

ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE CO₂ EM DIFERENTES USOS DA TERRA NO MUNICÍPIO DE SERROLÂNDIA, BAHIA¹

Camila da Silva Campos²
Rozilda Vieira Oliveira³

INTRODUÇÃO

As florestas tropicais são importantes reservas de carbono, atuando na mitigação das mudanças climáticas através do sequestro de carbono atmosférico (CO₂) (Ferreira Filho, 2004). No entanto, as florestas secas, como a Caatinga, têm sido subestimadas em termos de capacidade de estocar carbono, devido à insipiência de estudos focados nesse bioma específico.

Estudos recentes comprovam que a Caatinga contribui para a retenção de dióxido de carbono (CO₂), especialmente em função da sazonalidade das chuvas. Observou-se que, durante os meses chuvosos, a capacidade de absorção de CO₂ era mais expressiva, enquanto nos períodos mais secos, embora reduzida devido à insuficiência de água no solo, a Caatinga ainda contribui para o equilíbrio regional e global do C, com valores anuais de sequestro de CO₂ comparáveis ao de outras florestas tropicais, como a Amazônia. Esse resultado é importante para designar políticas de proteção do bioma Caatinga (Mendes *et al.*, 2020).

As florestas absorvem maior quantidade de dióxido de carbono em comparação com áreas de pastagem e agricultura, pois quando há a remoção da cobertura vegetal, o C existente no solo e na vegetação é emitido para a atmosfera (Ahirwal *et al.*, 2021). Aliada às condições edáficas, o aporte de material vegetal ao longo dos anos contribui para o processo de agregação e manutenção da porosidade do solo, nutrientes e matéria orgânica (Ribeiro *et al.*, 2019), sustentando a estabilidade ou o incremento quantitativo do C na litosfera, diminuindo a quantidade de CO₂ na atmosfera.

Para mensurar a emissão de CO₂ é imprescindível conhecer o uso e cobertura da terra, para que a avaliação do balanço de C entre os diferentes ecossistemas e a atmosfera seja aprimorada (Accioly *et al.*, 2017).

¹ Este trabalho é resultado parcial da dissertação de mestrado da autora, com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

² Mestra pelo Programa de Pós-Graduação em Estudos Territoriais da Universidade do Estado da Bahia - UNEB, camilacamposgeo@gmail.com;

³ Professora orientadora: doutora em Energia e Ambiente - UFBA, Universidade do Estado da Bahia - UNEB, rvoliveira@uneb.br.

No Brasil as modificações no uso da terra, com a introdução da pecuária e da agricultura, são as principais práticas que causam mais emissões de gases de efeito estufa (Medeiros *et al.*, 2021). Anualmente, cerca de 40 bilhões de toneladas de dióxido de carbono são lançadas na atmosfera pelas atividades antrópicas, sendo essas práticas responsáveis por 21% das emissões totais de CO₂ (IPCC, 2021).

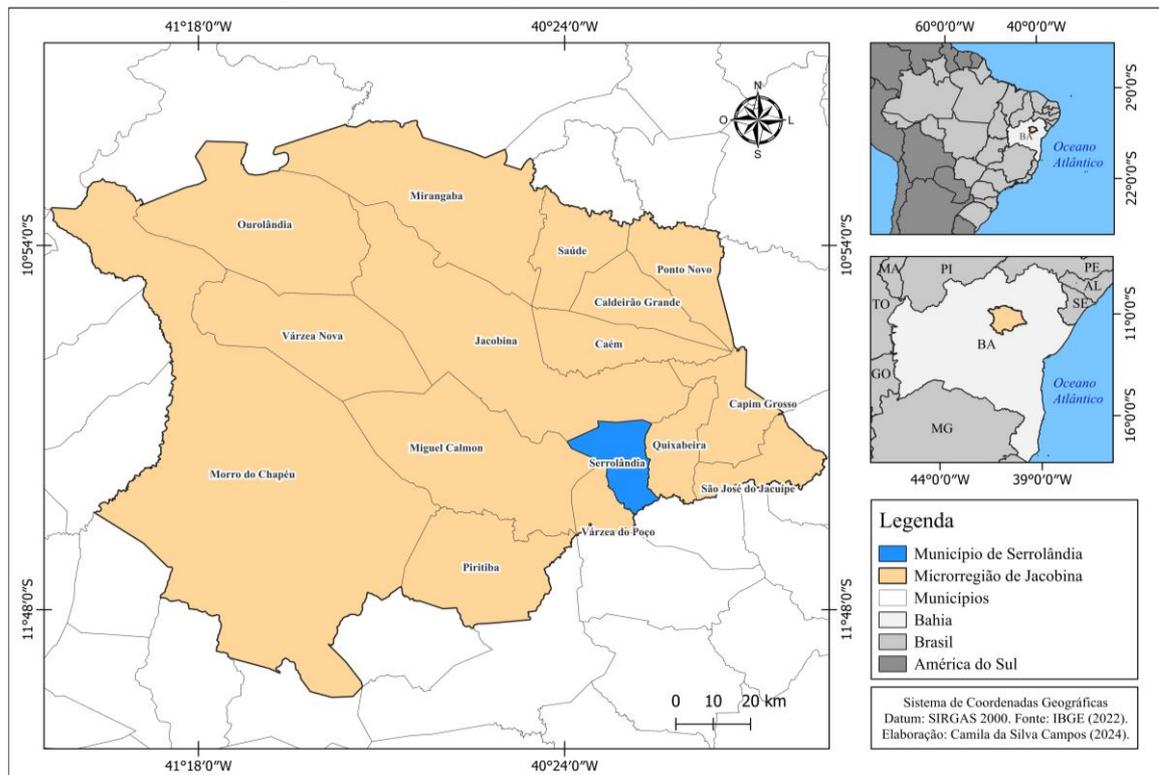
Diante desse contexto, o presente estudo tem como objetivo estimar as emissões de CO₂ associadas aos diferentes usos da terra no município de Serrolândia, Bahia, entre 1985 e 2023, e analisar como as alterações no uso do solo têm contribuído para o aumento das emissões de CO₂, intensificando as mudanças climáticas no bioma da Caatinga.

MATERIAIS E MÉTODOS

Localização da área de estudo

A área de estudo está localizada no município de Serrolândia, Bahia, distante, aproximadamente de 320 km de Salvador, capital do estado, situada numa região de clima semiárido no estado da Bahia, na Mesorregião do Centro Norte Baiano, Microrregião de Jacobina (IBGE, 2021) (Figura 1).

Figura 1 – Localização do município de Serrolândia, Bahia



Fonte: IBGE (2022). Elaboração: as autoras.

A sede do município está localizada nas coordenadas 11° 25' 7" Latitude Sul e 40° 17' 40" Longitude Oeste. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023), o município de Serrolândia tem uma área de 322,022 km² e faz limites ao norte com Jacobina, ao sul com Várzea da Roça, a leste com Quixabeira, e a oeste com Miguel Calmon e Várzea do Poço.

O município de Serrolândia é caracterizado quanto ao meio físico, com hidrografia majoritariamente intermitente, inserida nas unidades litoestratigráficas Caraíba e Cobertura detrito-lateríticas ferruginosas. A cobertura pedológica predominante é de Latossolos Amarelos distróficos, textura franco-arenosa, em ambiente de relevo plano a suavemente ondulado. A vegetação de Caatinga é classificada como Contato Savana-Estépica/Floresta Estacional. De clima semiárido, os meses mais chuvosos se estendem de dezembro até abril (precipitação ≥ 60 mm), e os meses mais secos vão de maio até novembro (precipitação ≤ 60 mm) (IBGE, 2024; Campos; Oliveira, 2024).

Mapas de uso e cobertura da terra

Os mapas de uso e cobertura da terra no município de Serrolândia foram obtidos no formato *raster*, com resolução de 30 m, disponíveis na plataforma MapBiomas, coleção 9, para os anos de 1985 e 2023. Os dados de área também foram extraídos do MapBiomas. Os mapas foram elaborados no *software* Qgis, versão 3.32.3.

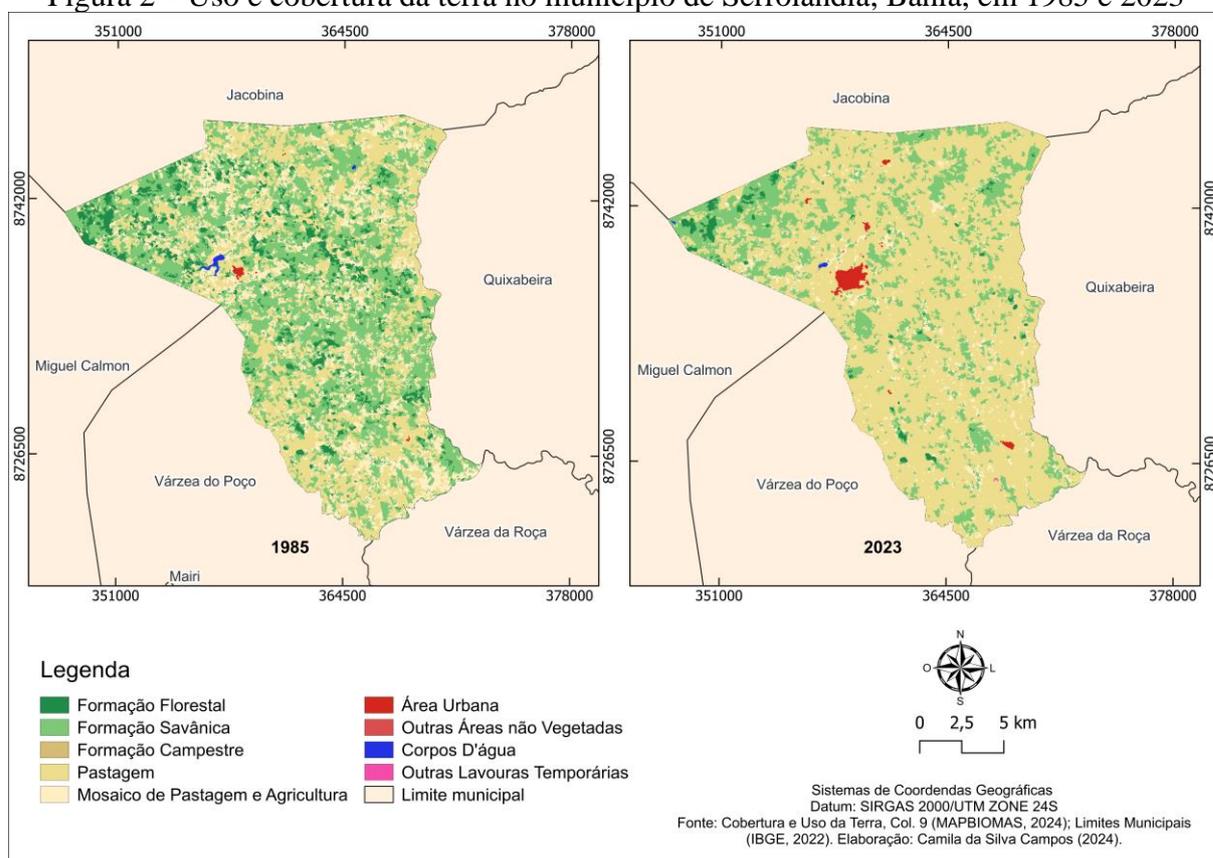
Estimativa da emissão de CO₂

Para avaliar as estimativas de emissão de CO₂, foram obtidos os valores de estoque de C orgânico do município de Serrolândia, até a profundidade de 30 cm para as classes de uso: Caatinga (40,86 Mg ha⁻¹), Pastagem (22,34 Mg ha⁻¹) e Agricultura (20,71 Mg ha⁻¹), conforme Campos (2024).

Para converter o estoque de C orgânico do solo em CO₂ foi utilizada a fórmula $CO_2 = EC \times 3,67$, onde CO₂ é o dióxido de carbono em t ha⁻¹ e EC é o estoque de carbono em t ha⁻¹, o fator 3,67 corresponde a razão entre a massa molecular do CO₂ (44) e a massa atômica do C (12) (Embrapa, 2007; IPCC, 2019). Assim, a cada t de C acumulado no solo, 3,67 t de CO₂ deixam de ser liberados na atmosfera. Consequentemente, a perda de 1 Mg ha⁻¹ de C resulta na emissão de 3,67 Mg de CO₂ por ha (Okolo *et al.*, 2023; Guerrini *et al.*, 2024; Habte; Beyene; Smith, 2024).

Para mensurar a dinâmica do dióxido de carbono (CO₂) é importante conhecer o uso e cobertura da terra, o que possibilita avaliar o balanço do C entre o ecossistema e a atmosfera (Accioly *et al.*, 2017). No município de Serrolândia a cobertura vegetal predominante em 1985 era de Formação Savânica, classe que corresponde a vegetação de Caatinga do tipo Contato Savana-Estépica/Floresta Estacional (Figura 2). Isso demonstra que grande parte da cobertura vegetal ainda estava mantida e que não havia muitos indícios de intensa antropização no município.

Figura 2 – Uso e cobertura da terra no município de Serrolândia, Bahia, em 1985 e 2023



Fonte: IBGE (2022); MapBiomias (2024). Elaboração: as autoras.

Entre 1985 e 2023, a área de Formação Savânica sofreu uma perda de 6.526,18 ha, o que contabiliza uma redução em cerca de 47,47%. Em contrapartida, as áreas de Pastagem aumentaram de 29,57% para 69,90% da área total do município, um aumento de 136,36%. As áreas agrícolas, considerando as categorias de Outras Lavouras Temporárias e Mosaico de Agricultura e Pastagem, diminuíram de 19,85% para 5,40%. Esses dados indicam uma forte

conversão de áreas de vegetação natural e agrícolas em pastagens, como observado na Figura 2 e Tabela 1.

Tabela 1 – Uso e cobertura da terra no município de Serrolândia, Bahia

Classe	1985		2023	
ha.....	%ha.....	%
Formação Florestal	2.438,06	7,57	431,11	1,34
Formação Savânica	13.743,16	42,68	7.216,98	22,41
Formação Campestre	8,33	0,03	8,85	0,03
Pastagem	9.522,51	29,57	22.507,86	69,90
Mosaico de Agricultura e Pastagem	6.393,52	19,85	1.731,86	5,38
Área Urbana	42,17	0,13	280,91	0,87
Corpos D'Água	54,45	0,17	14,82	0,05
Outras Áreas Não Vegetadas	-	-	2,98	0,01
Outras Lavouras Temporárias	-	-	6,84	0,02
Total	32.202,20	100,00	32.202,20	100,00

Fonte: MapBiomas (2024). Elaboração: as autoras.

Essas mudanças no uso da terra contribuem para as mudanças climáticas, pois reduzem o estoque de C nos agroecossistemas, favorecendo assim a emissão de CO₂ na atmosfera (Medeiros *et al.*, 2021; IPCC, 2021). Conforme a Tabela 2, a conversão de caatinga em pastagem resultou na emissão de 67,97 t ha⁻¹ de CO₂ para a atmosfera, enquanto que a conversão da caatinga para agricultura emitiu 73,95 t ha⁻¹ de CO₂ para a atmosfera. Portanto, a emissão total da conversão de mata nativa para os agrossistemas foi de 141,92 t de CO₂ por ha, contribuindo para as alterações climáticas. O estoque original de C se transformou em CO₂ devido ao revolvimento do solo com práticas de manejo inadequadas, acelerando a decomposição da matéria orgânica (Campos, 2024).

Tabela 2 – Emissão de CO₂ e Redução de Estoque de Carbono (EC) em função da mudança de uso da terra no município de Serrolândia, Bahia

Alteração do uso e cobertura da terra	Redução de EC ¹	Emissão de CO ₂
t ha ⁻¹t ha ⁻¹
Caatinga/pastagem	18,52	67,97
Caatinga/agricultura	20,15	73,95
Total	38,67	141,92

Fonte: Campos (2024). ¹ Estoque de carbono.

De 1985 a 2021 foram perdidos 6.526,18 ha de caatinga no município. Considerando o estoque de C encontrado para essa área, foram emitidas 978.641,63 t de CO₂ ou 0,98 Mt para a atmosfera em função do desmatamento. Portanto, o município deixou de estocar 266.659,84 Mg de C orgânico ao longo de 38 anos devido ao desmatamento e à conversão do uso da terra. A perda de estoque de C orgânico no solo não se limita apenas à emissão de CO₂ para a atmosfera. Essa perda pode ocorrer também por lixiviação de C orgânico dissolvido, erosão e deposição de sedimentos, aspectos não abordados neste estudo.

Considerando a redução da área de mata nativa ao longo de 38 anos em função do desmatamento, foi estimado que a taxa de emissão de CO₂ foi de 25.753,73 t por ano. A recuperação dos estoques de C nessas áreas em relação à caatinga levaria cerca de 60 anos. Com base na similaridade dos valores de estoque de C no estudo de Araújo Filho *et al.* (2018), é possível afirmar que esse período seria aplicável para a recuperação de estoque de C nas áreas que antes eram de floresta nativa no município.

Como as coletas de solo do estudo de Campos (2024) ocorreram no período seco, os valores de estoque de C podem variar sazonalmente, o que sugere aferições em diferentes épocas do ano (Mendes *et al.*, 2020). Essa variação sazonal destaca a importância de compreender as diversas condições edáficas, climáticas, sazonais e vegetativas para entender o metabolismo do C na Caatinga e a importância da manutenção da vegetação quanto ao seu potencial de estocar C no solo.

Para reduzir as consequências do aquecimento global nas áreas de agropecuária, as atividades desenvolvidas devem ter como ponto de partida o manejo correto do solo, para garantir a absorção de C e a redução da emissão de CO₂. O manejo da vegetação e do solo deve ser realizado a partir do sistema de rotação de cultura, e nas áreas de pastagem deve-se efetuar o manejo correto do solo e da forrageira (Medeiros *et al.*, 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A alteração do uso da terra a partir da conversão de áreas nativas para áreas agrícolas reduziu significativamente os estoques de C, elevando as emissões de CO₂. De 1985 a 2021 foram perdidos 6.526,18 ha de Caatinga no município, o que contribuiu para a emissão de 0,98 megatoneladas de CO₂ para a atmosfera. Assim, o município deixou de estocar 266.659,84 Mg de C orgânico ao longo de 38 anos devido ao desmatamento e à conversão do uso da terra. Consequentemente, as reduções do estoque de C nos agrossistemas contribuem para as mudanças climáticas ao favorecer a emissão de gases de efeito estufa.

Portanto, sugere-se a adoção de políticas de proteção ambiental, disponibilidade de assistência técnica aos agricultores para adoção de práticas de manejo e uso adequado do solo, recomposição da vegetação nativa, bem como ações de educação ambiental junto à comunidade para reconhecimento dos serviços de regulação do clima do bioma Caatinga.

Palavras-chave: Dióxido de carbono, Uso da terra, Mudanças climáticas, Caatinga, Estoque de carbono.

AGRADECIMENTOS À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Programa de Pós-Graduação em Estudos Territoriais (PROET/UNEB).

REFERÊNCIAS

ACCIOLY, L. C. O. et al. **Mapeamento do Uso e Cobertura das Terras do Semiárido Pernambucano (escala 1:100.000)**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017.

AHIRWAL, I. et al. Changes in soil properties and carbon fluxes following afforestation and agriculture in tropical forest. **Ecological Indicators**, v. 123, 2021.

ARAÚJO FILHO, R. N. et al. Recovery of carbon stocks in deforested caatinga dry forest soils requires at least 60 years. **Forest Ecology and Management**, v. 407, p. 210-220, 2018.

CAMPOS, C. S.; OLIVEIRA, R. V. Uso e cobertura da terra no município de Serrolândia, BA: análise a partir dos sistemas ambientais. In: Antônio Carlos de Barros Corrêa; Daniel Rodrigues de Lira; Lucas Costa de Souza Cavalcanti; Osvaldo Girão da Silva; Ríclaudio Silva Santos. (Org.). **Mudanças ambientais e as transformações da paisagem no nordeste brasileiro**. 1 ed. Ananindeua: Editora Itacaiúnas, 2024, p. 1181-1199.

CAMPOS, C. S. Uso e cobertura da terra no município de Serrolândia, BA: implicações no estoque de carbono no solo em bioma de Caatinga. 2024. 152f. Dissertação (**Mestrado**). Programa de Pós-Graduação em Estudos Territoriais – PROET. Departamento de Ciências Exatas e da Terra I. Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Salvador, 2024.

FERREIRA FILHO, J. **Análise de tempos de amostragem para cálculos de fluxos em sistemas de covariância de vórtices turbulentos, para floresta de transição do sudoeste da Amazônia**. 2004. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2004.

GUERRINI, I. A. et al. Evaluating carbon stocks in soils of fragmented Brazilian Atlantic Forests (BAF) based on soil features and different methodologies. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, p. 10007, 2024.

HABTE, M.; BEYENE, S.; SMITH, J. U. The impact of household wealth on soil organic carbon and nitrogen stocks in enset (*Ensete ventricosum* (welw.) cheesman) based farming

systems in southern Ethiopia. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 16, p. 101180, 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Área territorial brasileira 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba/serrolandia.html>. Acesso em: 29 jul. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **BDIA - Banco de Dados e Informações Ambientais**. 2023. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/vegetacao>. Acesso em: 7 ago. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Divisão Territorial Brasileira - DTB 2021**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15778-divisao-territorial-brasileira.html>. Acesso em: 02 mar. 2023.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. Frequently Asked Questions, Chapter 5: Global Carbon and other Biogeochemical Cycles and Feedbacks. In: MASSON-DELMOTTE, V... (Eds.). **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2021. p. 5-1 - 5-44. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/faqs/IPCC_AR6_WGI_FAQ_Chapter_05.pdf. Acesso em: 01 ago. 2024.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)**. Geneva, Switzerland, 2019.

MEDEIROS, A. S. et al. Losses and gains of soil organic carbon in grasslands in the Brazilian semi-arid region. **Scientia Agricola**, v. 78, n. 3, p. e20190076, 2021.

MENDES, K. R. et al. Seasonal variation in net ecosystem CO₂ exchange of a Brazilian seasonally dry tropical forest. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1-16, 2020.

OKOLO, C. C. et al. Soil organic carbon, total nitrogen stocks and CO₂ emissions in top-and subsoils with contrasting management regimes in semi-arid environments. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 1117, 2023.

RIBEIRO, J. M. et al. Fertilidade do solo e estoques de carbono e nitrogênio sob sistemas agroflorestais no Cerrado Mineiro. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 2, p. 913–923, abr. 2019.