrizes do (IPCC, 2019), a emissão individual estimada por muda foi de 0,3 g de N₂O, totalizando 29,7 g de N₂O para o plantio de 99 mudas, o que equivale a 0,0000297 t de N₂O. Ao multiplicar este valor pelo fator de conversão de 298 (PAG do N₂O), a emissão resultante é de 0,008506 tCO_{2e}.

Para efeito de arredondamento e adequação à ferramenta do GHG *Protocol*. Esse cálculo segue metodologia reconhecida pelo Programa Brasileiro GHG *Protocol* (2024), utilizado como referência em inventários corporativos de GEE no país, além de estar alinhado com os princípios de relevância e exatidão da ISO 14064-1. Tal abordagem foi adotada em outros inventários e neutralização de GEE de eventos em outras instituições de ensino superior federal no Brasil (Morais Júnior, 2021).

2.1.1.8 Escopo 2: Consumo de energia elétrica

As emissões de GEE nesse setor são influenciadas pelo consumo de energia elétrica, diretamente relacionado ao percentual de combustíveis fósseis utilizados na geração de energia, esse fato está associado principalmente à operação de bombas hidrelétricas. Consequentemente, as mesmas fontes de energia consideradas renováveis geram emissões de GEE durante o seu funcionamento.

Para quantificar o GEE associado ao consumo de energia elétrica, é fundamental determinar o consumo de energia elétrica em MW/h. Para o evento identificou-se os equipamentos em funcionamento e registrou o tempo de funcionamento, permitindo assim o cálculo estimado do consumo em MW/h.

Portanto, o consumo de energia elétrica consumido durante o evento foi estimado utilizando a equação 04:

$$CDE = [P/1000] \times H \quad \text{Eq. 04}$$

Em que: (CDE = Consumo de energia elétrica dos equipamentos (em MW/h); P = Potência de cada equipamento quantificado (em Watts); H= horas estimadas de funcionamento de cada equipamento).

No espaço do jantar onde se realizou a "Boteco do SICAA" foi possível realizar a leitura direta no padrão de medição de energia, aferindo-se a leitura no início e ao final do evento, portanto, a equação 05:

$$CDE = CDE_f - CDE_0 \quad \text{Eq. 05}$$

Em que: CDE = Consumo de energia elétrica dos equipamentos (em kWh); CDE_f = Leitura do consumo de energia elétrica aferida no padrão no final do evento (em kWh); CDE_0 = Leitura do Consumo de energia elétrica aferida no padrão no início do evento (em kWh). O cálculo das emissões foi realizado pela equação 06:

$$E = Q * FE \quad \text{Eq. 06}$$

Em que: (E = Emissão de GEE, em toneladas; Q = Quantidade consumida de energia elétrica, kWh; FE = Fator de emissão de GEE por consumo de energia elétrica).

2.1.1.9 Escopo 2: Geração de efluentes

A descarga direta de esgotos em corpos hídricos também contribui para emissões de metano e óxido nitroso devido à degradação anaeróbica. Atualmente, no município de Monte Carmelo, o efluente é majoritariamente destinado ao canal de esgoto municipal e, posteriormente, ao curso d'água. Contudo, considerando a ausência de metodologias adaptadas à realidade brasileira que incorporam essa particularidade, optou-se, no presente estudo, por pressupor que todo o volume de efluente gerado seja direcionado à Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). Assim, permitiu-se que o tratamento anaeróbico do efluente fosse integralmente realizado (Brianezi, 2012).

Dessa forma, foi realizada a quantificação das emissões provenientes da geração de efluentes nas instalações da UFU e do espaço em que houve "Boteco do SICAA" e nos banheiros químicos). A quantificação da quantidade de água consumida foi gerada nesses locais, estimou-se com base no volume de água consumido nesses espaços durante o evento. Para a obtenção desses dados, foram realizadas leitura dos hidrômetros no local de operação do evento e com base nas estimativas de quantidade de água utilizada por banheiro químico (20 litros de água por banheiro químico).

A geração de efluentes do evento foi quantificada e estimada a liberação de GEE ao ambiente a partir da equação 07:

$$EE = (TO * FE) - R \quad \text{Eq. 07}$$

Em que: (EE = "Emissões de Efluentes" - Quantidade de metano gerada, em toneladas de CH_4 ; TO = Efluente orgânico total, em t DQO ou t DBO; FE = Fator de emissão, em t CH_4 /t DQO ou t CH_4 /t DBO; R = metano recuperado, em toneladas de CH_4).

2.1.1.10 Escopo 3: Combustão móvel (FEAGRO)

Segundo o *GHG Protocol* e a norma ABNT NBR ISO 14064-1, o Escopo 3 contempla "outras emissões indiretas" que decorrem das atividades da organização, porém ocorrem em fontes que não são de sua propriedade ou controle direto, como é o caso do deslocamento de palestrantes, expositores e outros envolvidos no evento

utilizando veículos particulares ou meios de transporte terceirizados que participaram da FEAGRO (Feira Tecnológica de Ciências Agrárias e Ambientais), uma feira associada e integrada dentro da programação do SICAA - UFU.

Neste escopo, foram levantados os dados dos deslocamentos para montagem da estrutura da feira e das empresas responsáveis pela FEAGRO. A combustão móvel foi classificada como uma fonte de emissão do Escopo 3 no Inventário de Gases de Efeito Estufa (GEE) do SICAA por se tratar de uma emissão indireta, que ocorre fora dos limites organizacionais do evento, mas que está diretamente relacionada à sua realização.

Para quantificação das emissões foram realizadas de modo a determinar o consumo de combustível durante o evento (Equação 08). Assim, foram realizadas entrevistas com os organizadores da infraestrutura para levantamento dos dados referentes, ao consumo tipo de combustível, distâncias dos deslocamentos, tipo de veículo.

$$E = Q * FE \quad \text{Eq. 08}$$

Em que: (E = Emissão de GEE, em toneladas; Q = Quantidade consumida de combustível, em litros; FE = Fator de emissão de GEE por tipo de combustível).

2.1.1.11 Escopo 3: Resíduos sólidos (FEAGRO)

Os resíduos gerados em função da FEAGRO também fizeram parte do inventário de emissões. Durante a realização das atividades da FEAGRO houve o descarte de lixo, como a venda de comida e bebida no local. Sendo necessária a pesagem de todo o lixo gerado desde os descartados para as montagens das estruturas até os que foram descartados pelos participantes. Para padronização, todos os dados foram convertidos para a unidade PAG.

2.2 Redução de emissões

O inventário de emissões de GEE é um instrumento essencial para se conhecer o perfil de emissões de um evento. A partir do estudo, foi possível identificar as principais fontes emissoras e dessa forma, adotar medidas mitigatórias efetivas de modo a promover recomendações para próximas edições do evento visando promover uma diminuição das emissões de GEE (Kasperzak et al., 2023).

2.3 Neutralização de Emissões

A neutralização das GEE por meio do plantio de árvores ocorre através da remoção de carbono presente na atmosfera pelo processo de fotossíntese. As árvores absorvem dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera e armazenam o carbono em sua biomassa (tronco, galhos, folhas e raízes) e no solo. Esse procedimento tem sido utilizado como alternativa para neutralização das emissões de GEE em eventos, pois esse processo reduz a quantidade de CO₂ na atmosfera, possibilitando assim em longo prazo zerar as emissões líquidas de eventos (Morais Junior et al., 2022).

No estudo, o plantio de neutralização aconteceu em área fragmentada, próxima ao fragmento florestal conhecido popularmente como “Parque da Matinha” (-18.7469, -47.5142) (Figura 3), a área não está legalmente institucionalizada como uma Unidade de

Conservação e encontra-se sob diversas pressões antrópicas pela proximidade com a zona urbana. Essa área foi destinada pela Secretaria do Agronegócio e Meio Ambiente de Monte Carmelo.

Figura 3 – Localização e polígono do plantio de neutralização das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) do 11º Simpósio de Integração Acadêmica e Científica de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, *campus* Monte Carmelo.



Para a neutralização das emissões de GEE estimadas neste inventário, adotou-se o valor médio de 35,475 tCO₂/ha como referência para o estoque de carbono em áreas de Cerrado em estágio clímax aos 30 anos. Essa média está metodologicamente alinhada com os fatores de remoção propostos pelo IPCC para savanas tropicais, que indicam valores em torno de 34,64 tCO₂/ha (IPCC, 2006) além de ser corroborada por dados empíricos da literatura científica, como os apresentados no estudo de Grace et al. (2006), além de estudos em áreas do cerrado Kauffman et al., (1994), Abdala et al., (1998), Santos (1988), Kauffman et al., (1994) como pode ser visualizado na Tabela 2, que trata da produtividade e dos fluxos de carbono em savanas tropicais.

Tabela 2 – Referências para estimativa de carbono estocado na área de cerrado no Parque da Matinha Kauffman et al., (1994) Abdala et al., (1998), Santos (1988) Kauffman et al., (1994).

Fitofisionomia	Estoque de carbono aéreo (tC/ ha)	Estoque de carbono radicular (tC/ ha)	Estoque de carbono total (tC/ha)
Brasil, Cerrado <i>Sensu Stricto</i>	2,22	-	2,22
Brasil, Cerrado <i>Sensu Stricto</i>	15,90	2,60	18,50
Brasil, Cerrado <i>Sensu Stricto</i>	14,50		14,50
Brasil, Campo Sujo	3,48		3,48
Média de estoque de Carbono (tC/ha)			9,68
Média de estoque de CO ₂ (tCO ₂ /ha)			35,48
Média de estoque de CO ₂ (tCO ₂ /ha). indivíduo ⁻¹			0,044461

A densidade de indivíduos arbóreos considerada neste estudo foi obtida a partir da análise fitossociológica da área da Matinha, totalizando 798 indivíduos por hectare (Freitas et al., 2011). Com base nessa relação entre o estoque médio e o número de indivíduos, cada árvore, ao atingir o clímax ecológico, é responsável por um estoque aproximado de 0,044461 tCO₂. Assim, o número de árvores a serem plantadas para neutralizar as emissões totais será determinado pela razão entre o volume total de emissões inventariadas e a taxa individual de remoção de carbono, assegurando coerência técnica com os referenciais do IPCC e a realidade ecológica da área em questão.

2.4 Ações de mitigação e sensibilização das mudanças climáticas atreladas a iniciativas de extensão ambiental e climática

Esta ação da Sala Verde CEFEC, foi realizada durante o 11º SICAA e no processo de neutralização das emissões do evento, visando promover a sensibilização do público envolvido. O intuito de ancorar as ações de quantificação e neutralização das emissões de GEE a um projeto de Sala Verde, foi de potencializar o alcance das ações e iniciativas, ampliando o acesso e reforçando a importância sobre o tema.

Portanto, no evento foi realizada a divulgação da importância do tema “mudança climática” e de “eventos neutros em carbono” pela Sala Verde CEFEC, abordando ao longo da realização do evento, duas ações entre as palestras oficiais sobre esse tema, cada ação de sensibilização teve uma duração de 25 minutos e atingiu público diretamente envolvido no evento, como estudantes de graduação e pós-graduação, professores, técnicos-administrativos e palestrantes, essa ação foi denominada como “Ação 1”.

A neutralização foi conduzida e a ação de sensibilização iniciou com o planejamento e execução da Sala Verde, envolvendo os discentes participantes do curso de Engenharia Florestal. No dia da ação da neutralização realizou-se uma oficina temática

na área do Parque da Matinha sobre a importância das árvores no contexto das mudanças climáticas a partir da realização de uma trilha ecológica interpretativa guiada, juntamente com o projeto de extensão conhecido como “Um Pé no Parque” da Sala Verde – CEFEC. O público participante foi composto por discentes e docentes do curso de Engenharia Florestal e Engenharia Agrônômica e funcionários da Secretaria do Agronegócio e Meio Ambiente de Monte Carmelo-MG. Essa ação foi denominada como “Ação 2”.

Ao final, os resultados consolidados de ambas ações foram divulgados em diversos meios de comunicação, mídias sociais e em outras oficinas da CEFEC, com vistas a atingir uma parcela maior da sociedade, essa etapa foi denominada como “Ação 3”.

O desenvolvimento de todas as ações teve seu público contabilizado, visando definir a quantidade de pessoas sensibilizadas sobre o tema “Mudanças Climáticas” no desenvolvimento de cada ação.

3. Resultados e discussão

3.1. Escopo 1: Combustão móvel

Foram percorridos para o transporte de palestrantes 6928,50 quilômetros foi estimado um consumo de 13,4 km/litro para os deslocamentos, gerando assim um consumo total de 517,05 litros de combustível. Para o cálculo de emissões o combustível utilizado foi a gasolina, assim sendo composta uma parte por gasolina automotiva (pura) 377,45 litros e outra por biocombustível etanol anidro 139,60 litros. O consumo do combustível gerou emissões totais de 0,83 tCO_{2e} e emissões biogênicas de 0,21 tCO_{2e}. Além disso, alguns palestrantes realizaram o deslocamento aéreo onde foi contabilizada as emissões utilizando o consumo médio de combustível. Foi observado um consumo de 211,30 litros de querosene para aviação e um total de 0,56 (tCO_{2e}).

Combustão estacionária

O consumo de Gás de Liquefeito de Petróleo durante a preparação do “Coffee Break” do evento e o buffet do almoço na FEAGRO e do “Buteco do SICAA”. Com um total de 149 quilos de gás de cozinha, apresentam 0,44 tCO_{2e}.

Resíduos sólidos

Durante os dias de programação do evento foram realizadas as pesagens do lixo descartada, durante as palestras, minicursos, “Coffee Break” e entre outras atividades do evento. Além dos materiais dados pelo evento para divulgação, como bloco de notas, consideramos que serão descartados em algum momento. Todo o lixo contabilizou 328 kg, resultando em 0,504 tCO_{2e} e 0,56 tCO_{2e} biogênicas.

Adubação Nitrogenada

A adubação utilizada para o plantio das 99 mudas para neutralização foi o NPK (20-5-20), diante disso, na proporção total do adubo teremos 20% da constituição sendo nitrogênio. Portanto, sabemos que a emissão de Nitrogênio que será feita (N₂O) vai ser aproximadamente 1% (essa estimativa pode variar significativamente em função da prática adotada, do tipo de solo e outros fatores associados.), contudo, seguindo o padrão do IPCC, foi mantido em 1%. Portanto, a Emissão de Óxido Nitroso (N₂O) será: 2970g

× 1%: 2,97 g. Como descrito na Tabela 3, a adubação nitrogenada das mudas gerou a emissão totais de 0,0085 tCO₂e.

Tabela 3 - Análise Geral das Emissões do evento.

Emissões	Categoria (Fonte de emissão)	Emissões totais (tCO ₂ e)	Emissões biogênicas (tCO ₂ e)
Escopo 1	Combustão Estacionária	0,437	-
	Combustão Móvel	1,43	0,213
	Resíduos Sólidos	0,504	0,056
	Adubação para plantio de Neutralização	0,0085	-
Total		2,384	0,269
Escopo 2	Aquisição de energia elétrica	0,092	-
	Descarte de efluentes	0,064	-
Total		0,156	-
Escopo 3	Combustão Móvel (FEAGRO)	1,151	0,281
	Resíduos Sólidos (FEAGRO)	0,14	-
Total		1,291	0,281
Total Geral		3,89	0,55

3.2 Escopo 2: Energia elétrica

O consumo de energia elétrica durante o evento foi de 1,315 MWh, resultando em uma estimativa de 0,092 tCO₂e emitidas.

Efluentes

O consumo de água e a geração de efluentes durante o evento foram estimados em 85,04 m³, resultando em emissões de 0,0645 tCO₂e.

3.3. Escopo 3: Combustão móvel (FEAGRO)

O deslocamento de veículos vinculados à preparação da feira, incluindo empresas participantes e responsáveis pela montagem da estrutura, totalizou 9.144 km percorridos, resultando na emissão de 1,43 tCO₂e.

Resíduos sólidos (FEAGRO)

Durante a realização da feira, foram gerados 66,00 kg de resíduos sólidos, conforme pesagens realizadas pela manhã e à tarde, correspondendo a 0,14 tCO₂e em emissões.

3.4 *Análise Geral das Emissões*

De acordo com o Inventário de GEE do 11º SICAA, o evento foi responsável por um total de emissões de 3,89 tCO₂e e 0,55 tCO₂e de emissões biogênicas. Como descrito na Tabela 2.

O Escopo 1 foi a principal fonte de emissão do evento, influenciada principalmente pela combustão móvel com 1,43 tCO₂e. A geração de resíduos apresentou 0,504 tCO₂e, seguido da combustão estacionária com 0,437 tCO₂e. Com a adubação de nitrogênio representando somente 0,0085 tCO₂e. Para o escopo 2, a aquisição de energia elétrica foi o setor de maior emissão com 0,092 tCO₂e, enquanto consumo de água correspondeu a somente 0,064 tCO₂e. Já no Escopo 3, a principal fonte emissora foi a combustão móvel com 1,15 tCO₂e. e 0,14 tCO₂e no descarte de resíduos da FEAGRO.

De acordo com os dados obtidos por meio da contagem de público, SICAA contou com a participação direta de 782 pessoas. Dentre os envolvidos, destacam-se: 190 inscritos no evento, 31 palestrantes, 41 membros da comissão organizadora, 20 avaliadores de trabalhos acadêmicos e aproximadamente 500 visitantes na FEAGRO. Considerando a emissão total de gases de efeito estufa associada ao evento e o número total de participantes, a pegada de carbono média foi estimada em 4,97 kg CO₂e por pessoa.

3.5 *Medidas de redução das emissões do evento*

Resíduos sólidos

A mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) associadas ao descarte de resíduos sólidos durante o evento pode ser promovida por meio de estratégias de gestão adequada. Entre elas, destaca-se a implementação da coleta seletiva, possibilitando a destinação correta e a reciclagem dos materiais descartados. A ampliação do número de recipientes para descarte, especialmente em pontos de grande circulação como a FEAGRO e sua disposição em locais de fácil acesso. Essas são medidas que favorecem o engajamento do público e incentivam o descarte consciente, uma vez que, a maior parte dos resíduos sólidos gerados durante o evento (Escopo 1) é proveniente do “*Coffee Break*”, com destaque para embalagens como caixas de papelão e garrafas PET. Na ausência de práticas de reciclagem, esses resíduos são considerados como destinados a aterros sanitários, contribuindo para emissões de CO₂ e CH₄.

Como estratégia para diminuir o descarte de resíduos do evento pode acontecer a eliminação de brindes e impressos descartáveis (blocos de notas, folders, canetas de plástico, dentre outros), isto não só reduziria o consumo de papel e plástico, mas também incentivaria o uso de alternativas digitais — como QR codes para acesso a material de apoio e aplicativos de networking — diminuindo custos e o volume de resíduos gerados. A parceria com cooperativas de compostagem ou hortas comunitárias poderia ajudar na quantificação rigorosa dos resíduos gerados e sua destinação adequada (compostagem *in loco* ou envio para unidades de tratamento), permitindo recuperar matéria orgânica e evitar emissões de metano em aterros sanitários.

Combustão móvel

A combustão móvel, decorrente do deslocamento de palestrantes, transporte de mudas para o plantio e movimentação de empresas participantes da FEAGRO, foi

responsável por 64,4% das emissões totais de GEE do evento. Esse percentual corresponde a 1,43 tCO₂e no Escopo 1 e 1,15 tCO₂e no Escopo 3. A substituição do combustível utilizado nos veículos, a gasolina pelo etanol, poderia resultar em uma redução de aproximadamente 2,50 tCO₂e nas emissões. Essa substituição, entretanto, implicaria no aumento de 1,89 tCO₂e em emissões biogênicas.

Por serem originadas da queima de biomassa, as emissões do etanol são consideradas climaticamente neutras, uma vez que o CO₂ liberado integra um ciclo biológico de curto prazo, diferentemente dos combustíveis fósseis que integram o ciclo geológico (Liu et al., 2023). Adicionalmente, a coleta de dados mais detalhados sobre a frota utilizada (tipo de veículo, combustível e ano de fabricação) pode proporcionar maior precisão nos cálculos e identificar oportunidades de mitigação.

A priorização de convidados locais ou que possam participar de forma remota, reduziria significativamente a necessidade de viagens aéreas ou rodoviárias de longa distância, diminuindo a pegada de carbono associada ao transporte. Além disso, sessões híbridas – presenciais e virtuais – ampliam o alcance sem comprometer a sustentabilidade. Essa estratégia pode ajudar na diminuição de emissões provindas da combustão móvel do deslocamento dos palestrantes.

3.6 Neutralização das emissões de GEE

O processo de neutralização acontece a partir dos dados da quantificação de emissões, que apontou 3,89 tCO₂e. O número de plantas necessárias é calculado pela reação entre as emissões totais e o estoque de carbono de cada árvore no cerrado 0,044 tCO₂e, totalizando 87 mudas. Foi feita a adição de 15% no número de indivíduos considerando eventuais perdas por mortalidade, uma vez que, o plantio foi realizado no final da estação chuvosa, totalizando 99 mudas. No desenho amostral para remoção de dióxido de carbono, foram estabelecidas 11 espécies nativas com 9 indivíduos aleatorizados em 3 blocos e 3 linhas (Tabela 3). O Material Suplementar 01 apresenta evidências do plantio das mudas realizado durante a ação.

Tabela 3 - Lista de espécies nativas selecionadas para o plantio de neutralização do evento científico realizado na Universidade Federal de Uberlândia no *campus* de Monte Carmelo em 2024.

Nome popular	Nome científico	Grupo funcional	Status de ameaça	Bioma de ocorrência
jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Diversidade	Pouco preocupante (LC)	Cerrado, Mata Atlântica, Amazônia
ipê-roxo	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Recobrimento	Quase ameaçada (NT)	Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica
pau-ferro	<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz	Diversidade	Pouco preocupante (LC)	Cerrado, Caatinga

Nome popular	Nome científico	Grupo funcional	Status de ameaça	Bioma de ocorrência
paineira	<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	Recobrimento	Pouco preocupante (LC)	Cerrado, Mata Atlântica
angico-vermelho	<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.	Diversidade	Pouco preocupante (LC)	Cerrado, Caatinga
ingá-de-metro	<i>Inga edulis</i> Mart.	Recobrimento	Não avaliada (NE)	Amazônia, Cerrado
baru	<i>Dipteryx alata</i> Vogel	Diversidade	Quase ameaçada (NT)	Cerrado
pau-de-bálsamo	<i>Myrocarpus frondosus</i> Allemão	Diversidade	Vulnerável (VU - ICMBio)	Cerrado, Mata Atlântica
ipê-branco	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	Recobrimento	Pouco preocupante (LC)	Cerrado, Pantanal
ipê-amarelo	<i>Handroanthus albus</i> (Cham.) Mattos	Recobrimento	Pouco preocupante (LC)	Cerrado, Caatinga
ipê-verde	<i>Cybastax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart.	Recobrimento	Pouco preocupante (LC)	Cerrado, Caatinga

A seleção de espécies foi feita com base em inventário florestal realizado no Parque Municipal da Matinha (Lopes et al., 2011) e na disponibilidade de mudas no Viveiro do Instituto Estadual de Florestas (IEF) local. O preparo da área foi executado na semana anterior ao plantio, adotando-se o espaçamento de 3 m × 2 m, o que resultou em uma área total de 594 m². A intervenção foi realizada de forma mecanizada, com o auxílio de trator, incluindo a remoção da camada superficial do solo para o controle de plantas invasoras, limpeza do terreno e abertura de covas com 30 cm de profundidade. Também foram aplicadas iscas formicidas visando ao manejo de formigas cortadeiras. A adubação ocorreu no momento do plantio, e garrafas PET foram adaptadas como barreiras físicas

para proteção das mudas. As irrigações seguiram uma frequência periódica, com a aplicação de 2 litros de água por unidade.

3.7 Ações de mitigação e sensibilização das mudanças climáticas atreladas a iniciativas de extensão ambiental e climática.

Com a “Ação 1” foram desenvolvidas estratégias específicas de divulgação da importância das mudanças climáticas e dos eventos neutros em carbono, com o intuito de sensibilizar o público diretamente envolvido no evento (estudantes de graduação e pós-graduação, professores, técnicos-administrativos e palestrantes).

Nesse contexto, nos intervalos das palestras os responsáveis pela Comissão apresentaram de forma sucinta, mas técnica, para cerca de 190 participantes, os procedimentos empregados na elaboração do inventário de emissões de gases de efeito estufa (GEE), enfatizando seu papel central na identificação das principais fontes de emissões associadas ao evento. Foi demonstrado como o inventário segue as diretrizes do IPCC e do GHG Protocol, adaptadas ao contexto institucional, para quantificar emissões de CO₂, CH₄ e N₂O em toneladas equivalentes de CO₂ (tCO₂e). Em seguida, os palestrantes elucidaram o conceito de neutralização de emissões, ilustrando a aplicação prática de mensuração e neutralização de carbono em atividades emissoras de GEE. A presença de técnicos-administrativos e docentes permitiu ainda uma interlocução direcionada sobre a adoção dessas práticas em estruturas institucionais, expandindo o potencial de replicação em outras IES. Dessa forma, as “Ações 1” funcionaram não apenas como meros momentos de informação, mas como catalisadores de uma cultura de sustentabilidade, reforçando a importância de eventos neutros em carbono como ferramenta de educação ambiental e responsabilidade social (Figura 5).

Figura 5 - Atividade de sensibilização climática com palestras realizadas pelos integrantes da Comissão Carbono Neutro durante o evento SICAA.

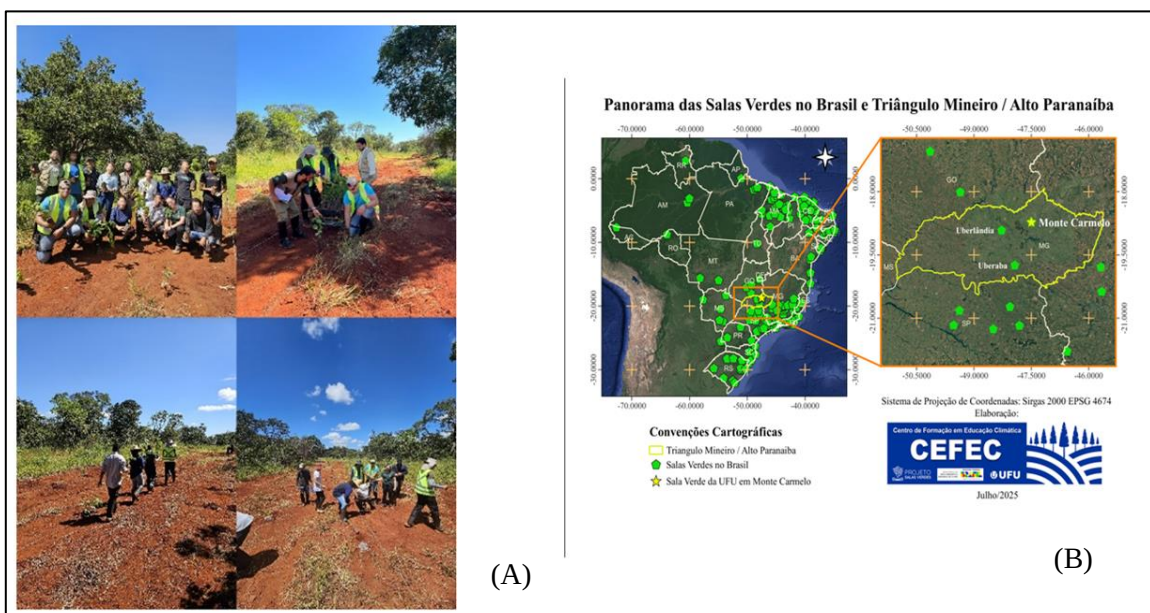


A “Ação 2” foi realizada em 22 de fevereiro de 2025, com a participação de estudantes da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), membros do Núcleo de Planejamento e Manejo Florestal (NUPLAMFLOR) e colaboradores da Prefeitura de Monte Carmelo. A atividade ocorreu paralelamente à primeira edição do projeto de extensão “Um Pé no Parque”, voltado à promoção de trilhas ecológicas e da Educação Ambiental.

Durante a ação, a equipe da Sala Verde – CEFEC conduziu uma oficina formativa, enfatizando a importância do Projeto Salas Verdes, do Governo Federal, como ferramenta técnica e extensionista voltada à disseminação de informações sobre as mudanças climáticas (Brasil, 2023). O evento reuniu cerca de 30 participantes, que tiveram a oportunidade de aprender, de forma prática, técnicas de plantio e a relevância da restauração florestal como estratégia eficaz para a neutralização de Gases de Efeito Estufa (GEE) (Figura 6A).

O projeto Sala Verde – CEFEC é a primeira iniciativa do estado de Minas Gerais com foco específico na formação e educação climática, e tem desempenhado um papel decisivo na difusão e capacitação sobre o tema. Atualmente, o Brasil conta com 283 Salas Verdes, das quais 34 estão localizadas em Minas Gerais, sendo apenas três na região do Triângulo Mineiro (Figura 6B).

Figura 6A - O plantio de neutralização aconteceu em conjunto com a primeira edição do “Um Pé no Parque”, contendo diversos atores da sociedade que estão relacionados ao meio ambiente. **6B** – Projeto Salas Verdes do Governo Federal do Brasil ao longo do país, com destaque para o Triângulo Mineiro.

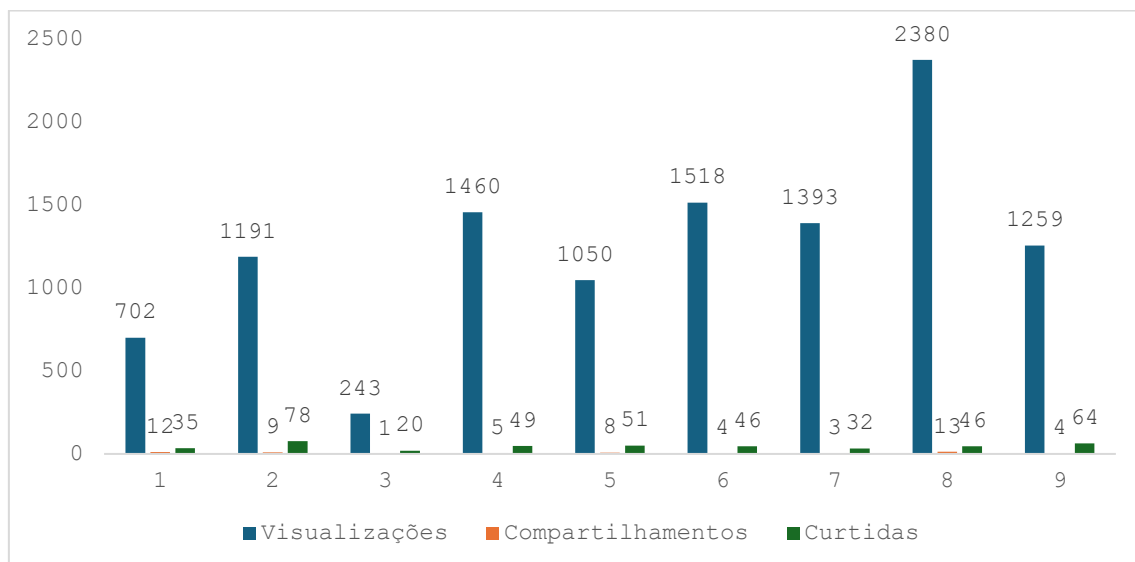


Por fim, a “Ação 3” consistiu na divulgação dos resultados consolidados em múltiplos meios de publicações no site do NUPLAMFLOR, com o intuito de estender o impacto da sensibilização para além do público interno do 11º SICA. Nessa etapa, foram apresentados os valores totais das emissões calculadas no inventário de GEE e as estratégias de neutralização adotadas, de maneira clara e acessível, buscando engajar um

público mais amplo da sociedade — incluindo representantes de instituições parceiras, membros da comunidade local e demais interessados em ações climáticas

No desenrolar da “Ação 3”, os resultados consolidados do inventário de emissões e das estratégias de neutralização foram divulgados por meio de nove publicações específicas que reuniram dados, infográficos e orientações para o público externo. Em cada publicação, foram apresentados: (a) os totais de emissões de GEE quantificados no 11º SICAA; (b) o detalhamento dos fatores de emissão e as metodologias adotadas (IPCC e GHG Protocol); (c) as ações de compensação mediante plantio de árvores nativas; e (d) convites para oficinas e atividades subsequentes da Sala Verde - CEFEC. O uso de carrosséis visuais e stories com chamadas para “*swipe up*” incrementou o alcance e permitiu engajamento direto com estudantes de graduação e pós-graduação, professores e a sociedade civil em geral, ampliando em média 35 % o fluxo de visualizações em relação às mídias tradicionais do site (Figura 7). Como estratégia de ampliação do alcance e continuidade das ações educativas promovidas pelo projeto Sala Verde – CEFEC, foram realizadas nove publicações em rede social institucional (Instagram), com foco na divulgação dos resultados do inventário de emissões e da neutralização de GEE, bem como na promoção da educação climática. A análise dos dados de engajamento revela um desempenho expressivo das postagens, totalizando 11.196 visualizações, 59 compartilhamentos e 421 curtidas.

Figura 7 - Publicações realizadas na rede social, vinculada a ação 3 para demonstrar o engajamento do público sensibilizado nas ações de extensão relativas à neutralização de evento científico em Monte Carmelo-MG no ano de 2024 realizada pela Sala Verde-CEFEC.



A média por publicação foi de aproximadamente 1.244 visualizações, 6,5 compartilhamentos e 46,7 curtidas, evidenciando a efetividade da comunicação digital como ferramenta de extensão científica. A publicação de maior destaque foi a de número 8, que alcançou 2.380 visualizações, seguida pela publicação número 6, com 1.518 visualizações. Esse desempenho indica que conteúdos visualmente atrativos e

informativos são mais propensos a gerar engajamento orgânico e compartilhamento espontâneo.

Do ponto de vista da comunicação científica e da extensão universitária, os dados confirmam o potencial das mídias sociais como vetores de popularização da ciência e da educação climática, especialmente entre públicos jovens e conectados. Os compartilhamentos, embora numericamente inferiores às curtidas, representam um engajamento qualitativo elevado, pois implicam adesão à mensagem e intenção de amplificação do conteúdo em outras redes.

A adoção de métricas digitais nesse contexto contribui para a avaliação da eficácia das ações de sensibilização e amplia o entendimento sobre o papel das plataformas sociais no fortalecimento da cultura climática. Dessa forma, os resultados digitais reforçam a importância da integração entre ações presenciais, estratégias de comunicação e tecnologias digitais como ferramentas complementares para a educação ambiental e climática em instituições de ensino superior.

Os links das publicações estão demonstrados a seguir.

- (<https://www.instagram.com/p/DIPUNgfJhf7/>); (1)
- (https://www.instagram.com/p/DGbkisvpibb/?img_index=1); (2)
- (<https://www.instagram.com/p/DGaorPuOqb3/>); (3)
- (<https://www.instagram.com/p/DGeJi9FpyqS/>); (4)
- (https://www.instagram.com/p/DGgl_dapQPr/); (5)
- (<https://www.instagram.com/p/DGgmT3DJ-uN/>); (6)
- (<https://www.instagram.com/p/DGisxrou8Nq/>); (7)
- (<https://www.instagram.com/p/DGItEXPuEJC/>); (8)
- (<https://www.instagram.com/p/DGZDPXfumb3/>). (9)

4. Conclusão

O programa Carbono Neutro do 11º SICAA foi pioneiro na Universidade Federal de Uberlândia para consolidar o conhecimento técnico dos atores envolvidos e revelar um programa piloto na gestão de emissões de gases de efeito estufa. Essa abordagem integrada permitiu o engajamento das partes envolvidas em colaborar de maneira decisiva para o enfrentamento da mudança do clima, com a Universidade Federal de Uberlândia – *campus* Monte Carmelo cumprindo o papel na definição de estratégias e formação de líderes dessa temática.

A neutralização gerou o primeiro plantio experimental de Restauração Florestal para neutralização de emissões de GEE em evento da Universidade Federal de Uberlândia. Podendo ser uma base para diversos estudos científicos futuros com a performance de aproximadamente de 11 espécies de mudas plantadas em área borda no Parque Municipal da Matinha. Como importância principal na necessidade de desenvolver uma base sólida com dados de performances de espécies do Cerrado, principalmente no crescimento de mudas.

Com o estudo, foi possível demonstrar como acontece a implementação de práticas Net-zero em eventos dentro de instituições de ensino públicas. A jornada de descarbonização contribuiu para o engajamento e sensibilização dos participantes sobre a pauta da mudança do clima. O conhecimento técnico–científico apresentou benefícios

fornecidos tanto para a comunidade acadêmica quanto para a sociedade civil das ações envolvidas no âmbito do projeto gerando uma sinergia sobre a pauta climática entre os atores sociais envolvidos.

Em síntese, o 11º SICAA não apenas consolidou um protocolo metodológico replicável para inventários e compensação de GEE em eventos, mas o entendimento do impacto do legado técnico-científico sobre a sensibilização climática fortalece a base de conhecimento para futuras iniciativas de mitigação e posiciona a UFU – *campus* Monte Carmelo como referência na interface entre educação, pesquisa e práticas de gestão climática.

Agradecimentos

Os autores agradecem: Aos membros do Núcleo de Pesquisa em Planejamento e Manejo Florestal – NUPLAMFLOR pela colaboração fundamental na implantação e no monitoramento do plantio; à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal de Uberlândia (PROPP/UFU) pelo apoio concedido no âmbito do Edital de Iniciação Científica – DIRPE 01/2024 (Proposta nº 6449239); à Sala Verde Centro de Formação em Educação Climática (CEFEC UFU) pelo suporte extensionista de campo e à Prefeitura Municipal de Monte Carmelo, Minas Gerais, pela doação das mudas utilizadas no experimento e pelo suporte na manutenção do plantio.

Referências

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR ISO 14.064. Guia de Implementação. Gestão de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (GEE). Rio de Janeiro, 2015.

Brancalion, P. H. S. et al. (2012). Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração. In: Restauração ecológica de ecossistemas degradados, 2, p. 262-293.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. (2023). Portaria GM/MMA nº 524, de 15 de junho de 2023. Institui o Projeto Salas Verdes e estabelece suas diretrizes. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 113, p. 87, 16 jun.

Breznitz, S. M.; Feldman, M. P. (2012). The engaged university. The Journal of Technology Transfer, 37(2), 139-157.

Brianezi, D. et al. (2014). Balanço de emissões e remoções de Gases de Efeito Estufa no campus da Universidade Federal de Viçosa. Floresta e Ambiente, 21, p. 182-191.

Bruhwiller, L. et al. (2021). Observations of greenhouse gases as climate indicators. *Climatic Change*, 165(1), p. 12.

Buis, A. (2023). Extreme makeover: human activities are making some extreme events more frequent or intense. *Climate change: vital signs of the planet*.

CASTRO, L. de O. (2024). Estudo da quantificação das emissões dos gases de efeito estufa na Semana Rural da UFRRJ nos anos de 2023 e 2024. 39 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

Chen, L. et al. (2022). Strategies to achieve a carbon neutral society: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 20 (4), p. 2277-2310.

Domingues, R. et al. (2020). Contemplative practices in higher education for sustainable development: an exploration of their role for moving society towards sustainability, 2020.

Dyer, G.; Dyer, M. (2017). Strategic leadership for sustainability by higher education: the American College & University Presidents' Climate Commitment. *Journal of Cleaner Production*, 140, p. 111-116.

Eggleston, H. S. et al. (2006). 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories.

Fundação Getulio Vargas. (2008). Programa Brasileiro GHG Protocol. São Paulo: FGV EAESP.

Filonchyk, M. et al. (2024). Greenhouse gases emissions and global climate change: examining the influence of CO₂, CH₄ and N₂O. *Science of The Total Environment*, 935, 173359.

Grace, J. et al. (2006). Productivity and carbon fluxes of tropical savannas. *Journal of Biogeography*, 33(3), p. 387-400.

Green Room – CEFEC. Projeto de educação ambiental do NUPLAM-FLORLAB.

Hickmann, T. (2017). Voluntary global business initiatives and the international climate negotiations: A case study of the Greenhouse Gas Protocol. *Journal of Cleaner Production*, 169, p. 94-104.

Intergovernmental Panel On Climate Change – IPCC. (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Chapter 11: N₂O emissions from managed soils, and CO₂ emissions from lime and urea application. Hayama, Japan: IGES.

IPCC (Intergov. Panel Clim. Change). (2021). Summary for policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change V* Masson-Delmotte, P Zhai, A Pirani, SL Connors, C Péan 3–32 Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press.

Junior, V. T. M. M. et al. (2021). Zero Carbon Program: A Legacy for a Sustainable Environment and for Higher Education Institutions. *Research Square*.

Kasperzak, R. et al. (2023). Accounting for carbon emissions—Current state of sustainability reporting practice under the GHG protocol. *Sustainability*, 15 (2), p. 994.

Khan, M.; Mfitumukiza, D.; Huq, S. (2020). Capacity building for implementation of nationally determined contributions under the Paris Agreement. *Climate Policy*, 20(4), p. 499-510.

Liu, X., Kwon, H., Wang, M., & O'Connor, D. (2023). Life cycle greenhouse gas emissions of Brazilian sugar cane ethanol evaluated with the GREET model using data submitted to RenovaBio. *Environmental Science & Technology*, 57(32), 11814-11822.

Lopes, S. F. et al. (2011). Diagnóstico ambiental para implementação do parque municipal da matinha (Monte Carmelo, MG): implicações à conservação da biodiversidade. *Caminhos de Geografia*, 12(39), p. 58-80.

NASA. (2023). Extreme Makeover: Human Activities Are Making Some Extreme Events More Frequent or Intense. NASA Science – Earth.

Prado Júnior, J. A. do et al. (2012). Fitossociologia, caracterização sucessional e síndromes de dispersão da comunidade arbórea de remanescente urbano de Floresta Estacional Semidecidual em Monte Carmelo, Minas Gerais. *Rodriguésia*, 63, p. 489-499.

Programa Brasileiro GHG Protocol. (2025). Ferramenta de cálculo, v2025.0.1. Ciclo 2025.

PROTOCOL, G. H. G. (2018). Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol. jan.

Rohrich, S. S.; Takahashi, A. R. W. (2019). Sustentabilidade ambiental em Instituições de Ensino Superior, um estudo bibliométrico sobre as publicações nacionais. *Gestão & Produção*, 26(2).

Silva, A. H. (2023). Inventário de emissões de gases de efeito estufa (GEE): estudo de caso em uma organização de logística. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2024.

Tauchen, J.; Brandli, L. L. (2006). A gestão ambiental em instituições de ensino superior: modelo para implantação em campus universitário. *Gestão & Produção*, 13(3), p. 503-515.

Trenberth, K. E. (2018). Climate change caused by human activities is happening and it already has major consequences. *Journal of energy & natural resources law*, 36(4), p. 463-481.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA. (2018). Prefeitura Universitária implanta programa A3P na UFU. *Comunica UFU*, 24 jan.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC (UFABC). (2024). Relatório de Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa da UFABC - Ano Base 2023. Santo André, SP.

Wbcsd, W. R. I. (2004). The greenhouse gas protocol. A corporate accounting and reporting standard, Rev. ed. Washington, DC, Conches-Geneva.

Woodwell, G. M. et al. (1979). The carbon dioxide problem: Implications for policy in the management of energy and other resources. A Report to Council on Environmental Quality, Washington.

Yaman, C. (2024). A review on the process of greenhouse gas inventory preparation and proposed mitigation measures for reducing carbon footprint. *Gases*, 4, (1), p. 18-40.

Material Suplementar 01

