

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS JABOTICABAL**

**VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE
GASES DE EFEITO ESTUFA EM ESTADOS BRASILEIROS**

Guilherme Ligabue Pereira

Jaboticabal - SP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**VARIABILIDADE ESPACIAL E
TEMPORAL DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA
EM ESTADOS BRASILEIROS**

Guilherme Ligabue Pereira

Orientador: Prof. Dr. Newton La Scala Jr.

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de
Jaboticabal, para a Graduação em ENGENHARIA
AGRONÔMICA

Jaboticabal

1º Semestre/2025

P436v

Pereira, Guilherme Ligabue

Variabilidade Espacial e Temporal de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa em Estados Brasileiros / Guilherme Ligabue Pereira. -- Jaboticabal, 2025

40 p. : tabs., mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Newton La Scala Junior

1. Mudanças Climáticas. 2. Emissões de Gases de Efeito Estufa. 3. Desmatamento. 4. Uso do Solo e Floresta. I. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus Jaboticabal



GUILHERME LIGABUE PEREIRA

**TÍTULO DO TRABALHO ACADÊMICO: VARIABILIDADE ESPACIAL E
TEMPORAL DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM ESTADOS
BRASILEIROS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Newton La Scala Junior

Área de Concentração: Mudanças Climáticas

Data da defesa: 30/05/2025

(x) Aprovado

() Reprovado

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
NEWTON LA SCALA JUNIOR
Data: 03/06/2025 09:54:34-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Newton La Scala Junior

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Câmpus de Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
ALAN RODRIGO PANOSSO
Data: 03/06/2025 08:10:43-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof Dr. Alan Rodrigo Panosso

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Câmpus de Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
LUIS MIGUEL DA COSTA
Data: 03/06/2025 19:39:28-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Luis Miguel da Costa

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Câmpus de Jaboticabal

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 09 / 06 / 2025

Documento assinado digitalmente
DANISIO PRADO MUNARI
Data: 09/06/2025 17:36:53-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Danisio Prado Munari
Chefe do Departamento

Agradecimentos

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todos que, de alguma forma, participaram da realização deste trabalho. Primeiramente, agradeço a Deus, por me dar força e sabedoria ao longo desta jornada. Aos meus pais, pelo apoio incondicional, amor e incentivo em todos os momentos, e, principalmente por terem me ensinado a persistir.

Ao meu orientador, Professor Dr. Newton La Scala Junior, pela paciência, orientação e valiosas oportunidades ao longo da trajetória durante todo o curso

Ao Luis Miguel da Costa, pelo suporte, conselhos e contribuições essenciais para o meu desenvolvimento em toda a graduação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa PIBIC (propostas: 14878/2024 e 11319/2023), que foi crucial para a realização desta pesquisa.

Aos meus amigos e colegas de curso, em especial Arthur, Claudio, Felipe,

Fernando, e Pedro, pelo companheirismo, pelas discussões construtivas e pelo apoio mútuo durante todos esses anos de faculdade.

E, por fim, a todos os professores e funcionários da FCAV, que contribuíram direta e indiretamente para minha formação acadêmica e pessoal.

ÍNDICE

Resumo.....	7
Summary	8
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 Gases de Efeito Estufa e suas medidas de mitigação	11
2.2 Metodologias do IPCC.....	12
2.2.1 IPCC.....	12
2.2.2 Metodologia Utilizada	13
3 MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Área de Estudo	15
3.2 Sistema de Estimativa de Emissão e remoção de Gases de efeito estufa (SEEG).....	16
3.3 Climate TRACE (CT)	17
3.4 Análise estatística.	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1 Emissões totais no Brasil.....	21
4.2 Emissões no Setor de Floresta e Uso da Terra	26
4.3 Política Net Zero	28
5 CONCLUSÕES	31
LITERATURA CITADA	32
APÊNDICE.....	36

Resumo

As mudanças climáticas, impulsionadas principalmente pelas emissões de gases de efeito estufa (GEE) devido a atividades humanas, têm gerado preocupações globais. No Brasil, o desmatamento é uma das principais fonte de emissões de gases de efeito estufa (CO_2 , CH_4 , N_2O). Este estudo tem como objetivo analisar a variabilidade espaço-temporal das emissões de GEE (em CO_2eq) nos estados brasileiros com base em duas bases de emissão: o Sistema de Estimativa de Emissões e remoções de Gases de efeito estufa (SEEG) e o Climate TRACE (CT). A área de estudo compreende os 26 estados brasileiros e o Distrito Federal. Os dados foram obtidos do SEEG, que fornece estimativas anuais de emissões para cinco setores, e do Climate TRACE, que utiliza uma combinação da metodologia do IPCC com sensoriamento remoto e aprendizado de máquina para monitorar as emissões globalmente. As análises incluíram o balanço de emissões por estado e setor, além da comparação entre os dois inventários. No período analisado, foram constatadas emissões gerais do CT no valor de 12,2 bilhões de toneladas enquanto no SEEG foram constatadas 12,9 bilhões de toneladas ao longo do período, em termos gerais, há pouca diferença, entretanto, ao analisar os valores ano a ano e estado a estado encontramos variações, diretamente relacionadas às características específicas de cada inventário. Os resultados mostram que, de acordo com o SEEG, o principal emissor foi o Pará, com 219,74 Mton CO_2 eq, enquanto o Climate TRACE aponta São Paulo como o maior emissor, com 124,7 Mton CO_2 eq. No que diz respeito às remoções, o SEEG identificou o estado do Amazonas como o principal removedor de CO_2 (-52,0 Mton CO_2 eq), enquanto o Climate TRACE indicou a Bahia (-24,6 Mton CO_2 eq). Conclui-se que há diferenças nas estimativas de emissões e remoções quando se compara os dois inventários, destacando a utilização da variação de temperatura e precipitação no CT levando a variações nas emissões, o que implica na importância de integrar metodologias para melhorar a precisão das estratégias de mitigação das emissões no Brasil.

Palavras-Chave: Mudanças Climáticas, Emissões de Gases de Efeito Estufa, Desmatamento, Uso do Solo e Floresta.

Summary

Climate change, primarily driven by greenhouse gas (GHG) emissions due to human activities, has raised global concerns. In Brazil, deforestation is one of the main sources of greenhouse gas emissions (CO_2 , CH_4 , N_2O). This study aims to analyze the spatiotemporal variability of GHG emissions (in CO_2eq) in Brazilian states based on two emission databases: the Greenhouse Gas Emission and Removal Estimation System (SEEG) and Climate TRACE (CT). The study area comprises the 26 Brazilian states and the Federal District. Data were obtained from SEEG, which provides annual emission estimates for five sectors, and from Climate TRACE, which uses a combination of IPCC methodology with remote sensing and machine learning to monitor emissions globally. The analysis included the emission balance by state and sector, as well as the comparison between the two inventories. During the period, CT's total emissions were 12.2 billion tons, while SEEG's were 12.9 billion tons. Overall, there is little difference, but when analyzing year-by-year and state-by-state values, variations were found, directly related to the specific characteristics of each inventory. The results show that, according to SEEG, the main emitter was Pará, with 219.74 Mton CO_2 eq, while Climate TRACE points to São Paulo as the largest emitter, with 124.7 Mton CO_2 eq. Regarding removals, SEEG identified the state of Amazonas as the main CO_2 remover (-52.0 Mton CO_2 eq), while Climate TRACE indicated Bahia (-24.6 Mton CO_2 eq). It is concluded that there are differences in emission and removal estimates when comparing the two inventories, highlighting the use of temperature and precipitation variation in CT leading to emission variations, which implies the importance of integrating methodologies to improve the accuracy of emission mitigation strategies in Brazil.

Keywords: Climate Change, Greenhouse Gas Emissions, Deforestation, Land Use and Forestry

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas são uma preocupação global impulsionada pelo aumento de gases de efeito estufa, como o CO₂, cuja concentração atingiu 419,3 ppm em 2023 (NOAA), com crescimento sem precedentes (IPCC, 2021). As causas principais são a queima de combustíveis fósseis (Global Carbon Budget) e as mudanças no uso da terra (da Costa et al., 2025).

No Brasil, a principal fonte de emissões é a mudança no uso do solo, com o desmatamento de 9 milhões de hectares entre 2019 e 2022 (MapBiomas, 2024). Incêndios florestais também contribuem significativamente (Gomes et al., 2024), queimando 5,65 milhões de hectares até agosto de 2024 (MapBiomas, 2024). As metas do Brasil junto à UNFCCC, se alcançadas até 2030, podem mitigar 1100 Mt de CO₂ equivalente (SEEG, 2021).

A agricultura pode mitigar emissões por fotossíntese, mas sua eficiência é afetada por fatores climáticos como temperatura e disponibilidade de água (Braga et al., 2021), pois condições extremas e secas reduzem o processo (Cruz et al., 2023). Para gerenciar isso, contabilizar o CO₂ é essencial. Inventários de GEE identificam as principais fontes para criar estratégias de redução (Melo et al., 2018), considerando o potencial de cada setor (de Figueiredo et al., 2017).

Avanços no sensoriamento remoto via satélite oferecem monitoramento em larga escala (An, Ning, et al., 2022), enquanto medidas in loco fornecem dados detalhados para ações locais (Pereira et al., 2020). Devido à extensão do Brasil, a extrapolação de dados in situ é limitada. Por isso, da Costa et al. (2024) usaram dados dos satélites OCO-2 e OCO-3, embora o estudo tenha se limitado a dois anos e a um único gás. Inventários como o SEEG oferecem estimativas

anuais de todos os GEE no Brasil, seguindo metodologias do IPCC (de Azevedo et al., 2018).

A integração de dados de satélite com inventários é crucial para a precisão (Heather et al., 2024), mas apresenta desafios de harmonização de escalas e incertezas (Kaminsky et al., 2022). O Climate TRACE (CT) é uma coalizão que aprofunda essa questão, buscando estimar as emissões e suas fontes (Climate TRACE, 2024).

Poucos estudos comparam diretamente os inventários disponíveis. Assim, este estudo compara dados do SEEG e do Climate TRACE nos estados brasileiros para analisar variações nas estimativas de emissões por setor e estado. O objetivo é entender como as diferenças podem influenciar a formulação de políticas públicas e estratégias de mitigação no Brasil.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Gases de Efeito Estufa e suas medidas de mitigação

Tendo em vista o vasto território do Brasil, este se caracteriza como importante emissor e sequestrador de Gases de Efeito Estufa (GEE's). Com base nisso, surgiram papéis de destaque no combate ao aquecimento global, dentre elas a Agenda 2030, a qual o Brasil é atário se comprometendo com as 17 ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável), outro exemplo é o Acordo de Paris, se comprometendo a reduzir suas emissões de gases de efeito estufa em 43% até 2030 e acabar com o desmatamento ilegal da Amazônia.

O país também firmou o compromisso de elevar sua participação bioenergética em 18% até 2030, recuperar 12 milhões de hectares de florestas (restauração ou reflorestamento), além de atingir o marco de 45% de energias renováveis na matriz energética em 2030, além reduzir em 10% o consumo de eletricidade (Artaxo, 2022; Barbado et al., 2021). Entretanto, é importante ressaltar que a sustentabilidade não se restringe apenas em reduzir as emissões, ela abriga um conjunto de paradigmas para uso de recursos visando atender as necessidades humanas, objetivando o uso consciente e adequado dos recursos (Torresi et al., 2010).

Dentre os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), destacam-se especialmente três que se relacionam diretamente com a temática agrícola e ambiental. A ODS 2 visa erradicar a fome, com ênfase na promoção da agricultura sustentável — um pilar essencial na construção de um país ideal que busca alcançar emissões líquidas zero. A ODS 12 propõe garantir padrões de consumo e produção responsáveis, aspectos intimamente ligados às práticas

agrícolas e ao manejo adequado dos recursos agropecuários. Por fim, a ODS 13 trata da ação contra a mudança global do clima, estando diretamente conectada a todas as atividades humanas. Essa meta ressalta a importância de adaptar comportamentos, políticas e tecnologias às novas realidades ambientais, com vistas à mitigação dos impactos climáticos.

O Brasil é globalmente conhecido e ocupa papel de destaque na produção mundial de alimentos, entretanto, sabe-se que este papel poderia ser elevado por meio do melhor uso de terras agricultáveis, métodos de cultivo e uso de tecnologias. Segundo o Ministério da Agricultura, estima-se que a produção de grãos poderia ser dobrada mesmo sem desmatamento, apenas utilizando as áreas já abertas, manejando de forma correta, o principal fator analisado nestes casos é utilizar o método é a conversão de pastagens degradadas em sistemas de produção agropecuários e florestais sustentáveis (Brasil, 2024). Diante disso destaca-se o Programa Nacional de Conversão de Pastagens Degradadas (PNCPD), uma iniciativa prioritária para o Brasil que busca promover o uso sustentável de cerca de 40 milhões de hectares de pastagens atualmente degradadas, o que poderia trazer impacto direto nas emissões de GEE's do Brasil.

2.2 Metodologias do IPCC

2.2.1 IPCC

O Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima, IPCC, foi criado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (ONU Meio Ambiente) e pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) no ano de 1988 para fornecer

avaliações científicas periódicas acerca da mudança climática, suas consequências e possíveis riscos, além de propor opções de mitigação. Atualmente, entre os 195 membros do IPCC está o Brasil. O principal objetivo é garantir que os inventários de GEE sejam comparáveis, consistentes e precisos.

Em seus estudos, o IPCC dita o estado do conhecimento sobre a mudança do clima, identificando onde existe consenso na comunidade científica, e em que áreas mais pesquisas são necessidade. Os relatórios da avaliação do IPCC devem ser neutros para que possam ser usados para política, e não devem ser prescritivos.

2.2.2 Metodologia Utilizada

Os Relatórios de Avaliação do IPCC consistem nas contribuições de três Grupos de Trabalho e em um Relatório de Síntese que integra essas contribuições e quaisquer relatórios especiais preparados durante o mesmo ciclo de avaliação. Os Relatórios Especiais do IPCC tratam de questões específicas acordadas entre os países membros, e os Relatórios de Metodologia fornecem diretrizes práticas para a preparação de inventários de gases de efeito estufa (IPCC, 2025).

Basicamente, os dados de emissão, de acordo com essa metodologia, são calculados com a seguinte fórmula:

$$\textit{Emissão} = \textit{Atividade} \times \textit{Fator de Emissão}$$

Organizada em cinco setores principais (energia, processos industriais e uso de produtos, agricultura, uso da terra e resíduos), ela oferece diferentes níveis de complexidade chamados Tiers, que vão desde estimativas com dados

genéricos (Tier 1) até modelos detalhados com medições específicas (Tier 3). Os cálculos envolvem a combinação de dados de atividade (como consumo de energia ou número de animais) com fatores de emissão específicos, e incluem etapas para análise de incertezas e verificação. Essas diretrizes são atualizadas periodicamente para refletir os avanços científicos, como nas versões de 1996, 2006 e o refinamento de 2019.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

O Brasil pode ser dividido politicamente em 26 estados, além do Distrito Federal (Figura 1). A divisão estadual oferece uma visão abrangente da diversidade regional e suas implicações para a dinâmica socioeconômica e ambiental do país (IBGE, 2024). Além disso, o país é dividido em cinco grandes regiões: Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul, divididas de acordo com características semelhantes, a divisão é resultado de um processo de classificação regional que normalmente inclui uma mescla de características de ordem natural, como clima, vegetação ou relevo, com outras de ordem cultural e econômica (IBGE, 2017).

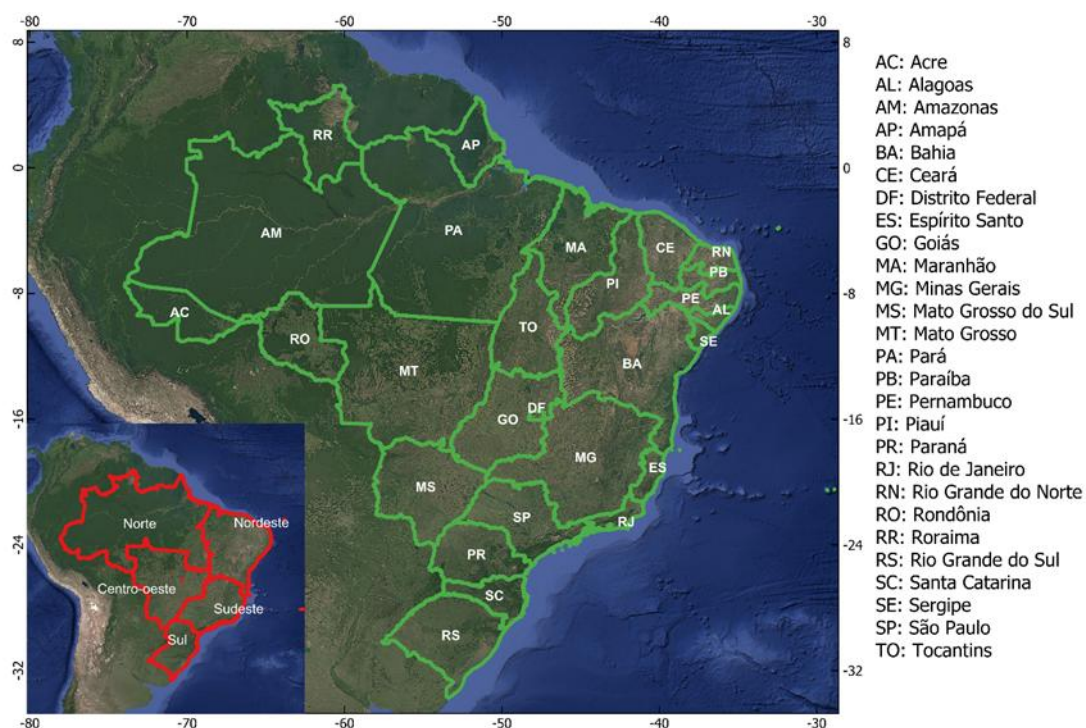


Figura 1. Divisão dos estados brasileiros. Mapa inserido no canto esquerdo inferior mostra as macrorregiões.

3.2 Sistema de Estimativa de Emissão e remoção de Gases de efeito estufa (SEEG)

Nós adquirimos dados de emissões e remoções de gases de efeito estufa para todos os estados brasileiros do Sistema de Estimativa de Emissão e remoção de Gases de efeito estufa (SEEG). O SEEG é uma iniciativa brasileira, cujo objetivo é quantificar anualmente as emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil em 5 setores, o de agropecuária, resíduos, uso da terra e floresta, indústria e energia. O SEEG tem um registro histórico de pelo menos 30 anos das emissões brasileiras.

A metodologia empregada por esta iniciativa, segue as diretrizes estabelecidas no protocolo do IPCC para quantificar emissões. Isto significa, que as estimativas são basicamente calculadas a partir dos dados de atividade do setor, reportados por diferentes instituições brasileiras e os fatores de emissão nacionais da atividade (de Azevedo et al., 2018). Entretanto, no que diz respeito ao setor de mudança de uso e ocupação do solo, o SEEG utiliza o mapa de classificação do uso e ocupação do solo produzido pelo MapBiomas (Souza Jr. et al., 2020) para quantificar as atividades deste setor.

Além disso, o SEEG contabiliza remoções no setor da agricultura devido a utilização de manejos que promovem o acúmulo de carbono no solo. Apesar de ainda existir uma alta incerteza nesta estimativa, o acúmulo de carbono orgânico no solo devido a adoção de práticas sustentáveis é um dos fatores chave para o Brasil atingir os compromissos firmados na NDC (Conant et al., 2017).

3.3 Climate TRACE (CT)

A partir do Climate TRACE (Tracking Real-time Atmospheric Carbon Emissions, www.climatetrace.org), adquirimos estimativas de emissão e remoção de GEE de todos os setores, abrangendo o período de 2015 a 2022. O Climate TRACE é uma coalizão que visa monitorar as emissões de gases de efeito estufa em todo o mundo. Para atingir esse objetivo, o Climate TRACE usa uma abordagem híbrida de novas técnicas, como aprendizado de máquina e inteligência artificial, com as diretrizes do IPCC para inventariar as emissões de GEE. O Climate TRACE fornece dados para nove setores e vários subsetores: Manufatura, Agricultura, Edificações, Operações com combustíveis fósseis, Extração mineral, Transporte, Resíduos, Energia e Silvicultura e Uso da terra, além de uma estimativa adicional de gases fluorados. Cada um desses setores tem seu próprio método para contabilizar as emissões e, especificamente no setor de Silvicultura e Uso da Terra, para contabilizar as remoções.

Com relação ao setor de Florestas e Uso da Terra, a estimativa é feita usando vários conjuntos de dados de sensoriamento remoto. Além disso, a camada de temperatura da superfície terrestre no modelo pode capturar ainda mais a sazonalidade da vegetação, em vez de usar apenas mapas de cobertura de uso da terra para inferir a estimativa com base em fatores de emissão. Uma descrição detalhada desse modelo é fornecida por Xu et al. (2021). Com relação às outras fontes de emissão, as descrições da metodologia de cada uma delas podem ser encontradas em:

<https://github.com/climatetracecoalition/methodology-documents>

3.4 Análise estatística.

Os dados de emissões do Brasil adquiridos dos Climate TRACE entre 2015 a 2022 para todos os setores foram acessados em janeiro de 2024 (Climate TRACE, 2024). Os dados em formato CSV foram pré processados usando a linguagem de programação R. Durante o pré-processamento dos dados, diferentes fontes de emissões foram compiladas em um único banco de dados, distinguindo entre setores e subsetores de emissões, bem como identificando as emissões de fontes locais e aquelas originadas de países não identificados. Todo o processamento foi validado pela comparação dos valores das fontes observadas em nível local, regional e nacional com aqueles apresentados na plataforma Climate TRACE.

Além disso, esse conjunto de dados foi usado para entender a diferença entre os novos métodos de inventário de emissões de GEE e os mais clássicos, como os do SEEG. Com relação aos dados do SEEG, eles fornecem uma planilha de emissões e remoções já processadas para o país e cada setor, usando o GWP-AR5. Inicialmente, as emissões do Climate TRACE e do SEEG foram descritas por meio de análise estatística descritiva. Em seguida, a hipótese de normalidade foi avaliada com o teste de Shapiro-Wilk ($p > 0,01$). Finalmente, para cada Estado da federação foi realizado o balanço de gases de efeito estufa (emissão – remoção) considerando todos os setores e apenas o setor de floresta e uso da terra.

A média das emissões foi calculada utilizando-a como um parâmetro para definir a área a ser plantada de vegetação natural afim de neutralizar as emissões de GEE em cada estado. O acúmulo de biomassa por parte da

vegetação natural foi estimado com base na Quarta Comunicação Brasileira de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (Brasil, 2020). Foram selecionadas as principais vegetações predominantes em cada bioma brasileiro (média ponderada entre elas para obter a média de acúmulo/bioma), sendo importante lembrar que valores tiveram que ser convertidos para CO₂ eq (tCO₂e = tC×3,67) a partir disto foi realizada a média de acúmulo de carbono entre todas as classes (biomas). Este valor médio de acúmulo foi utilizado para calcular quantos hectares de vegetação natural seriam necessários para neutralizar as emissões em cada estado.

A fórmula base utilizada foi:

$$\text{Área Necessária (ha)} = \frac{\text{Emissão Total do Estado (tCO}_2\text{e/ha)}}{\text{Capacidade de Acúmulo por Hectare (tCO}_2\text{e/ha)}}$$

Sendo que o acúmulo foi calculado por meio da fórmula:

$$\text{Acúmulo da Floresta Hipotética} = \frac{\sum_{i=1}^N (\text{Acúmulo por Bioma})}{N}$$

É importante ter em vista que este valor corresponde a uma floresta consolidada, portanto consideramos um período de 10 anos para esta consolidação, o que nos trouxe o valor de 26,48 toneladas de CO₂ eq por hectare/ano, um total de 264,8 toneladas de CO₂ eq por hectare médio em uma floresta hipotética.

AMAZÔNIA	CERRADO	MATA ATLÂNTICA	CAATINGA	PAMPA	PANTANAL
621,2200871	123,3750469	449,3176133	93,43785874	125,8741077	175,6982453

		DESV PAD
MÉDIA TODOS BIOMAS	264,8204932	218,0309853

Tabela 1: Acúmulo de carbono por biomassa e bioma e média do acúmulo de uma floresta hipotética

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Emissões totais no Brasil

De acordo com os dados do SEEG (Figura 2a), o ano de 2021 foi o que teve maior emissão líquida durante o período de análise (1,76 G ton CO₂ eq). De maneira similar, os dados do Climate TRACE (Figura 2b) também indicam que este foi o ano com maiores emissões. Ambos os inventários têm padrões temporais semelhantes, mas em alguns anos as estimativas são diferentes, como por exemplo em 2017, 2019 e 2021 quando as emissões no setor forestry and land use (uso da terra e floresta) do Clima TRACE tendem a valores negativos enquanto as emissões do SEEG se destacam como um dos maiores valores vistos, com tendência a um padrão crescente ano a ano. Isto se dá principalmente pela diferença no setor de uso do solo e floresta (forestry and land use), onde nas estimativas do Climate TRACE existe uma sazonalidade, principalmente atrelada à variações climáticas (da Costa et al., 2025).

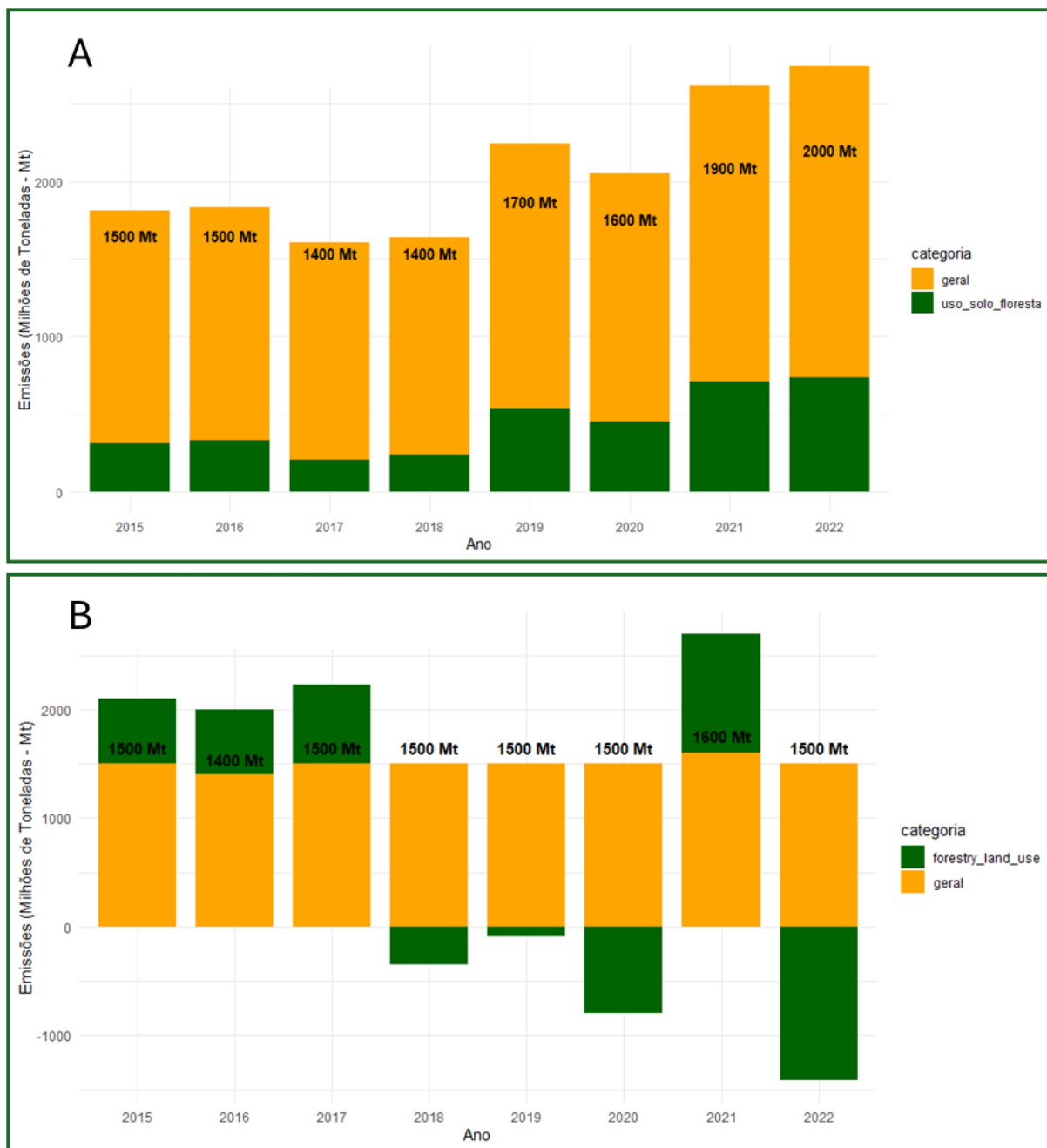


Figura 2. Emissões Líquidas do Brasil ao longo dos anos para todos os setores de acordo com o Climate TRACE (a) e SEEG (b) comparada às emissões do setor de florestas, os números em negrito indicam as emissões gerais no respectivo ano.

Em relação a variabilidade espaço temporal das emissões líquidas de GEE nos estados brasileiros (Figura 3), de acordo com os dados do SEEG, considerando-se os 5 setores, os estados com maiores emissões foram em média o Pará, com 219,74 M ton CO₂eq $\pm$ 28,37 Mato Grosso 200,79 $\pm$ 13,85 M

ton CO₂eq, São Paulo 142,89 ± 1,74 M ton CO₂eq. Desses com destaque às maiores emissões anuais no Pará (367,94 M ton CO₂ eq em 2021), Mato Grosso (282,73 M ton CO₂ eq em 2022), Minas Gerais (172,4 M ton CO₂ eq em 2015) e São Paulo (151,55 M ton CO₂ eq em 2015) (Figura 3a).

A região norte do Brasil, onde situa-se o bioma Amazônia, é uma das regiões com maiores emissões, que estão relacionadas ao desmatamento (Souza et al., 2020, Gatti, 2021). Por outro lado, a região Sudeste do país, além de ter uma área agrícola significativa e alto desmatamento da mata atlântica, tem uma alta concentração de indústrias e grandes centros urbanos (Serenio et al., 2020).

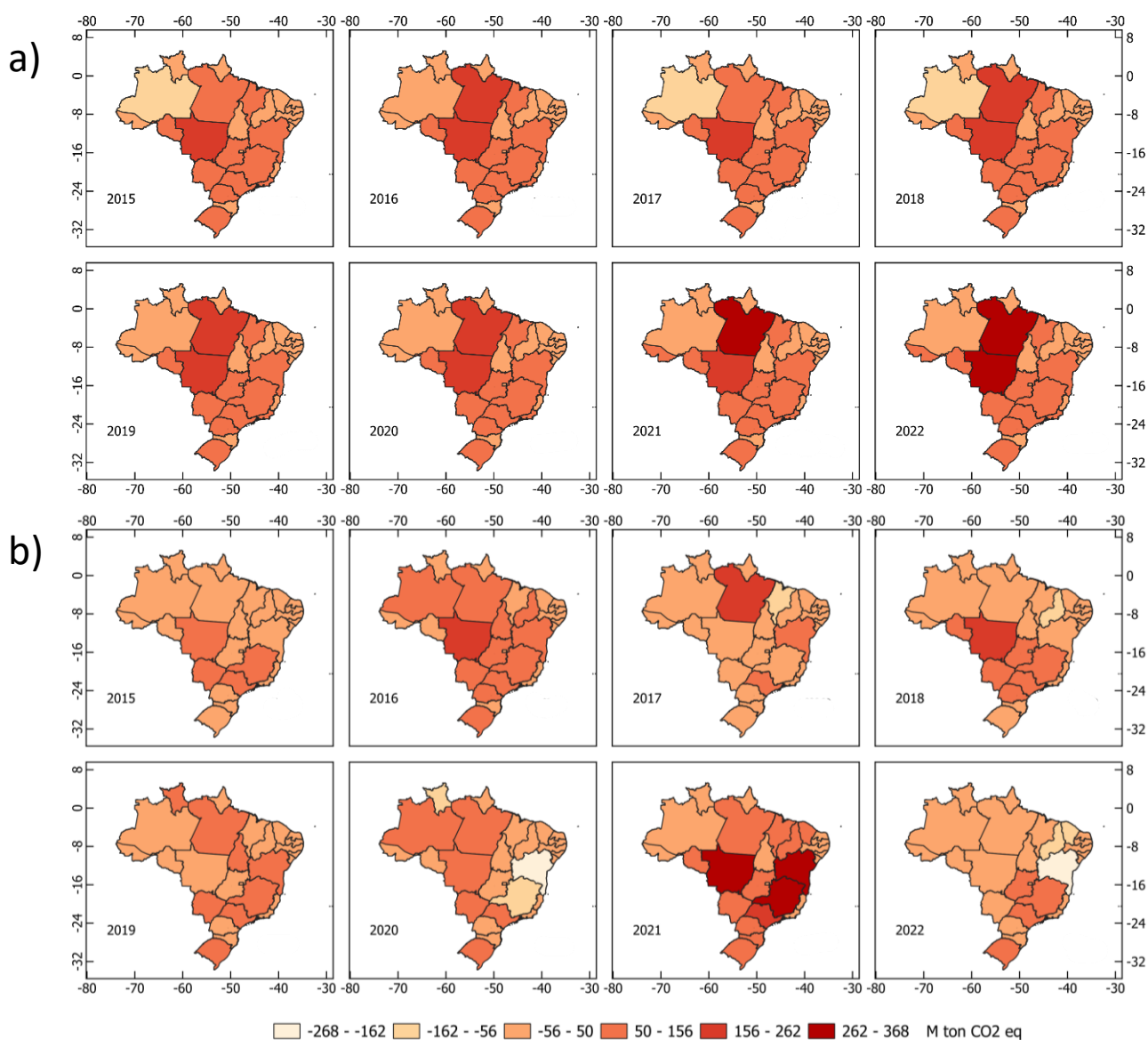


Figura 3. Emissões líquidas de Gases de Efeito Estufa no Brasil segundo dados do SEEG(a) e CT(b), considerando todos os setores.

De acordo com os dados do Climate TRACE, os estados com maiores emissões foram em média o estado de São Paulo, com $124,652 \pm 17,67$ Mton CO₂eq, Mato Grosso, com $88,697 \pm 42,70$ Mton CO₂eq e Minas Gerais, com $78,915 \pm 36,37$ Mton CO₂ eq. Com destaque anual, temos a Bahia (303,472 Mton CO₂ eq em 2021), Mato Grosso (272,15 Mton CO₂ eq em 2021), Minas

Gerais (288,122 M ton CO₂ eq em 2021) e São Paulo (237,4 M ton CO₂ eq em 2021) (Figura 3b).

Ao comparar os dados de emissões dos gases de efeito estufa (CO₂ + CH₄ + N₂O + CFCs) entre os dois inventários, assim como na variabilidade temporal considerando todo o Brasil, observamos diferenças entre o SEEG e Climate TRACE entre os Estados da Federação (Figura 3). A maior diferença foi observada na média do estado do Pará, onde os dados do SEEG indicam uma emissão total de 219,74 Mton CO₂eq, enquanto o CT reporta apenas 68,76 Mton CO₂eq. Essa discrepância pode estar associada como as emissões são contabilizadas ou ainda nas fontes de emissões consideradas por cada uma das metodologias. Além disso, observa-se que de acordo com o CT em alguns anos e estados as emissões líquidas são negativas. Isso deve estar relacionado ao setor de uso da terra e floresta, como observado nas emissões gerais do país (Figura 2).

A área desmatada no Brasil aumentou 22,3% em 2022, de acordo com o Relatório Anual de Desmatamento (RAD 2022) do MapBiomas, que reúne dados de todo o país e seus biomas. Desde a implementação do RAD, entre 2019 e 2022, foram registrados mais de 303 mil eventos de desmatamento, totalizando 6,6 milhões de hectares — equivalente a uma vez e meia o tamanho do estado do Rio de Janeiro. Amazônia e Cerrado são responsáveis por 70,4% dos alertas e 90,1% da área desmatada em 2022. O Cerrado, apesar de representar apenas 8,3% do número total de alertas, responde por quase um terço (32,1%) da vegetação nativa perdida no ano passado devido ao tamanho dos alertas. Além das emissões diretas causadas pelo desmatamento, a perda da vegetação

nativa pode levar a uma redução na capacidade de sequestro de carbono, exacerbando ainda mais as mudanças climáticas (Costa et al., 2024).

A cadeia produtiva de alimentos, podendo ser diretamente relacionada à agricultura também contribuiu significativamente para as emissões de GEE, variando por volta de 25% das emissões totais (Kamińska et al., 2021). Práticas como o uso de fertilizantes nitrogenados, queimadas e o manejo inadequado do solo estão entre as mais emissoras (Li et al., 2022, Moitinho et al., 2021, de Figueiredo et al., 2017). Com o avanço da fronteira agrícola nas regiões Norte e Centro-Oeste, houve um aumento das emissões de GEE associadas a este setor (Cornetta, 2019, Vieira, 2016).

4.2 Emissões no Setor de Floresta e Uso da Terra

Apesar do setor de uso da terra e floresta ser um dos maiores emissores, ele pode contribuir nas remoções, ou seja, captura de CO₂ da atmosfera. De acordo com os dados do SEEG alguns estados do Brasil apresentam emissões negativas de até -99,17 M ton CO₂ eq (Figura 4). Além disso, pode-se observar que com o passar dos anos as emissões no Pará e Mato Grosso aumentaram neste setor, isso é devido a intensificação do desmatamento nessas regiões e a uma provável flexibilização na legislação brasileira (Gatti et al., 2023). O

desmatamento neste setor implica em cerca de 50% das emissões de forma geral (SEEG, 2025).

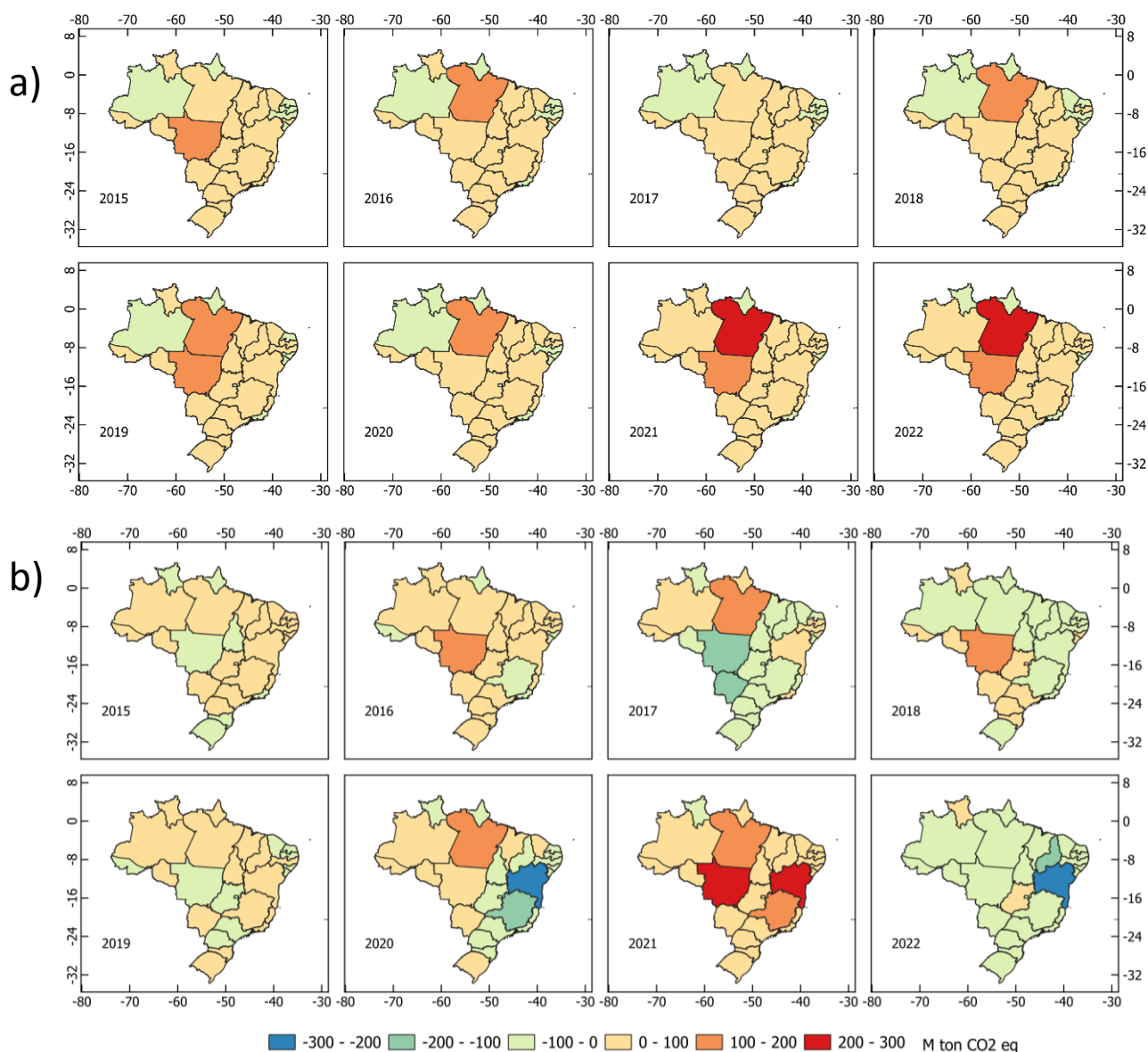


Figura 4. Emissões e Remoções Líquidas de GEE nos Estados Brasileiros considerando apenas o setor de uso da terra e floresta de acordo com o SEEG (a) e Climate TRACE (b)

Dentre os principais dados de remoção, cabe citar as médias dos estados do Amazonas, com $-52,0 \pm 16,59$ M ton CO₂ eq e Amapá $-14,99 \pm 1,03$ M ton CO₂ eq. Enquanto de acordo com o CT, os estados com remoções foram: Bahia,

com $-24,643 \pm 62,75$ M ton CO₂ eq, Piauí, com $-24,177 \pm 25,06$ M ton CO₂ eq e Minas Gerais, com $-13,423 \pm 34,40$ M ton CO₂ eq.

O CT utiliza o modelo descrito por Xu et al. (2021) que se baseia na utilização de dados de radar e covariáveis como temperatura da superfície para estimar a remoção de GEE deste setor. Este tipo de modelo favorece a estimativa do potencial fotossintético da vegetação, que independe da área, capturando, portanto, aspectos sazonais, enquanto as estimativas do SEEG podem ser enviesadas pela área total de cobertura florestal, desconsiderando anos mais ou menos favoráveis a fotossíntese.

Da Costa et al. (2023) ao estudar a SIF nos biomas brasileiros, observaram que em ambientes mais áridos, região nordeste do país, a fotossíntese é mais sensível a precipitação por exemplo e, que as taxas fotossintéticas nesta região indicavam um aumento entre o período de 2015 a 2018. Essa relação pode explicar parcialmente as grandes taxas de remoção deste setor na região nordeste que foi observada neste estudo. Outros estudos também registraram altas taxas de remoção de GEE em ambientes áridos, além da tradicional remoção promovida por grandes florestas tropicais.

4.3 Política Net Zero

Em busca de um padrão ideal de zerar as emissões do país, realizamos o cálculo da área média que deveria ser reflorestada em cada estado, para que os valores de emissão líquida se tornem próximos de zero.

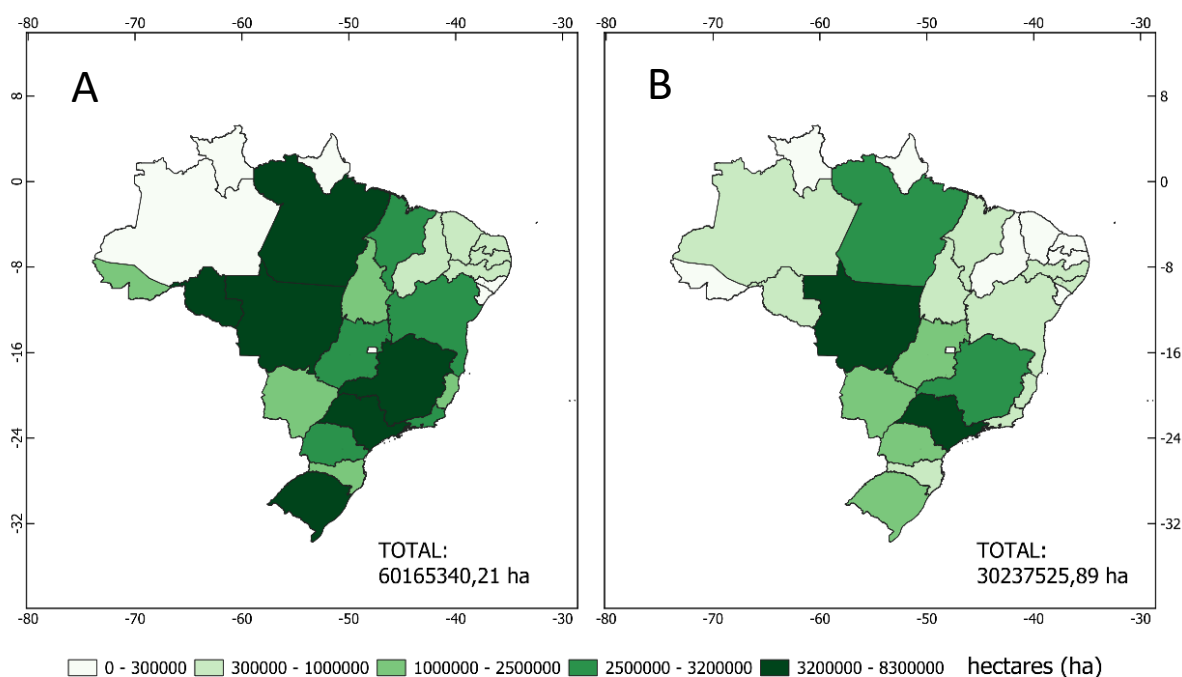


Figura 5. Área de reflorestamento nos Estados Brasileiros por ano considerando um período de 10 anos para acúmulo e todos os setores de emissão de acordo com o SEEG(A) e Climate TRACE(B)

Analisando as médias dos anos de 2015 a 2022, de acordo com dados do SEEG, o estado com maior área a ser reflorestada é o estado do Pará, com 829.770 hectares por ano, com máximo estatístico estipulado em 1.008.058 hectares por ano. Já de acordo com o Climate Trace, o estado com área mais significativa foi São Paulo, dessa vez, anualmente, com quase meio milhão de hectares (470.706) hectares necessários, com máximo estipulado em 570.720 hectares por ano.

É importante ressaltar que os números considerados não levam em consideração o desmatamento, ou seja, para que uma política net zero seja adotada, este fator tem que ser sanado, uma vez que a persistência dele continuaria propiciando mais emissões gerando um ciclo interminável, fazendo um cálculo básico do SEEG, caso o desmatamento seja cessado, o valor de

reflorestamento necessário na área brasileira seria por volta dos 24,68 milhões de hectares, menos da metade do valor obtido inicialmente, isso demonstra a continuidade das emissões enquanto o fator desmatamento persistir.

O principal questionamento que surge é: seria possível reflorestar os 60 milhões de hectares necessários para tornar o país Net zero? O Brasil tem o compromisso de reflorestar 12 milhões de hectares segundo acordo firmado no Acordo de Paris até 2030. Para que isso seja cumprido, surgem alguns impasses, não seria possível reflorestar efetivamente no país com desmatamento zero (legal e ilegal) (Soterroni et al., 2023). Diante das leis atuais, 78 milhões de hectares de vegetação inda poderiam ser suprimidos (Dutra et al., 2024), além da flexibilização de ações de combate ao desmatamento, como o plano de ação do cerrado, descontinuado (Machado et al., 2024) e a flexibilização das leis no bioma amazônico (Gatti et al., 2023).

5 CONCLUSÕES

A comparação entre os dados de emissões de gases de efeito estufa (GEE) provenientes do SEEG e Climate TRACE nos estados brasileiros evidenciou diferenças das estimativas, especialmente no setor de mudanças no uso e ocupação do solo. Embora ambos os sistemas apresentem alguns padrões temporais semelhantes, algumas discrepâncias, como observado no estado do Pará e na variabilidade das remoções, revelam a influência das metodologias e abordagens utilizadas por cada um. O Climate TRACE, ao incorporar técnicas de sensoriamento remoto e inteligência artificial, capturou uma maior variabilidade espacial e temporal nas remoções de CO₂, especialmente em estados com características climáticas mais extremas há variação na emissão do setor de floresta, o que incide diretamente na contagem total de emissões. Já o SEEG, com sua metodologia baseada em dados de atividade reportados e mapas de cobertura, destacou a magnitude das emissões associadas ao desmatamento, principalmente nos Estados pertencentes aos biomas da Amazônia e Cerrado. Esses resultados indicam a importância de integrar diferentes fontes e metodologias para aprimorar a precisão das estimativas e fornecer melhor visualização dos dados. Além disso, percebeu-se que nos dois casos afirma-se que os objetivos de reflorestamento postos em acordos internacionais não serão cumpridos, tendo em vista os curtos prazos para a quantidade de reflorestamento demandado.

LITERATURA CITADA

AN, N.; MUSTAFA, F.; BU, L.; XU, M.; WANG, Q.; SHAHZAMAN, M.; BILAL, M.; ULLAH, S.; FENG, Z. Monitoring of Atmospheric Carbon Dioxide over Pakistan Using Satellite Dataset. **Remote Sensing**, v. 14, n. 22, p. 5882, 2022. DOI: 10.3390/RS14225882.

ARTAXO, Paulo. Mudanças climáticas: caminhos para o Brasil: a construção de uma sociedade minimamente sustentável requer esforços da sociedade com colaboração entre a ciência e os formuladores de políticas públicas. **Ciência e Cultura**, v. 74, n. 4, p. 01-14, 2022.

BARBADO, N.; LEAL, A. C. . Cooperação global sobre mudanças climáticas e a implementação do ODS 6 no Brasil. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 3, p. e29110313290, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i3.13290. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/13290>. Acesso em: 25 fev. 2025.

BRAGA, F. M.; FERREIRA, E. A.; CABRAL, C. M.; FREITAS, I. C.; MACIEL, J. C.; FREITAS, M. S. S.; ASPIAZU, I.; SANTOS, J. B.; FERNANDES, L. A.; FRAZÃO, L. A.; SAMPAIO, R. A. Revisão: crescimento de plantas C3 e C4 em resposta a diferentes concentrações de CO₂, 2021. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/51919>>. Acesso em: 10/10/2024.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Quarto inventário nacional de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa: relatório de referência**. Brasília, DF: MCTI, 2020. Disponível em: < <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-de-referencia-setorial> >. Acesso em: 02/02/2024.

CONANT, Richard T. et al. Grassland management impacts on soil carbon stocks: a new synthesis. **Ecological Applications**, v. 27, n. 2, p. 662-668, 2017.

Climate TRACE. Disponível em: <<https://climatetrace.org/>>.

CORNETTA, A. Modernização ecológica, políticas territoriais e ajustes na produção: uma discussão sobre a fronteira agrícola frente às mudanças climáticas. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, Seção Três Lagoas, p. 125-146, 2019.

COUTURE, Heather D. et al. Estimating Carbon Dioxide Emissions from Power Plant Water Vapor Plumes Using Satellite Imagery and Machine Learning. **Remote Sensing**, v. 16, n. 7, p. 1290, 2024.

CRUZ, N. T.; PORTO, E. M. V.; RAMOS, B. L. P.; SANTOS, H. P.; SEIXAS, A. A.; SILVA SANTOS, A. P. Estresse hídrico em plantas forrageiras: uma breve revisão. **Revista Científica Rural**, ISSN: 1413-8263 2525-6912, 2023.

DA CONCEIÇÃO BISPO, Polyanna et al. Overlooking vegetation loss outside forests imperils the Brazilian Cerrado and other non-forest biomes. *Nature Ecology & Evolution*, v. 8, n. 1, p. 12-13, 2024.

DA COSTA, Luis Miguel et al. A comparative analysis of GHG inventories and ecosystems carbon absorption in Brazil. **Science of The Total Environment**, v. 958, p. 177932, 2025.

DE AZEVEDO, T.; COSTA JUNIOR, C.; BRANDÃO JUNIOR, A. et al. SEEG initiative estimates of Brazilian greenhouse gas emissions from 1970 to 2015. **Sci Data**, v. 5, 180045, 2018. DOI: 10.1038/sdata.2018.45.

DE FIGUEIREDO, E. B. et al. Greenhouse gas balance and carbon footprint of beef cattle in three contrasting pasture-management systems in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 420-431, 2017.

DUTRA, Débora Joana et al. Challenges for reducing carbon emissions from land-use and land cover change in Brazil. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v. 22, n. 3, p. 213-218, 2024.

GAROFALO, D. F. T.; NOVAES, R. M. L.; PAZIANOTTO, R. A. A.; MACIEL, V. G.; BRANDÃO, M.; SHIMBO, J. Z.; FOLEGATTI-MATSUURA, M. I. S. Land-use change CO₂ emissions associated with agricultural products at municipal level in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 364, 132549, 2022. DOI: 10.1016/J.JCLEPRO.2022.132549.

GATTI, L. V. Amazonia como fonte de carbono em função do desmatamento e mudanças climáticas. **Nature**, 2021. DOI: 10.1038/s41586-021-03629-6.

GATTI, Luciana V. et al. Increased Amazon carbon emissions mainly from decline in law enforcement. *Nature*, v. 621, n. 7978, p. 318-323, 2023.

GOLKAR, F.; AL-WARDY, M.; SAFFARI, S. F.; AL-AUFI, K.; AL-RAWAS, G. Using OCO-2 Satellite Data for Investigating the Variability of Atmospheric CO₂ Concentration in Relationship with Precipitation, Relative Humidity, and Vegetation over Oman. *Water*, v. 12, n. 1, p. 101, 2020. DOI: 10.3390/W12010101.

GOMES, Letícia et al. Impacts of Fire Frequency on Net CO₂ Emissions in the Cerrado Savanna Vegetation. **Fire**, v. 7, n. 8, p. 280, 2024.

KAMINSKI, Thomas et al. Assimilation of atmospheric CO₂ observations from space can support national CO₂ emission inventories. **Environmental Research Letters**, v. 17, n. 1, p. 014015, 2022.

LIMA, L. M. T.; REGINATO, G. A.; BARTHOLOMEU, D. B. Levantamento de estimativas de absorção de carbono por florestas nativas e comerciais no Brasil. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/documentos/texto/levantamento-de-estimativas-de-absorcao-de-carbono-por-florestas-nativas-e-comerciais-no-brasil-aposter-apresentado-no-siicusp-de-2007.aspx>>. Acesso em: 10/09/2024

LI, Y. et al. Exploring the environmental impact of crop production in China using a comprehensive footprint approach. **Science of the Total Environment**, v. 824, p. 153898, 2022.

MapBiomass. Disponível em: <<https://brasil.mapbiomas.org/>>.

MELO, V. S.; SINFRÔNIO, F. S. M. A importância dos inventários do programa GHG Protocol para a gestão das emissões ambientais: estudo de caso do Maranhão. **Natural Resources**, v. 8, n. 2, p. 38-51, 2018.

MOITINHO, M. R. et al. Effects of burned and unburned sugarcane harvesting systems on soil CO₂ emission and soil physical, chemical, and microbiological attributes. **Catena**, v. 196, p. 104903, 2021.

MRÓWCZYŃSKA-KAMIŃSKA, A.; BAJAN, B.; PAWŁOWSKI, K. P.; GENSTWA, N.; ZMYŚLONA, J. Greenhouse gas emissions intensity of food production systems and its determinants. **PLoS ONE**, v. 16, n. 4, p. e0250995, 2021. DOI: 10.1371/journal.pone.0250995.

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. Disponível em: <<https://www.noaa.gov/>>.

PEREIRA, B. de J.; CECÍLIO FILHO, A. B.; LA SCALA N Jr. Greenhouse gas emissions and carbon footprint of cucumber, tomato and lettuce production using two cropping systems. **Journal of Cleaner Production**, 2020, p. 124517.

TORRESI, S. I. C. DE.; PARDINI, V. L.; FERREIRA, V. F.. O que é sustentabilidade? **Química Nova**, v. 33, n. 1, p. 1–1, 2010.

SEEG - Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Disponível em: <<https://seeg.eco.br/>>.

SILVA, R.; GRÁCIO, J.; MOREIRA, S.; SERRA, N.; CHAGAS, R. Práticas para a Mitigação do Impacto da Agropecuária nas Alterações Climáticas. **Revista Portuguesa de Zootecnia**, v. 7, n. 1, p. 1-17, 10 nov. 2022.

SOTERRONI, Aline C. et al. Nature-based solutions are critical for putting Brazil on track towards net-zero emissions by 2050. *Global Change Biology*, v. 29, n. 24, p. 7085-7101, 2023.

VIEIRA FILHO, J. E. R. Expansão da fronteira agrícola no Brasil: desafios e perspectivas. Texto para Discussão No. 2223, **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)**, Brasília 2016. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/10419/146659>>. Acesso em: 30/09/2024

APÊNDICE

AMAZONIA		CERRADO		MATA ATLÂNTICA		CAATINGA		PAMPA		PANTANAL	
%	ESTOQUE DE C	%	ESTOQUE DE C	%	ESTOQUE DE C	%	ESTOQUE DE C	%	ESTOQUE DE C	%	ESTOQUE DE C
9,75	165,9	48,69	41,31	2,86	75,83	4,57	41,31	3,93	167,16	6,06	167,46
14,35	132	8,53	68,49	3,22	106,5	3,97	26,47	21,65	9,4	19,55	41,31
4,84	130,7	4,97	18,49	2,32	112,97	59,67	18,28	6,27	55,51	10,62	103,21
22,77	185,3	5,64	68,5	5,85	182,88	6,89	43,34	26,78	5,13	14,93	18,49
23,67	201,1	15,58	26,79	8,34	180,65	8,17	64,16	3,96	167,16	6,03	17,49
4,53	88,9			3,99	8,99	5,99	10,87	4,98	5,13	26,66	26,79
				13,17	99,49			3,11	55,51		
				21,68	125,79			4,56	109,29		
				12,56	142,15			5,75	12,77		
				3,68	68,5						
79,91	169,2697785	83,41	33,617179	77,67	122,4298674	89,26	25,45990701	80,99	34,29812199	83,85	47,87418128
co2 -> co2	621,2200871		123,3750469		449,3176133		93,43785874		125,8741077		175,6982453
		DESV PAD									
MÉDIA TODOS BIOMAS		264,8205	218,0309853								

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	W	P
Acre	17,57206	14,04878	17,36547	20,63445	46,79379	39,76542	51,47757	59,92404	0,872264	0,158594
Alagoas	7,48511	7,396216	7,969748	6,879298	7,017406	7,431163	8,271443	7,995083	0,943214	0,642954
Amapá	-14,0034	-10,2909	-14,2151	-14,7004	-14,4754	-15,4347	-15,6369	-7,24044	0,774943	0,015347
Amazonas	-75,196	-50,295	-80	-85,1841	-34,5973	-45,1871	23,45934	42,4524	0,876209	0,173186
Bahia	60,51168	58,81062	52,5318	60,07217	65,46562	72,85432	84,17181	92,56091	0,904193	0,314978
Ceará	26,79193	24,7815	25,9614	22,84412	26,27584	22,4282	28,73197	25,09451	0,964055	0,847716
Distrito Federal	8,464424	7,685912	7,498084	6,787746	6,790024	6,115036	6,853168	6,849199	0,918953	0,421427
Espírito Santo	33,7526	32,51639	31,68447	30,26492	28,56248	28,80181	31,52087	29,44284	0,948114	0,692199
Goiás	77,38948	74,27434	74,8327	73,48624	77,17852	80,64937	79,87548	81,6418	0,92704	0,489536
Maranhão	79,2343	79,23479	67,26536	63,52537	75,48141	88,46051	85,94562	124,4184	0,835221	0,067248
Mato Grosso	196,1903	160,3298	167,9406	177,079	223,993	189,0039	209,0958	282,7375	0,888943	0,228782
Mato Grosso do Sul	64,71344	64,45273	64,05909	62,39896	64,34598	67,35272	71,62313	63,14375	0,814084	0,040421
Minas Gerais	150,8144	142,2631	134,5823	131,3059	131,6934	132,9462	142,2337	140,5669	0,892744	0,24814
Pará	131,8515	193,9536	130,797	168,0696	254,7861	241,1746	367,9464	269,3433	0,930627	0,5218
Paraíba	10,32256	10,52738	11,18497	11,61668	11,37991	10,93452	11,45733	10,32742	0,895136	0,261024
Paraná	70,9404	68,81222	66,83119	65,02875	68,04003	66,8715	71,22829	65,97055	0,93189	0,533436
Pernambuco	20,51146	19,23489	18,95431	19,20273	20,11869	18,71553	24,37472	21,55681	0,822458	0,04952
Piauí	17,39277	10,04692	11,77113	11,42018	20,61952	25,00883	20,91252	34,30936	0,918698	0,419388
Rio de Janeiro	74,3527	66,68345	69,23518	66,0845	67,09772	64,79996	73,00426	64,79032	0,860991	0,122834
Rio Grande do Norte	9,415289	7,788667	8,135612	7,57008	7,58672	9,134059	9,944579	9,317695	0,877887	0,17975
Rio Grande do Sul	88,56804	83,88517	84,03123	81,9358	86,48764	81,00021	98,35624	79,57898	0,853535	0,103434
Rondônia	96,66801	110,4926	103,6425	92,43723	126,6801	106,9367	130,2376	133,1012	0,912213	0,369909
Roraima	9,347876	6,162254	0,037588	1,538131	14,05477	1,628889	11,01536	-0,34495	0,89314	0,250234
Santa Catarina	43,92644	43,85533	44,37857	43,55241	45,96173	41,97568	47,38986	45,23165	0,972983	0,920332
São Paulo	151,549	142,8836	146,5457	140,6289	139,8454	134,8228	142,2891	144,5949	0,982994	0,976179
Sergipe	8,081396	7,915756	7,414446	7,621135	7,365567	7,35928	9,568492	7,27562	0,733	0,005289
Tocantins	48,70701	41,8965	38,53757	39,57455	42,91782	41,0312	37,14544	49,33835	0,895266	0,261741
TOTAL	1415,355	1419,347	1298,973	1311,674	1617,467	1526,581	1862,493	1883,978	0.87986	0.1877

Tabela 3: Valores adquiridos da plataforma SEEG, referentes à soma líquida de emissões e remoções de todos os setores ano a ano entre 2015 a 2022, os valores de W e P indicam os resultados do teste Shapiro Wilk.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	W	P
Acre	10,59497	6,937412	10,48443	12,92949	38,67877	31,06446	42,34926	49,61996	0,866769	0,140119
Alagoas	0,262102	0,12046	0,709011	-0,23686	-0,42865	-0,30124	-0,022	-0,27085	0,90918	0,348326
Amapá	-16,0702	-11,9656	-15,8939	-16,3347	-16,1524	-17,1675	-17,3989	-9,00324	0,76368	0,011557
Amazonas	-89,2369	-63,1009	-92,0829	-99,1773	-49,3484	-59,5263	8,97479	27,45053	0,891589	0,242111
Bahia	5,128406	6,680049	0,903561	8,729166	14,12905	22,05823	27,05797	34,04093	0,933578	0,549201
Ceará	0,403702	0,100471	0,875318	-0,49741	2,363495	1,595959	3,959037	4,744022	0,928367	0,501335
Distrito Federal	-0,11836	-0,19475	-0,19775	-0,15803	-0,1753	-0,18624	-0,21473	-0,27795	0,954464	0,756021
Espírito Santo	3,019744	2,670312	2,09808	1,179909	1,09462	1,480834	0,860443	1,401679	0,899427	0,285542
Goiás	9,239437	4,800036	4,6881	3,212261	5,329663	6,020503	2,094974	2,048224	0,918902	0,421018
Maranhão	46,38489	46,94204	35,25447	32,44394	44,01627	55,862	49,11256	90,87921	0,799882	0,028542
Mato Grosso	112,1202	75,30096	80,25909	87,47595	129,591	90,95601	107,942	174,6613	0,877871	0,179687
Mato Grosso do Sul	6,135432	6,183981	6,046605	6,296648	10,18659	13,08491	16,77545	9,095958	0,826492	0,054575
Minas Gerais	19,96603	9,012987	5,422297	5,034504	5,479889	7,450061	9,602191	9,667115	0,761451	0,010924
Pará	73,14647	134,4482	70,87127	109,5894	195,6478	177,9335	300,6617	200,2922	0,929811	0,51436
Paraíba	-1,27245	-1,23951	-0,8829	0,298168	0,773148	0,463789	0,087028	0,281226	0,856131	0,109841
Paraná	7,468287	5,07442	3,710015	2,673485	6,493342	4,618763	6,837783	2,870219	0,92949	0,511446
Pernambuco	-0,95995	-1,0755	-1,1921	-0,13225	0,364951	-0,46633	2,192489	2,154483	0,834087	0,065456
Piauí	8,202114	1,016996	2,165025	2,08869	11,23687	15,86717	11,67021	24,81319	0,911918	0,367767
Rio de Janeiro	0,533517	-0,43218	-0,51385	-0,15506	-0,55417	-0,40591	-0,33215	-0,58196	0,744675	0,007131
Rio Grande do Norte	-0,99844	-1,29784	-0,95533	-0,96995	-0,97999	0,730858	1,194421	0,430179	0,79996	0,028598
Rio Grande do Sul	6,984529	2,732488	4,777789	5,711142	11,34646	8,903828	20,31149	4,086316	0,844197	0,08316
Rondônia	65,89447	79,30991	71,44313	59,43133	93,6486	73,24058	95,62019	93,73944	0,901968	0,300942
Roraima	6,668711	3,518622	-2,61689	-1,38778	10,30677	-2,4706	7,026234	-4,57902	0,905326	0,322323
Santa Catarina	6,578619	5,575231	6,074339	5,658277	7,926526	4,696437	6,953663	5,729672	0,964567	0,852308
São Paulo	5,404092	1,838163	2,54541	2,016174	3,432184	1,874458	2,095578	0,294043	0,899602	0,28658
Sergipe	-0,07315	-0,04621	-0,11335	-0,05781	-0,31581	-0,20183	0,162307	-0,32774	0,933593	0,549338
Tocantins	25,43805	18,13432	13,79834	15,39685	18,05287	14,4817	7,974948	17,71504	0,939106	0,602308
TOTAL	310,8444	331,0446	207,6773	241,0582	542,1442	451,658	713,5489	740,9742	0,905308	0,322205

Tabela 4: Valores adquiridos da plataforma SEEG, referentes à soma líquida de emissões e remoções do setor de uso da terra e floresta ano a ano entre 2015 a 2022, os valores de W e P indicam os resultados do teste Shapiro Wilk.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	W	P
Acre	1,547711	-8,27118	7,662847	11,1212	-7,63627	11,54947	15,50924	-10,8515	0,890915	0,238656
Alagoas	11,20106	4,044893	11,51361	14,43049	6,806642	4,644219	16,21283	8,003718	0,944867	0,659504
Amapá	0,410774	-1,52042	10,95581	-2,43883	1,472289	-5,62242	4,86292	-3,09302	0,925619	0,477089
Amazonas	4,548126	58,5104	9,188927	-36,1226	35,49807	56,55134	32,63776	-1,70679	0,944311	0,653924
Bahia	37,52629	109,8256	88,737	-35,839	74,02257	-268,5	303,4725	-177,06	0,958366	0,794401
Ceará	11,68988	49,66605	-25,5431	-14,2745	16,54572	31,53309	51,59741	-61,6259	0,941807	0,628938
Distrito Federal	3,821858	3,906955	2,053753	4,112123	3,217877	2,041615	7,935979	6,739776	0,87939	0,185815
Espírito Santo	17,6945	36,12056	-9,44007	7,884301	22,40048	10,08835	41,76896	8,283542	0,957611	0,787059
Goiás	47,31921	101,9748	-11,0537	69,4255	48,85632	24,93572	75,54246	84,71881	0,960456	0,814433
Maranhão	19,939	46,57255	-64,2401	-0,94398	45,8677	40,46353	65,93724	15,22073	0,87879	0,18337
Mato Grosso	50,23078	199,2104	-44,7358	181,0865	-30,558	110,6682	272,1531	-28,4763	0,908067	0,340651
Mato Grosso do Sul	50,65157	145,9394	-46,7877	138,8591	63,00438	56,35004	114,5991	-33,0939	0,906937	0,332997
Minas Gerais	80,63895	76,81007	43,11295	76,74971	96,98129	-89,1908	288,1224	58,09902	0,838864	0,073324
Pará	19,37224	70,22416	159,9495	-51,0412	51,97036	143,1619	145,9504	10,55846	0,926794	0,487365
Paraíba	8,08946	12,36391	10,29437	-4,17538	1,710693	0,524214	30,99313	-13,7126	0,960965	0,819239
Paraná	47,56703	79,33621	40,18168	56,69818	49,19926	38,23952	136,8062	27,03557	0,798341	0,027478
Pernambuco	16,68325	20,531	25,66425	-15,9967	23,52719	-2,09242	47,08854	-20,5207	0,937798	0,589549
Piauí	7,759348	52,07919	-40,736	-91,7601	21,29347	-54,1595	85,72643	-117,942	0,970978	0,905568
Rio de Janeiro	12,79014	6,999129	14,00094	10,81551	13,9637	8,916831	32,61326	17,32683	0,801219	0,029498
Rio Grande do Norte	5,730727	10,3216	3,206068	-11,9266	4,405495	5,267858	26,02064	-24,3261	0,922721	0,452326
Rio Grande do Sul	43,75748	78,75019	34,17088	39,04477	70,61016	71,68852	88,03909	53,05546	0,928491	0,502442
Rondônia	5,369015	44,1136	-13,8791	59,44242	20,6915	6,782644	100,3078	-30,0501	0,962054	0,829421
Roraima	2,249543	37,71692	-55,8967	19,48317	60,05213	-59,6927	-5,87239	18,87783	0,926756	0,487028
Santa Catarina	9,109555	34,87051	2,536904	10,18662	26,17054	7,396908	60,23104	-2,90306	0,875538	0,170621
São Paulo	116,4814	142,5553	79,62014	131,3189	108,8375	94,11204	237,4102	86,88585	0,810137	0,036711
Sergipe	6,336245	5,167505	0,341727	17,49868	-1,55456	2,52623	16,78468	3,960699	0,862897	0,128308
Tocantins	13,55597	67,66174	6,050392	-19,7176	60,25513	-19,1279	39,79627	7,552369	0,91167	0,365971
TOTAL	652,0711	1485,481	236,9295	563,9206	887,6116	229,0564	2332,247	-119,043	0,911036	0,361419

Tabela 5: Valores adquiridos da plataforma Climate TRACE, referentes à soma líquida de emissões e remoções de todos os setores ano a ano entre 2015 a 2022, os valores de W e P indicam os resultados do teste Shapiro Wilk.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	W	P
Acre	0,408815	-9,42121	6,444426	9,923849	-8,85277	10,30942	13,59798	-12,7903	0,889395	0,231014
Alagoas	0,194982	-7,13516	0,361663	3,436968	-4,25212	-6,43614	3,793251	-4,42283	0,899655	0,286896
Amapá	-0,23333	-2,24896	10,19455	-3,17972	0,664492	-6,47177	3,540513	-4,32849	0,919933	0,429319
Amazonas	2,106968	56,22137	6,830783	-38,4398	31,30413	52,72066	25,28065	-7,66267	0,961023	0,81979
Bahia	1,561333	73,89787	51,12049	-73,0392	34,55245	-308,978	251,7414	-228,002	0,952517	0,736564
Ceará	0,294864	37,02315	-39,7829	-27,4171	-7,28046	9,065571	17,24779	-91,0827	0,941077	0,621709
Distrito Federal	0,020901	0,476512	-1,23827	0,678278	-0,14421	-0,76918	1,057959	-0,30427	0,983665	0,978724
Espírito Santo	0,125673	19,70009	-27,1804	-7,10855	2,895756	-8,78752	18,72817	-12,4339	0,948922	0,700357
Goiás	0,67207	54,29236	-61,4012	19,53382	-1,76061	-27,4936	12,09068	21,72925	0,958751	0,798118
Maranhão	6,421349	32,19399	-79,8799	-17,096	22,50792	17,50198	35,38244	-10,7065	0,84858	0,092161
Mato Grosso	-3,07441	145,0129	-102,229	124,1365	-88,7567	50,69187	205,6181	-94,4929	0,900902	0,294403
Mato Grosso do Sul	0,476185	94,79355	-100,438	86,03729	9,079931	0,580389	52,39568	-94,8963	0,899457	0,285724
Minas Gerais	1,365231	-4,20838	-40,391	-7,38372	12,21511	-182,356	171,1378	-57,7641	0,894489	0,25748
Pará	1,96638	52,69398	141,5347	-68,9189	33,07051	117,832	114,7911	-19,9993	0,94985	0,709717
Paraíba	0,251145	4,631318	2,365772	-11,9279	-6,48758	-7,7071	14,18335	-30,0549	0,970062	0,89849
Paraná	0,222671	32,52268	-10,01	7,284623	-3,29838	-15,6964	67,66545	-42,1021	0,941852	0,629389
Pernambuco	1,069355	3,757837	8,851365	-32,6347	5,020796	-21,0584	19,41548	-47,0287	0,904221	0,315152
Piauí	1,618363	46,078	-47,1576	-98,0141	14,959	-60,6333	76,71196	-126,978	0,97066	0,903133
Rio de Janeiro	-0,00661	-5,30087	1,460313	-1,93373	0,375342	-4,10014	7,543296	-5,70018	0,917265	0,40807
Rio Grande do Norte	0,278572	5,051434	-2,21544	-17,2503	-1,62677	-0,56717	17,06862	-32,9017	0,906173	0,327898
Rio Grande do Sul	-1,28495	34,24576	-13,3878	-7,99477	15,89652	16,67066	7,867718	-33,218	0,985683	0,985424
Rondônia	0,326836	38,98015	-19,2873	54,1192	14,99129	0,919878	92,27445	-37,685	0,968142	0,883038
Roraima	-0,03156	35,37039	-58,3444	17,06638	57,48534	-62,3345	-9,69657	15,07251	0,93102	0,525409
Santa Catarina	-0,1828	26,03254	-7,36365	0,689697	9,30352	-8,57848	36,3047	-24,5757	0,957699	0,787917
São Paulo	0,705024	33,55301	-30,5735	22,69165	-3,56434	-15,2721	75,62172	-76,3706	0,987882	0,991111
Sergipe	0,116716	-0,76812	-5,69079	11,57933	-7,43522	-5,48896	4,449096	-6,09571	0,870831	0,153573
Tocantins	-6,01468	47,64857	-14,831	-40,3468	39,55133	-40,5087	17,09441	-15,1426	0,923647	0,460145
TOTAL	9,375097	845,0948	-432,238	-95,5079	170,4142	-506,944	1352,907	-1079,94	0,881524	0,194743

Tabela 6: Valores adquiridos da plataforma Climate TRACE, referentes à soma líquida de emissões e remoções do setor de uso da terra e floresta (forestry and land use) ano a ano entre 2015 a 2022, os valores de W e P indicam os resultados do teste Shapiro Wilk.