

Universidade do Estado do Pará
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais
Mestrado Acadêmico



Mayane Taissa Trindade Rodrigues

**MUDANÇAS NO USO DO SOLO, CONFORTO TÉRMICO E
ALCANCE DOS ODS 13 E 15 EM CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA
(PA)**

Belém
2026

Mayane Taissa Trindade Rodrigues

Mudanças no uso do solo, conforto térmico e alcance dos ODS 13 e 15 em Conceição do Araguaia (PA)

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de mestra em Ciências Ambientais no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Estado do Pará.

Orientador(a): Prof. Dr. Hélio Raymundo Ferreira Filho.

Coorientador: Prof. Dr. João de Athaydes Silva Júnior

Belém
2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP),
Biblioteca do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, UEPA, Belém - PA.

R696m Rodrigues, Mayane Taissa Trindade

Mudanças no uso do solo, conforto térmico e alcance dos ODS 13 e 15 em Conceição do Araguaia (PA). / Mayane Taissa Trindade Rodrigues; Orientador Hélio Raymundo Ferreira Filho; Coorientador João de Athaydes Silva Júnior. -- Belém, 2026.
58 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade do Estado do Pará, Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, Belém, 2026.

1. Solo - Fatores climáticos - Conceição do Araguaia (PA). 2. Cobertura dos solos - Análise - Conceição do Araguaia (PA). 3. Desmatamento - Mudanças climáticas - Conceição do Araguaia (PA). 4. Desenvolvimento sustentável - Conceição do Araguaia (PA). I. Ferreira Filho, Hélio Raymundo. II. Silva Júnior, João de Athaydes. III. Título.

CDD 333.13098115

Mayane Taissa Trindade Rodrigues

MUDANÇAS NO USO DO SOLO, CONFORTO TÉRMICO E ALCANCE DOS ODS 13 E 15 EM CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA (PA)

Dissertação apresentada como requisito para
obtenção do título de mestra em Ciências
Ambientais no Programa de Pós-Graduação em
Ciências Ambientais.
Universidade do Estado do Pará.

Data da aprovação: 07/01/2026

Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
 **HELIO RAYMUNDO FERREIRA FILHO**
Data: 10/02/2026 11:03:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

— Orientador(a)

Prof. Hélio Raymundo Ferreira Filho
Doutor em Ciências de Gestão
Universidade do Estado do Pará

Documento assinado digitalmente
 **GUSTAVO FRANCESCO DE MORAIS DIAS**
Data: 03/02/2026 08:52:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

— 1º Examinador

Prof. Gustavo Francesco de Moraes Dias
Doutor em Ciências Socioambientais
Universidade do Estado do Pará

Documento assinado digitalmente
 **EDGAR JOSE PEREIRA DIAS**
Data: 03/02/2026 09:37:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

— 2º Examinador

Prof. Edgar José Pereira Dias
Pós-Doutor em Administração
Universidade do Estado do Pará

Documento assinado digitalmente
 **CIRO JOSE JARDIM DE FIGUEIREDO**
Data: 09/02/2026 14:24:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

— 3º Examinador

Prof. Ciro José Jardim de Figueiredo
Doutor em Engenharia de Produção
Universidade Federal Rural do Semi-Árido

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, fonte de força e sabedoria, por me guiar durante esta jornada e permitir que eu chegasse até aqui. Sem Sua presença constante, nada disso seria possível.

Aos meus pais, que sempre acreditaram em mim, oferecendo o carinho e todo o suporte emocional que me deram segurança e apoio ao longo desta caminhada. Suas palavras de incentivo e amor foram essenciais para que eu superasse os desafios e mantivesse o foco nos meus objetivos. Sou profundamente grata por tudo que fizeram por mim.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Hélio Raymundo Ferreira Filho, com sua paciência, dedicação e conhecimento, que me guiou com sabedoria durante todas as etapas deste trabalho. Suas orientações e críticas construtivas foram fundamentais para o desenvolvimento desta dissertação, para o meu crescimento acadêmico e pessoal.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. João de Athaydes Silva Júnior que me estendeu a mão no momento o qual eu mais precisei de ajuda para persistir nesta jornada.

A todos os meus estimados colegas, que compartilharam dessa caminhada comigo no Curso de Mestrado de Ciências Ambientais, proporcionando momentos de apoio e troca de experiências, contribuindo de forma significativa para a conclusão deste trabalho.

MUDANÇAS NO USO DO SOLO, CONFORTO TÉRMICO E ALCANCE DOS ODS 13 E 15 EM CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA (PA)

RESUMO

No território brasileiro, todos os biomas sofreram perdas em sua cobertura florestal entre os anos de 2000 e 2018, totalizando aproximadamente 500 mil km². Especificamente, o bioma Amazônia apresentou a maior perda no período, com 269,8 mil km², o que corresponde a 8% de sua cobertura florestal original. Com isso, em 2018, sua área florestal representava 75,7% da extensão original. A perda de vegetação implica em aumento da radiação solar incidente sobre o solo, redução da umidade do ar e alteração do balanço de energia, fatores que contribuem para a elevação da temperatura média do ambiente. Neste contexto, a presente pesquisa teve como objetivo analisar o desmatamento e investigar a correlação entre os índices de desmatamento e o conforto térmico no município de Conceição do Araguaia, situado na região amazônica, com vistas ao cumprimento do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 13, que trata de ações voltadas às mudanças climáticas. A metodologia adotada baseou-se na utilização de dados secundários provenientes do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Para analisar e quantificar o grau de desmatamento, foi utilizado o software Qgis, versão 3.40 e a análise estatística foi realizada por meio do software R Studio, versão 4.1, com o intuito de investigar a relação entre a redução da cobertura vegetal e as variações na temperatura média do município ao longo do período analisado. Os resultados revelaram o aumento progressivo do desmatamento, avanço expansivo do pasto e uma correlação inversa moderada entre os índices de cobertura vegetal e as temperaturas médias registradas, indicando que a diminuição da vegetação está associada ao aumento progressivo da temperatura média local. Esses achados evidenciam os desafios enfrentados por Conceição do Araguaia para alcançar as metas estabelecidas pelo ODS 13, especialmente no que se refere à mitigação dos efeitos das mudanças climáticas. Dessa forma, os resultados reforçam a necessidade de ações voltadas à preservação e recuperação das áreas florestais como estratégia para promover a sustentabilidade ambiental e o equilíbrio térmico. A adoção de políticas públicas eficazes e a implementação de programas de reflorestamento são recomendadas como medidas essenciais para reverter o cenário identificado, contribuindo para a adaptação às mudanças climáticas e para o fortalecimento da resiliência ambiental do município.

Palavras-chave: Desmatamento; Conforto Térmico; Mudanças Climáticas.

LAND USE CHANGES, THERMAL COMFORT, AND THE ACHIEVEMENT OF SDGS 13 AND 15 IN CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA, PARÁ, BRAZIL

ABSTRACT

Between 2000 and 2018, all Brazilian biomes experienced losses in forest cover, totaling approximately 500,000 km². The Amazon biome registered the greatest loss, with 269,800 km²—equivalent to 8% of its original forest area—leaving only 75.7% of its original vegetation by 2018. Vegetation loss increases solar radiation on the soil surface, reduces air humidity, and alters the energy balance, contributing to higher average environmental temperatures. In this context, the present study aimed to analyze deforestation and examine the correlation between deforestation rates and thermal comfort in the municipality of Conceição do Araguaia, located in the Amazon region, in line with Sustainable Development Goal (SDG) 13, which addresses climate action. The methodology was based on secondary data from the National Institute of Meteorology (INMET) and the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). Deforestation was analyzed and quantified using QGIS software (version 3.40), while statistical analysis was performed using R Studio (version 4.1) to assess the relationship between vegetation loss and variations in the municipality's average temperature over the analyzed period. The results revealed a progressive increase in deforestation, expansion of pasture areas, and a moderate inverse correlation between vegetation cover and average temperature, indicating that vegetation loss is associated with a gradual rise in local temperature. These findings underscore the challenges faced by Conceição do Araguaia in achieving SDG 13, especially concerning the mitigation of climate change impacts. The results highlight the urgent need for forest preservation and restoration efforts as key strategies to foster environmental sustainability and thermal balance. The implementation of effective public policies and reforestation programs is recommended to reverse the identified trends, support climate change adaptation, and strengthen the municipality's environmental resilience.

Keywords: Deforestation; Thermal Comfort; Climate Change.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO (GERAL).....	11
REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL.....	15
ARTIGO 1: Mudanças no uso e cobertura da terra no município de Conceição do Araguaia (Aceito para publicação na RGSA)	18
RESUMO.....	19
ABSTRACT	19
RESUMEN	20
1 INTRODUÇÃO	20
2 METODOLOGIA.....	22
2.1 Área de Estudo	22
2.2 Coleta dos dados.....	23
2.3 Tratamento dos dados.....	24
2.4 Metodologia - Análise da Dinâmica do Uso e Cobertura do Solo através do software QGIS 3.40.....	24
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
REFERÊNCIAS.....	33
1 INTRODUÇÃO	40
2 MATERIAL E MÉTODOS	41
2.1 Área de estudo.....	41
2.2 Correlação da temperatura média e do desmatamento	44
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
REFERÊNCIAS.....	55
CONCLUSÕES GERAIS.....	57
ANEXO 1 - NORMAS GERAIS DA REVISTA DE GESTÃO SOCIAL E AMBIENTAL	58
ANEXO 2 – NORMAS GERAIS DA REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA FÍSICA)	58

INTRODUÇÃO (GERAL)

O desaparecimento das florestas a nível mundial é um processo que ocorre de forma gradativa nas últimas décadas, contribuindo para diversos problemas de ordem ambiental, como aquecimento global, extremos hídricos, perda de biodiversidade e alterações das funções ecossistêmicas que as florestas exercem no funcionamento da vida no planeta terra (Virga *et al.*, 2022). Nesse sentido, a ação que mais contribui para o desaparecimento das florestas tem sido o desmatamento para alguns tipos de uso da terra, principalmente relacionados a pecuária e a agricultura de subsistência (Almeida *et al.*, 2022).

A remoção da vegetação é realizada pelo corte direto, pela utilização de máquinas, geralmente agrícolas, e ainda por outros meios, como as queimadas. Assim, estas áreas podem ser utilizadas para a exploração dos recursos naturais e para a ocupação do solo, para desenvolver atividades como criação de gado ou agropecuária (Sousa *et al.*, 2023). Além disso, um problema ambiental agravado pelo desmatamento são as alterações no clima (Leon *et al.*, 2022).

A floresta Amazônica é uma floresta tropical situada na região norte da América do Sul. O Brasil é o país com maior cobertura vegetal do Bioma Amazônia neste continente, com 4,2 milhões km², que equivalem a mais de 60% deste Bioma. Neste, a chamada Amazônia Legal cobre nove Estados: Amazonas, Acre, Amapá, Mato Grosso, Maranhão, Pará, Roraima, Rondônia e Tocantins (Santos *et al.*, 2024).

Segundo Leal e Maniesi (2018), os processos de ocupação do Sudeste Paraense foram impulsionados pelas políticas de colonização, falta de assistência técnica e tem relação com o desflorestamento da região, que foram criados pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA. Nesse sentido, embora as ações voltadas para a reforma agrária e determinadas políticas públicas contribuam para o desmatamento, elas não devem ser consideradas as únicas responsáveis por esse processo de exploração florestal. Isso porque a colonização do Sudeste Paraense está historicamente ligada à prática do desmatamento como uma forma de afirmar a posse da terra por parte dos colonos (Arraz, 2022).

Assim, no intuito de monitorar os avanços do desmatamento, existem os chamados Sistemas de Informação Geográficas (SIG) que contribuem para fornecer informações detalhadas para se caracterizar os diferentes fenômenos ocorridos com as mudanças do uso e cobertura do solo (Rivera *et al.*, 2019).

O Projeto MapBiomass trata-se de um projeto idealizado em 2015 cujo desafio é mapear o uso e cobertura do solo do país de forma rápida e atualizada, e com baixo custo, o que foi possibilitado com a parceria técnica da empresa Google® que disponibilizou a base da plataforma do Google Earth Engine (Gonçalves; Ribeiro, 2021).

Diante da necessidade de resiliência do meio ambiente no cenário atual de impactos ambientais negativos e suas consequentes mudanças climáticas, as Organizações das Nações Unidas instituíram a “agenda 30”, composta por 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável e 169 metas (Nações Unidas, 2024). Nesse sentido, uma das metas fundamentais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis, é a meta 13: que busca indicar, propor medidas urgentes e implementar os compromissos assumidos pelos países desenvolvidos Partes na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas e atingir os objetivos de mobilizar várias fontes todos os anos a partir de 2020 para satisfazer as necessidades dos países em desenvolvimento o mais rapidamente possível (ODS, 2024).

Atualmente, a região Amazônica é alvo de um enorme risco climático através da sinergia entre ameaças naturais por conta do clima, e um fator importante são as ações antropogênicas, como os desmatamentos, a fragmentação da floresta e os constantes incêndios (Marengo *et al.*, 2018). A alta sensibilidade do clima regional amazônico, sob pressão da degradação florestal ocasiona o aumento do índice de desconforto térmico nos estados da região norte e em destaque na parte do arco do desmatamento para o município de Conceição do Araguaia. As projeções de meteorologia alertam sobre o estresse térmico no norte brasileiro e atribuem isto às questões de vulnerabilidade socio climática da região (Oliveira *et al.*, 2021).

A conversão de áreas florestais em pastagens, prática comum na expansão da pecuária extensiva, especialmente na Amazônia, expõe implicações significativas no microclima local (Coutinho *et al.*, 2025). A redução da umidade relativa do ar intensifica a sensação de calor, aumentando os índices de desconforto térmico, como o Índice de Calor (IC) (Lukić, 2019). Essa transformação resulta em alterações nos índices de conforto térmico, afetando de forma negativa tanto os animais quanto os seres humanos (Oliveira *et al.*, 2021).

Conceição do Araguaia, localizada no sudeste do estado do Pará, às margens do rio Araguaia, foi fundada em 14 de abril de 1897 e surgiu a partir de um

povoado formado por missionários e migrantes atraídos pelas oportunidades econômicas da região (IBGE, 2023; Prefeitura de Conceição do Araguaia, 2024). Atualmente, destaca-se pela economia agropecuária e pela intensa transformação territorial decorrente da expansão das atividades produtivas. Inserido no arco do desmatamento, o município tornou-se área estratégica para estudos sobre uso do solo, sustentabilidade e impactos ambientais (FAPESPA, 2024). A expansão da pecuária extensiva, a abertura de áreas agrícolas e a ocupação irregular de terras contribuíram para a redução significativa da vegetação nativa entre 1985 e 2020, intensificando a degradação ambiental e a perda de biodiversidade (Arraz *et al.*, 2022; Vale *et al.*, 2020).

O avanço do desmatamento em municípios amazônicos como Conceição do Araguaia (PA) contribui para alterações significativas no equilíbrio climático local, incluindo o aumento da temperatura média, redução da umidade e intensificação do desconforto térmico humano. Esse processo se assemelha ao que foi observado em cidades como Belgrado, capital da Sérvia, onde, segundo Pecelj *et al.* (2021), a urbanização e a perda de áreas verdes intensificam o estresse térmico, sobretudo nas regiões centrais. Nesse sentido, a eliminação da cobertura vegetal em Conceição do Araguaia compromete a regulação climática, favorecendo o aumento do desconforto térmico, além de impactar os regimes hidrológicos e a biodiversidade local. Assim, tanto em contextos europeus quanto amazônicos, a degradação ambiental, seja por urbanização descontrolada ou por desmatamento acelerado, revela impactos climáticos similares e preocupantes, exigindo maiores investigações a respeito do clima, aplicação de leis vigentes, políticas públicas de mitigação e adaptação urgentes.

Ao longo dos anos, a Organização das Nações Unidas (ONU) desenvolveu diversas estratégias e ações voltadas ao fortalecimento do desenvolvimento sustentável em escala global. Em 2015, durante reunião na sede da ONU em Nova York, chefes de Estado e altos representantes criaram a Agenda 2030, estabelecendo os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Essa iniciativa visa orientar as políticas econômicas, sociais e ambientais para as próximas gerações, colocando o meio ambiente no centro das decisões internacionais (Geraldo; Pinto, 2019).

Entre os objetivos propostos, destaca-se as Meta 13 e 15, que tratam da necessidade de ações urgentes para enfrentar as mudanças climáticas. Elas preveem

a implementação de compromissos assumidos pelos países desenvolvidos no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, além da mobilização anual de recursos financeiros para apoiar os países em desenvolvimento a partir de 2020 (ODS, 2024). No Brasil, essa meta reforça a importância do diálogo e da cooperação para reduzir os impactos ambientais e promover soluções sustentáveis (Casimiro; Jereissati, 2022).

A seleção do recorte temporal compreendido entre os anos de 1985 a 2023 fundamenta-se na disponibilidade de séries históricas consistentes e contínuas de dados ambientais e climáticos, especialmente oriundos de tecnologias de sensoriamento remoto e bases de dados reconhecidas nacional e internacionalmente, como as do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e do projeto MapBiomass. A partir de 1985, verifica-se uma melhoria significativa na qualidade e abrangência dos registros sobre cobertura do solo, índices de desmatamento, uso da terra e variáveis climáticas, permitindo, assim, uma análise robusta e comparativa ao longo do tempo (MapBiomass, 2025).

Diante do período analisado, foi possível avaliar com profundidade os impactos ambientais das atividades antrópicas, como a expansão do pasto e o desmatamento, bem como suas relações com o aumento das temperaturas e a alteração do conforto térmico. Tal análise torna-se ainda mais relevante no contexto atual, em que o Brasil se prepara para sediar a 30ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (COP 30), em 2025, evento que reforça a responsabilidade do país na liderança climática global (Nações Unidas, 2023).

Adicionalmente, o período analisado contribui para uma avaliação crítica dos avanços (ou retrocessos) em relação aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas, com ênfase na ODS 13 relacionada a ação contra a mudança global do clima (Nações Unidas, 2015).

Dentro deste contexto, a presente pesquisa buscou analisar criticamente os efeitos das mudanças no uso do solo e do desmatamento sobre o conforto térmico e o alcance das metas dos ODS 13 e 15 no município de Conceição do Araguaia, no período de 1985 a 2023. O estudo traz uma análise crítica a respeito do desenvolvimento sustentável, buscando analisar a relação entre a fragmentação da cobertura vegetal e a intensificação do desconforto térmico, sob a ótica da justiça socioambiental e dos serviços ecossistêmicos.

REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

ALMEIDA, A. S. D.; LAMEIRA, W. J. D. M.; PEREIRA, J. G.; THALÊS, M. C.; SALES, G. M. Potencial de pressão antrópica na região Nordeste Paraense, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 32, p. 1–18, 2022.

ALVES, L. M.; MARENGO, J. A.; FU, R.; BOMBARDI, R. J. Sensitivity of Amazon regional climate to deforestation. **American Journal of Climate Change**, v. 6, n. 1, p. 75–78, 2017.

ARRAZ, R. M. Ordenamento fundiário de Conceição do Araguaia – Pará: evolução do desmatamento no município e nas áreas de assentamentos rurais. **Research, Society and Development**, 2022.

ARRAZ, R. M. et al. Análise da dinâmica temporal do uso e ocupação do solo no município de Conceição do Araguaia-PA (1985–2020). **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, 2022.

CASIMIRO, L. M. S. M.; JEREISSATI, L. C. Smart cities e mudanças climáticas no Brasil: debates e tensões no âmbito da gestão urbana contemporânea. **A&C – Revista de Direito Administrativo & Constitucional**, v. 22, n. 88, p. 201–223, 2022.

COPERTINO, M.; PIEDADE, M. T. F.; VIEIRA, I. C. G.; BUSTAMANTE, M. Desmatamento, fogo e clima estão intimamente conectados na Amazônia. **Ciência e Cultura**, v. 71, n. 4, p. 4–5, 2019.

COUTINHO, E. R.; MADEIRA, J. G. F.; SILVA, R. M.; DELGADO, A. R. S.; COUTINHO, A. L. G. A. Genetic algorithms applied to optimize neural network training in reference evapotranspiration estimation. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 40, n. 1, p. 1–24, 2025.

FAPESPA – FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS. **Barômetro da Sustentabilidade: Conceição do Araguaia – BS 2022**. Belém: DIPEA, 2024.

GERALDO, G.; SOUZA, P. M. D. Percursos da Ciência da Informação e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030/ONU. **Revista ACB: Biblioteconomia em Santa Catarina**, v. 24, n. 2, p. 373–389, 2019.

GOLLNOW, F.; GOPEL, J.; HISSA, L. B. V.; SCHALDACH, R.; LAKES, T. Scenarios of land-use change in a deforestation corridor in the Brazilian Amazon: combining two scales of analysis. **Regional Environmental Change**, v. 18, p. 143–159, 2018.

GONÇALVES, V.; RIBEIRO, E. Obtenção de série histórica da evolução da classe floresta plantada a partir dos dados de uso e cobertura do solo da Coleção 5 do projeto MapBiomass. **Metodologias e Aprendizado**, v. 4, p. 99–105, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades: Conceição do Araguaia (PA)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados: Conceição do Araguaia (PA)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

LAWRENCE, D.; COE, M.; WALKER, W.; VERCHOT, L.; VANDECAR, K. The unseen effects of deforestation: biophysical effects on climate. **Frontiers in Forests and Global Change**, v. 5, p. 1–13, 2022.

LEAL, M.; MANIESI, V. Dinâmica de desflorestamento nos assentamentos extrativistas do município de Humaitá, Amazonas. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, n. 14, 2018.

LEMO, A. L. F.; SILVA, J. D. A. Desmatamento na Amazônia Legal: evolução, causas, monitoramento e possibilidades de mitigação através do Fundo Amazônia. **Floresta e Ambiente**, 2024.

LEON, M.; CORNEJO, G.; CALDERÓN, M.; GONZÁLEZ-CARRIÓN, E.; FLOREZ, H. Effect of deforestation on climate change: a co-integration and causality approach with time series. **Sustainability**, v. 14, n. 18, 2022.

LUKIĆ, M. An analysis of the influence of air temperature and humidity on outdoor thermal comfort in Belgrade (Serbia) using a simple heat index. **Archives for Technical Sciences**, v. 21, n. 2, p. 75–84, 2019.

MAPBIOMAS. **Coleção anual de mapas de cobertura e uso do solo do Brasil**. Disponível em: <https://mapbiomas.org>. Acesso em: 6 maio 2025.

MARENGO, J. A. et al. Changes in climate and land use over the Amazon region: current and future variability and trends. **Frontiers in Earth Science**, v. 6, 2018.

NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Brasília: ONU Brasil, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 6 maio 2025.

NOVAIS, G. T.; MACHADO, L. A. Os climas do Brasil: segundo a classificação climática de Novais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 32, p. 1–39, 2023.

ONU CLIMA. COP 30 será realizada no Brasil, em Belém do Pará, em 2025. 2023. Disponível em: <https://unfccc.int/news/cop30-no-brasil>. Acesso em: 6 maio 2025.

OLIVEIRA, B. F. A.; BOTTINO, M. J.; NOBRE, P.; NOBRE, C. A. Deforestation and climate change are projected to increase heat stress risk in the Brazilian Amazon. **Communications Earth & Environment**, v. 2, n. 1, p. 1–8, 2021.

PREFEITURA DE CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA. **História do município**. Conceição do Araguaia: Prefeitura Municipal, 2024. Disponível em: <https://conceicaodoaraguaia.pa.gov.br/o-municipio/historia/>. Acesso em: 6 maio 2025.

RIVERA, A. E. G.; SÁNCHEZ, B. L. M.; CHÁVEZ, E. S. A cartografia das paisagens com sistemas de informação geográfica como base para o diagnóstico geológico da bacia hidrográfica do rio Ariguanabo (Cuba). **Revista da ANPEGE**, 2019.

SOUSA, R. et al. Impacto da queima de vegetação do Cerrado sobre fungos habitantes do solo. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 2, p. 965–974, 2019.

ULLAH, S.; ALDOSSARY, A.; ULLAH, W.; AL-GHAMDI, S. G. Augmented human thermal discomfort in urban centers of the Arabian Peninsula. **Scientific Reports**, v. 14, p. 3974, 2024.

VALE, J. R. B. et al. Análise multitemporal do uso e cobertura da terra do município de Conceição do Araguaia-Pará através do Google Earth Engine. **Revista Cerrados**, v. 18, n. 2, p. 297–318, 2020.

VIRGA, T.; NEVES, B. C. Infraestrutura de transportes e o papel brasileiro na Amazônia sul-americana: governar, integrar, preservar. **Revista Tempo do Mundo**, n. 30, p. 163–200, 2022.

ARTIGO 1: Mudanças no uso e cobertura da terra no município de Conceição do Araguaia (Aceito para publicação na RGSA)**Mayane Taissa Trindade Rodrigues**ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2671-0759>

Universidade do Estado do Pará, Brasil

E-mail: mayanetaissa@gmail.com**Hélio Raymundo Ferreira Filho**ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4802-9166>

Universidade do Estado do Pará, Brasil

E-mail: helio.ferreira@uepa.br**João de Athaydes Silva Júnior**ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7012-4381>

Universidade Federal do Pará

E-mail: athaydes@ufpa.br

RESUMO

Objetivo: Este estudo investiga o desmatamento no município de Conceição do Araguaia (PA), na região amazônica, com o propósito de quantificar sua evolução, compreender suas dinâmicas e relacioná-las aos impactos ambientais locais, em alinhamento ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 15.

Referencial Teórico: A pesquisa fundamenta-se em estudos sobre perda de cobertura florestal nos biomas brasileiros, especialmente na Amazônia, destacando relações entre desmatamento, balanço de energia, redução da umidade, aumento da temperatura média e expansão agropecuária. Esses conceitos oferecem suporte para interpretar as transformações ambientais observadas.

Método: A metodologia utiliza abordagem quantitativa e geoespacial baseada em dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As mudanças no uso da terra entre os anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2023, foram analisadas no software QGIS (versão 3.40), por meio da matriz de transição. A dinâmica do desmatamento foi representada visualmente por diagramas de Sankey, permitindo identificar fluxos de conversão da vegetação.

Resultados e Discussão: Os resultados revelaram aumento do desmatamento e expansão de pastagens. A discussão evidencia que a redução da cobertura vegetal intensifica a radiação solar incidente, diminui a umidade do ar e altera o balanço energético, contribuindo para a modificação do ecossistema local. Limitações relacionadas à precisão temporal dos dados também foram consideradas.

Implicações da Pesquisa: Os achados reforçam a necessidade de políticas públicas, práticas de reflorestamento e estratégias de governança ambiental direcionadas à mitigação das mudanças climáticas e à conservação do território.

Originalidade/Valor: A pesquisa se destaca pela aplicação integrada de matriz de transição e diagramas de Sankey em escala municipal, oferecendo contribuição metodológica e suporte para ações de planejamento ambiental na Amazônia.

Palavras-chave: Geotecnologias, Uso e Cobertura do Solo, Desmatamento, Matriz de Transição.

LAND USE AND LAND COVER CHANGES IN CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA

ABSTRACT

Objective: This study investigates deforestation in the municipality of Conceição do Araguaia (PA), in the Amazon region, with the purpose of quantifying its evolution, understanding its dynamics, and relating them to local environmental impacts, in alignment with Sustainable Development Goal (SDG) 15.

Theoretical Framework: The research is grounded in studies on forest cover loss in Brazilian biomes, especially in the Amazon, highlighting relationships between deforestation, energy balance, reduced humidity, increased average temperature, and agricultural expansion. These concepts provide support for interpreting the observed environmental transformations.

Method: The methodology adopts a quantitative and geospatial approach based on data from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). Land-use changes for the years 1985, 1995, 2005, 2015, and 2023 were analyzed using QGIS software (version 3.40), through a transition matrix. The dynamics of deforestation were visually represented using Sankey diagrams, allowing the identification of vegetation conversion flows.

Results and Discussion: The results revealed an increase in deforestation and expansion of pasture areas. The discussion shows that the reduction in vegetation cover intensifies incident solar radiation, decreases air humidity, and alters the energy balance, contributing to the modification of the local ecosystem. Limitations related to the temporal precision of the data were also considered.

Research Implications: The findings reinforce the need for public policies, reforestation practices, and environmental governance strategies aimed at mitigating climate change and conserving the territory.

Originality/Value: This research stands out for its integrated use of transition matrices and Sankey diagrams at the municipal scale, offering methodological contributions and supporting environmental planning actions in the Amazon.

Keywords: Geotechnologies, Land Use and Land Cover, Deforestation, Transition Matrix.

CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO Y LA CUBIERTA DE TIERRAS EN CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA

RESUMEN

Objetivo: Este estudio investiga la deforestación en el municipio de Conceição do Araguaia (PA), en la región amazónica, con el propósito de cuantificar su evolución, comprender sus dinámicas y relacionarlas con los impactos ambientales locales, en alineación con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 15.

Marco Teórico: La investigación se fundamenta en estudios sobre la pérdida de cobertura forestal en los biomas brasileños, especialmente en la Amazonía, destacando las relaciones entre deforestación, balance de energía, reducción de la humedad, aumento de la temperatura media y expansión agropecuaria. Estos conceptos proporcionan apoyo para interpretar las transformaciones ambientales observadas.

Método: La metodología adopta un enfoque cuantitativo y geoespacial basado en datos del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE). Los cambios en el uso del suelo para los años 1985, 1995, 2005, 2015 y 2023 fueron analizados mediante el software QGIS (versión 3.40), utilizando una matriz de transición. La dinámica de la deforestación fue representada visualmente mediante diagramas de Sankey, lo que permitió identificar los flujos de conversión de la vegetación.

Resultados y Discusión: Los resultados revelaron un aumento de la deforestación y una expansión de las áreas de pastizales. La discusión demuestra que la reducción de la cobertura vegetal intensifica la radiación solar incidente, disminuye la humedad del aire y altera el balance energético, contribuyendo a la modificación del ecosistema local. También se consideraron las limitaciones relacionadas con la precisión temporal de los datos.

Implicaciones de la investigación: Los hallazgos refuerzan la necesidad de políticas públicas, prácticas de reforestación y estrategias de gobernanza ambiental dirigidas a la mitigación del cambio climático y a la conservación del territorio.

Originalidad/Valor: Esta investigación se destaca por la aplicación integrada de matrices de transición y diagramas de Sankey a escala municipal, ofreciendo una contribución metodológica y apoyando acciones de planificación ambiental en la Amazonía.

Palabras clave: Geotecnologías, Uso y Cobertura del Suelo, Deforestación, Matriz de Transición.

1. INTRODUÇÃO

No âmbito dos estados brasileiros, todos os biomas tiveram perdas em sua cobertura florestal, no período de 2000 a 2018, totalizando cerca de 500 mil km². Especificamente, o bioma Amazônia, nesse período, foi o que apresentou maior perda, de 269,8 mil km², correspondendo a 8% de sua cobertura florestal, colaborando para que em 2018 sua área florestal representasse 75,7% de sua área original (IBGE, 2018).

A classe de vegetação florestal deu lugar, sobretudo, a áreas de pastagem com manejo (50,2%), que passaram de 248.794 km² em 2000 para 426.424 km² em 2018, um crescimento de 71,4%, e de mosaico de ocupações, que representou 31% das conversões observadas,

evidenciando uma fragmentação da paisagem na região. Em relação à área agrícola, o crescimento foi de 17.073 km² em 2000 para 66.350 km² em 2018, o que representou 288,6% de aumento (IBGE, 2018), um exemplo da expansão da pastagem para a agropecuária é na área destacada como o arco do desmatamento a qual abrange estados da região norte e um dos municípios afetados é Conceição do Araguaia, localizado no sudeste do estado do Pará.

A perda da vegetação decorrente do desmatamento expõe o solo a maior incidência da radiação solar elevando a temperatura e reduzindo a umidade de uma região. Essas mudanças dos fatores abióticos, como temperatura, modificam a umidade, matéria orgânica e a estrutura do solo, causando mudanças na dinâmica populacional da microbiota do solo, principalmente nas camadas superficiais, como na rizosfera (Sousa *et al.*, 2019; Lopes *et al.*, 2021). Além disso, a redução do índice de área foliar e da profundidade das raízes faz com que uma menor quantidade de vapor d'água seja reciclada e disponibilizada na atmosfera, limitando assim o mecanismo de retroalimentação do ciclo hidrológico da área afetada (Amorin *et al.*, 2019).

Os estudos de Vieira *et al.* (2008) e Franco *et al.* (2019) indicam que o desmatamento provoca significativas perdas e desperdícios de recursos naturais, devido a vulnerabilidade das áreas de pastagem e a exposição do solo. Além disso, estimativas apontam que a redução populacional de aves e primatas supera em mais de dez vezes o número de animais traficados ilegalmente no mundo em um único ano. Esses dados evidenciam que os impactos das atividades antrópicas vão além da perda de biodiversidade, afetando também o equilíbrio climático e o funcionamento dos ecossistemas locais.

Localizado no chamado “arco do desmatamento”, o município de Conceição do Araguaia apresenta índices significativos de perda de cobertura florestal, o que compromete a integridade ecológica e o equilíbrio dos serviços ecossistêmicos locais (Armenteras *et al.*, 2023; Morton *et al.*, 2006; Domingues *et al.*, 2020). Assim, ao utilizar ferramentas como matriz de transição e geotecnologias aplicadas, o estudo fornece subsídios importantes para a formulação de políticas públicas e estratégias de gestão ambiental que promovam a conservação, a recuperação de áreas degradadas e o uso sustentável do território para o alcance do ODS 15.

A pesquisa está alinhada ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 15 da Agenda 2030, que trata da gestão sustentável dos ecossistemas terrestres. Além disso, os resultados oferecem uma base sólida para estudos futuros, incluindo cenários prospectivos de uso da terra e avaliação de estratégias de mitigação ambiental em áreas críticas da Amazônia.

Diante disso, o presente estudo, buscou ao quantificar o desmatamento e analisar as transformações no uso e cobertura do solo no município de Conceição do Araguaia (PA) entre

1985 e 2023, período que se justifica pela disponibilidade de dados históricos consistentes sobre uso e cobertura do solo, especialmente por meio de plataformas como o MapBiomas, que oferece séries temporais contínuas desde 1985. Esse recorte temporal permite compreender de forma ampla e aprofundada a dinâmica das transformações ambientais no município de Conceição do Araguaia, possibilitando a identificação de tendências, picos de desmatamento, expansão do pastoreio e fragmentação da paisagem. O avanço do desmatamento está diretamente alinhado com a Meta 15. da Agenda 2030 da ONU, que estabelece o compromisso de assegurar a conservação, recuperação e uso sustentável de ecossistemas terrestres até 2030 (ONU, 2015).

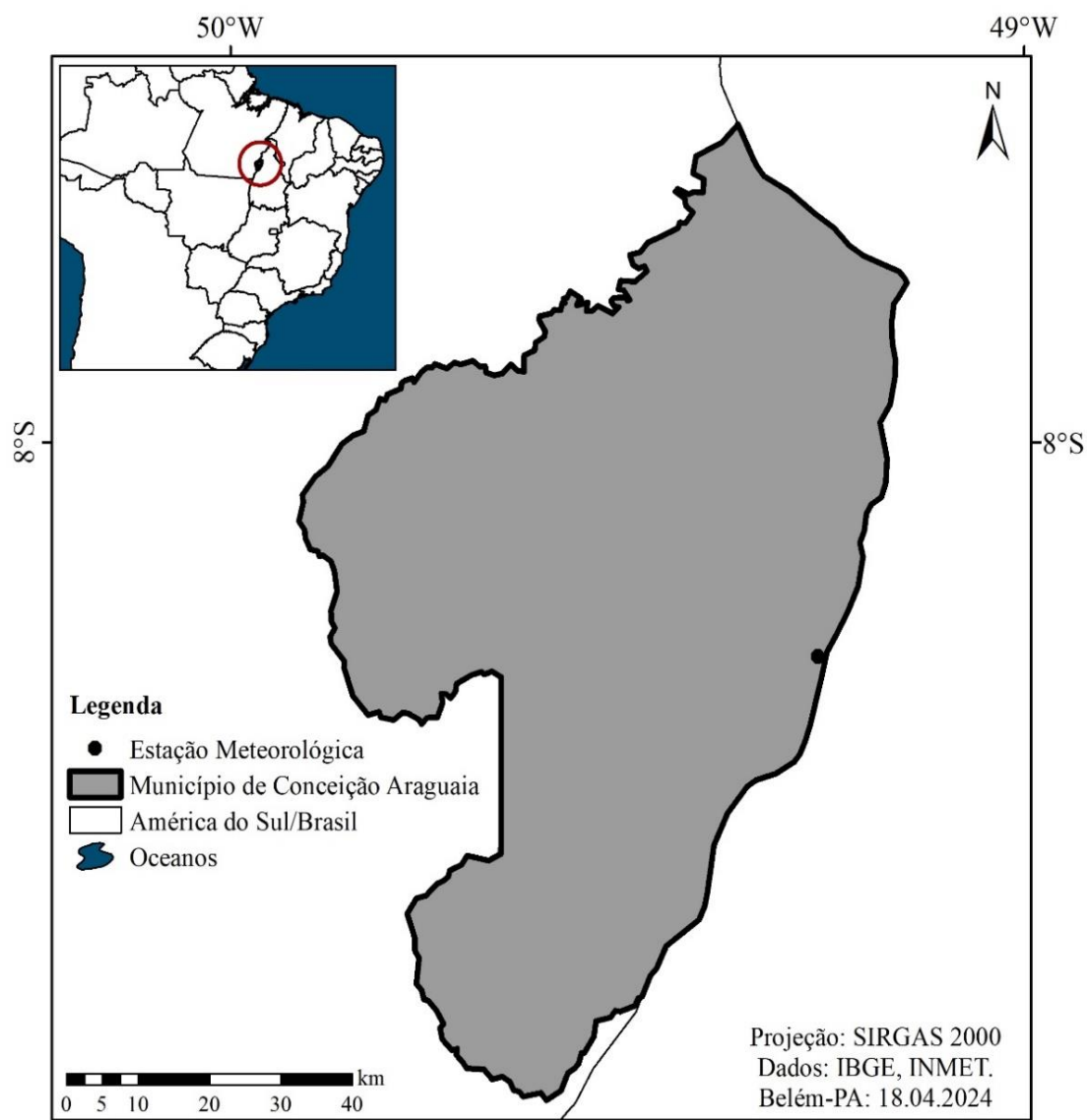
2 METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

A área de estudo é o município de Conceição do Araguaia, localizado no Sudeste paraense (Amazônia Oriental) e abrange um território de 5.829,482 km², faz fronteira com o Estado do Tocantins e limita-se, dentro do Pará, com os municípios de Floresta do Araguaia, Santa Maria das Barreiras e Redenção. Localiza-se à margem esquerda do rio Araguaia e suas principais vias de acesso terrestre são as rodovias estaduais PA-287, PA-327 e PA-449 (IBGE, 2024).

Nos aspectos ambientais, a superfície terrestre do município de Conceição do Araguaia está inserida no bioma amazônico, o que confere elevada diversidade ambiental e sensibilidade às dinâmicas de uso do solo e é marcada pela intensa atividade antrópica, região conhecida pelo arco do desmatamento (Amorin e Homma, 2022).

Figura 1. Localização da área de estudo: município de Conceição do Araguaia-PA



2.2 Coleta dos dados

Utilizou-se a coleção 9 do uso e cobertura do solo desenvolvido pelo Projeto MapBiomias (2024) para mapeamento e detecção do desmatamento no município de Conceição do Araguaia. Este produto é baseado nas imagens do satélite Landsat com resolução espacial de 30 m e série temporal de 38 anos (1985-2023) para todo território brasileiro (Projeto MapBiomias, 2024). Obteve-se tais dados de forma gratuita por meio da plataforma virtual Google Earth Engine (GEE). Os dados coletados são espacializados e no formato raster, o que favorece a manipulação em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Foram selecionadas dez classes, com base em sua relevância e predominância dos impactos observados na região de estudo, identificam-se as seguintes classes de uso e cobertura da terra: floresta; vegetação herbácea e arbustiva; pastagem; agricultura; silvicultura; mosaico de usos; área urbanizada; mineração; outras áreas não vegetadas; e corpos d'água.

2.3 Tratamento dos dados

Primeiramente, seguiu-se a metodologia proposta por Souza Junior (2020) na qual insere-se os dados de uso e cobertura do solo no software Qgis, versão 3.40, onde foi analisado o recorte baseado nos limites geográficos do município de Conceição do Araguaia. Em seguida, foi estabelecida a classificação das formas de uso e cobertura do solo, bem como o mapeamento desta variável ambiental no período de 1985 e 2023, para observar as mudanças da paisagem através do desmatamento. As áreas (km²) das respectivas classes naturais e antrópicas foram calculadas na ferramenta raster calculator para quantificar o grau de desmatamento e alterações nos usos e cobertura do solo da área objeto da pesquisa.

2.4 Metodologia - Análise da Dinâmica do Uso e Cobertura do Solo através do software QGIS 3.40

A análise da dinâmica do uso e cobertura do solo foi realizada utilizando imagens de séries temporais provenientes da plataforma MapBiomas tomando como referência os anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2023. A tabulação e o processamento dos dados coletados foram realizados através do software QGIS 3.40, utilizando-se ferramentas, complementadas por plugins especializados e operações no Processing Toolbox.

Inicialmente, os arquivos raster foram importados do plugin disponível no software QGIS e pré-processados para garantir a comparabilidade espacial, ou seja, padronizá-los em um único sistema de referência espacial, garantindo o alinhamento correto, para que sejam comparados diretamente. Cada raster foi reprojetado para um sistema de referência espacial comum utilizando a ferramenta Reprojetar Camada, GDAL Warp (reproject), disponível no QGIS. Além disso, as imagens foram recortadas para a mesma extensão geográfica, garantindo um alinhamento adequado entre as medidas em análise, para as avaliações subsequentes.

Posteriormente, foram geradas as matrizes de transição, quantificando as mudanças verificadas entre cada par de anos consecutivos. Essa análise foi conduzida por meio da ferramenta Raster Calculator, disponível no software QGIS, onde os rasters registrados em diferentes anos foram subtraídos pixel a pixel para identificar as mudanças de classe ao longo do período analisado. O resultado dessa operação foi uma série de rasters representando a transição de categorias de uso do solo entre os períodos analisados.

Para elaborar as estatísticas relativas às transições registradas, os rasters de mudança foram convertidos para tabelas utilizando a ferramenta disponível no software QGIS, Zonal Statistics, que permite a obtenção do número de pixels convertidos entre as diferentes classes.

As tabelas resultantes foram organizadas para compor a matriz de transição, que representa quantitativamente a conversão do uso do solo entre os anos avaliados.

Além da matriz de transição numérica, também foram calculadas as taxas percentuais de conversão, normalizando as contagens de transição em relação ao total de pixels de cada classe de origem. Essa análise foi realizada por meio de expressões com uso do recurso Field Calculator, disponível no QGIS, dentro da tabela de atributos gerada.

Os resultados foram visualizados de duas formas principais:

- Criação de Heatmaps de transição, recurso disponibilizado pelo software QGIS capaz de gerar os mapas de transição e a ferramenta Symbolology Graduated, também disponibilizada como recurso do Software QGIS, que aplica uma escala de cores para destacar as áreas de maior e menor mudança.
- Criação do Diagrama de Sankey, foi realizado ferramenta virtual, disponível no site www.sankeymatic.com, utilizando os dados da matriz de transição que anteriormente foram exportados para o software MS Excel, versão 2010, no formato .csv e posteriormente processados no software externo SankeyMATIC para representação gráfica interativa dos fluxos de conversão entre as classes.
- Para possibilitar a replicabilidade da análise, todas as tabelas e estatísticas espaciais foram geradas e exportadas em formato .csv, permitindo a integração com outros softwares de análise de dados. Adicionalmente, foram calculadas as métricas espaciais: fragmentação da paisagem, tamanho médio dos fragmentos, índice de diversidade de Shannon e a mudança na dominância das classes, através do plugin LecoS (Landscape Ecology Statistics), disponível no software QGIS e as ferramentas de análise de paisagem GRASS GIS também disponíveis no QGIS.

Essa abordagem, conduzida através do software QGIS 3.40 permitiu uma análise detalhada e visualmente interpretável da evolução do uso e cobertura do solo ao longo do período estudado, garantindo um fluxo de trabalho reprodutível e acessível para aplicações em monitoramento ambiental e planejamento territorial.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta a análise temporal nos últimos 38 anos no município de Conceição do Araguaia com total de 10 classes: floresta, vegetação herbácea, pastagem, agricultura, silvicultura, mosaico de usos, área urbanizada, mineração, outras áreas não vegetadas, corpos d'água, que foram selecionadas de acordo com o maior impacto observado na região.

Tabela 1 - Quantificação das áreas das classes de uso e cobertura do solo no município de Conceição do Araguaia, Pará.

CLASSE	1985		2023	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Floresta	4215.00	72.32	1429.96	24.53
Vegetação Herbácea e Arbustiva	472.49	8.11	243.53	4.18
Pastagem	758.66	13.02	3817.60	65.50
Agricultura	0.00	0.00	93.77	1.61
Silvicultura	0.00	0.00	0.10	0.00
Mosaico de Usos	217.80	3.74	77.27	1.33
Área Urbanizada	8.85	0.15	12.79	0.22
Mineração	0.00	0.00	0.80	0.01
Outras Áreas não Vegetadas	6.79	0.12	11.38	0.20
Corpos D'água	148.91	2.55	141.29	2.42

A análise da evolução do uso e cobertura do solo entre os anos de 1985 e 2023 evidencia mudanças significativas na paisagem, com destaque para a forte redução da cobertura florestal e a expressiva expansão das áreas de pastagem. Esses dados refletem não apenas dinâmicas locais, mas também tendências mais amplas observadas em várias regiões do Brasil, relacionadas principalmente à pressão por terras para a produção agropecuária. Gomes *et. al* (2020), em seu estudo sobre uso e cobertura do solo no município de Cuiabá no Estado do Maranhão, também apontou a expansão do pasto, assim como no município de Conceição do Araguaia. Tal cenário possui implicações diretas no alcance do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 13, que visa combater a mudança global do clima e seus impactos.

Dessa forma, as transformações no uso da terra revelam uma contradição entre o modelo atual de desenvolvimento agropecuário e os compromissos internacionais voltados à sustentabilidade climática, tornando urgente a adoção de políticas públicas que promovam a conservação ambiental, o uso sustentável do solo e a recuperação de áreas degradadas.

Segundo Trigueiro *et al.* (2020), no Brasil especialmente nas regiões do Cerrado e do Bioma Amazônico, os principais vetores do desmatamento estão diretamente relacionados à expansão das atividades agropecuárias. Os resultados indicam que essas práticas têm promovido a substituição da vegetação nativa por áreas destinadas à agricultura e à pecuária,

comprometendo a diversidade biológica e os processos ecológicos essenciais à manutenção dos ecossistemas. De forma complementar, Kija *et al.* (2020) destacam que a remoção da cobertura vegetal impacta negativamente tanto a estrutura quanto as funções ecológicas da floresta, reduzindo a disponibilidade de habitat, dificultando os processos reprodutivos da fauna e contribuindo para a fragmentação das paisagens naturais.

Em 1985, a classe “Floresta” ocupava 72,32% da área total analisada, o que correspondia a aproximadamente 4.215 km². Contudo, até o ano de 2023, essa cobertura foi reduzida para 24,53% (1.429,96 km²), representando uma perda de cerca de 2.785 km² ou aproximadamente 66% da vegetação florestal original. Essa transformação reflete um processo intenso e contínuo de desmatamento, possivelmente associado à expansão da fronteira agropecuária, ao uso intensivo do solo e à ausência de políticas públicas eficazes de conservação e recuperação ambiental ao longo das últimas décadas (MapBiomas, 2024).

De acordo com Miranda *et al.* (2020), no município de São Félix do Xingu a supressão das formações florestais está diretamente relacionada à utilização do solo para a extração de matéria-prima, bem como para fins agropecuários. Nesse contexto, em Conceição do Araguaia observa-se um crescimento significativo da classe “Pastagem”, cuja área aumentou de 758,66 km² (13,02%) para 3.817,60 km² (65,50%), representando uma elevação superior a 400. Esse crescimento está possivelmente associado a sistemas produtivos caracterizados por baixos índices de produtividade e elevada demanda por área, os quais contribuem substancialmente para os processos de degradação ambiental (Mendes *et al.*, 2024; Mascarenhas *et al.*, 2009).

As áreas de Vegetação Herbácea e Arbustiva, também apresentaram redução, caindo de 472,49 km² (8,11%) para 243,53 km² (4,18%). Essa diminuição pode estar relacionada à conversão dessas formações em áreas de pastagem ou agricultura, ou ainda a processos de degradação ambiental que resultam em perda de cobertura vegetal. No presente estudo, observa-se que, na década de 1980, não havia registros sobre áreas agrícolas no município de Conceição do Araguaia–PA, conforme os dados do MapBiomas (2024). No entanto, em 2023, por meio da análise de uso e cobertura do solo com o apoio de geotecnologias, como o Raster Calculator, foi possível identificar a presença de uma área ocupada por atividades agrícolas de aproximadamente 93,77 km², conforme demonstrado na Tabela 1.

Embora menos representativas em termos absolutos, observa-se o surgimento de áreas de silvicultura (0,10 km²) e a leve expansão de áreas urbanizadas (de 0,15% para 0,22%) e de mineração (0,01%). Esses processos de transformação são coerentes com as tendências observadas em outras regiões brasileiras, onde o avanço da urbanização e da atividade

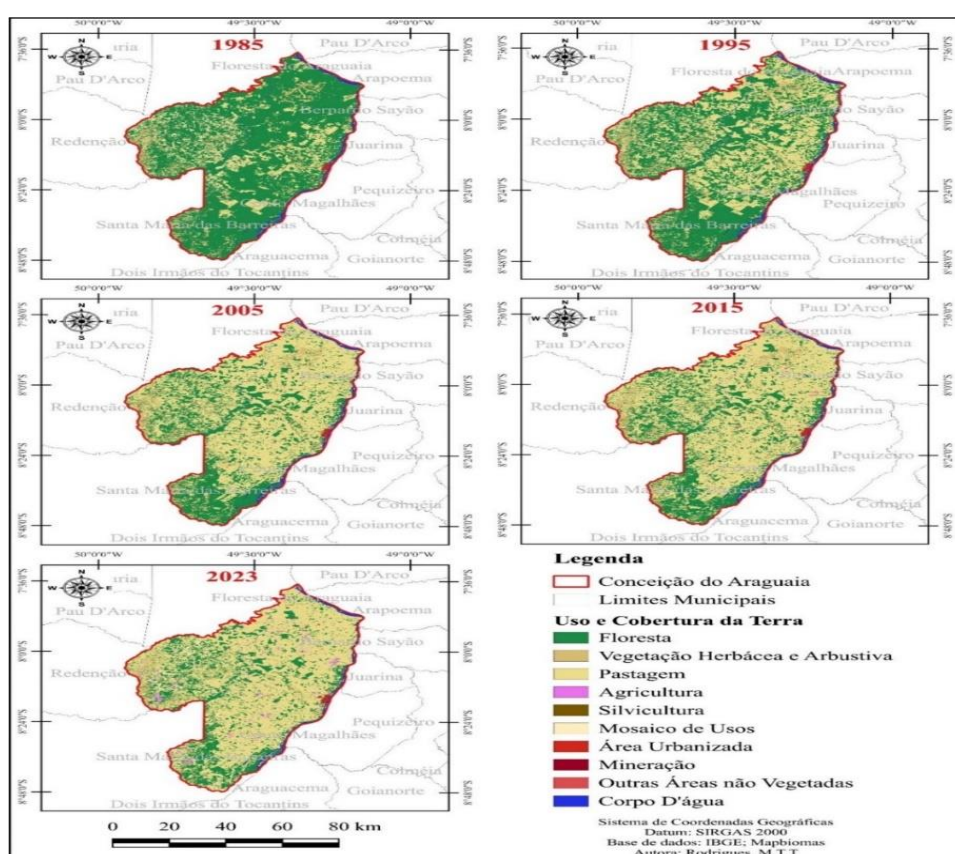
econômica vem promovendo a substituição de áreas multifuncionais e a homogeneização da paisagem (Lima *et al.*, 2023). De acordo com o estudo realizado na Amazônia e em regiões de transição, como o Cerrado, a intensificação do uso do solo está diretamente associada à perda de diversidade funcional e paisagística (Santos *et al.*, 2024).

Já a classe “Mosaico de Usos” apresentou uma redução significativa, passando de 3,74% para 1,33%, o que pode indicar um processo de homogeneização da paisagem e a consequente perda de áreas multifuncionais, comumente encontradas em zonas de transição ecológica. Esse padrão tem sido identificado em diversas bacias hidrográficas brasileiras, onde a fragmentação e a simplificação do uso do solo comprometem diretamente a provisão e a manutenção de serviços ecossistêmicos essenciais (Escada *et al.*, 2023).

Por outro lado, a categoria “Corpo D’água” manteve-se relativamente estável ao longo do período analisado, sugerindo uma baixa interferência antrópica sobre os recursos hídricos superficiais. Essa estabilidade pode estar associada ao papel protetor desempenhado por áreas ripárias remanescentes, que, mesmo diante da intensificação do uso do solo, ainda oferecem um certo grau de resiliência ambiental. Esse fator é destacado por Campos e Barcarolli (2023), que, ao analisarem a qualidade da água em sistemas lóticos no Sul do Brasil, observaram a relevância dessas áreas na mitigação dos impactos sobre os corpos hídricos.

A Figura 2, que apresenta um mapa comparativo das transformações no município de Conceição do Araguaia, reforça os dados discutidos anteriormente.

Figura 2. Espacialização das classes de uso e cobertura da terra na área de estudo em (1985, 1995, 2005, 2015 e 2023): Conceição do Araguaia.



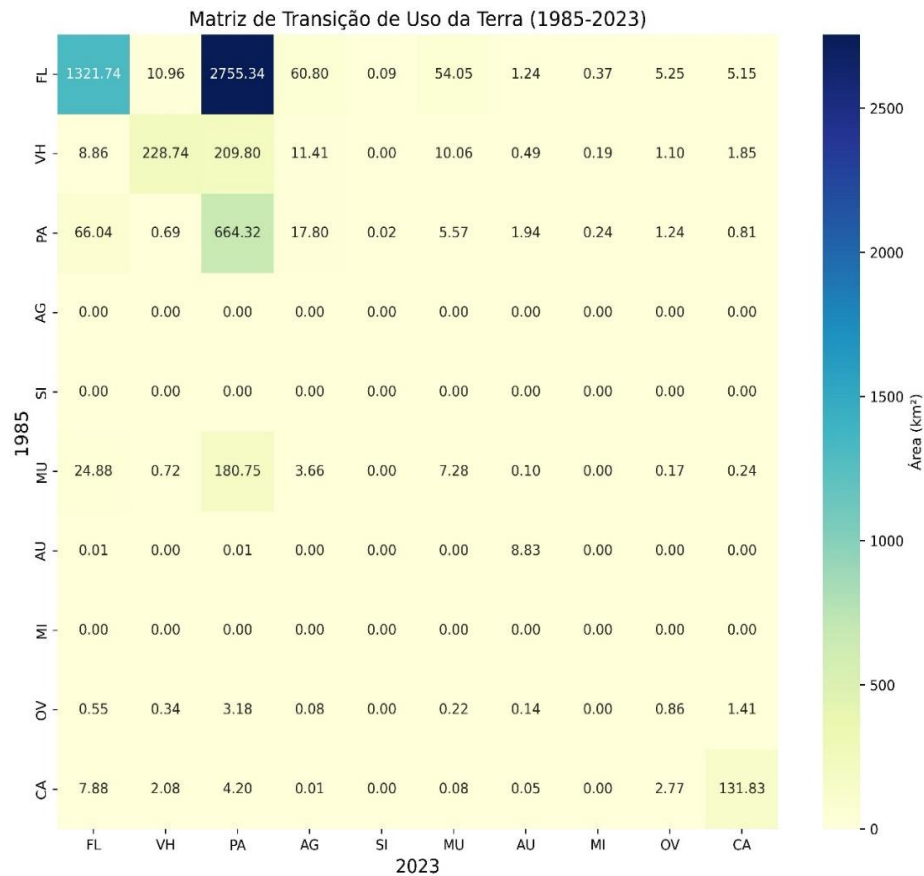
Essas transformações, evidenciadas na Figura 2, têm implicações ambientais significativas. A substituição da vegetação nativa por pastagens resulta na perda de biodiversidade e na redução da oferta de serviços ecossistêmicos essenciais, como a regulação do clima, do ciclo hidrológico e da qualidade do ar, além de contribuir para o aumento das emissões de gases de efeito estufa (IPAM, 2024). Ademais, essa mudança no uso do solo gera impactos diretos sobre suas propriedades físicas e químicas, incluindo o aumento da compactação, da erosão e da perda de fertilidade, sobretudo em sistemas produtivos extensivos e mal manejados (Xavier *et al.*, 2021).

Nunes *et al.* (2020), em estudo realizado na Floresta Nacional do Tapajós, nas proximidades do município de Belterra, no oeste do estado do Pará, demonstraram que a conversão de áreas florestais em pastagens altera significativamente a labilidade do fósforo, reduz a qualidade e a funcionalidade do solo e proporciona ganhos mínimos de nutrientes em curto e médio prazos. Esse processo de transformação ocorre, principalmente, por meio de práticas como o corte e a queima da vegetação, que comprometem a sustentabilidade do uso do solo e geram perdas irreversíveis em termos de equilíbrio ecológico e ciclagem de nutrientes. Tais alterações afetam diretamente a capacidade do solo em sustentar a produtividade agrícola ao longo do tempo, tornando os sistemas produtivos mais vulneráveis à degradação.

Logo, o presente estudo identificou evidências semelhantes quanto à degradação do solo resultante da conversão florestal para pastagens, com destaque para o aumento da exposição do solo, a intensificação do escoamento superficial, o crescimento dos riscos de erosão e lixiviação, além da amplificação dos impactos ambientais negativos sobre o ecossistema (Nascimento *et al.*, 2024). Esses resultados reforçam a importância de práticas conservacionistas e do manejo sustentável do solo como estratégias fundamentais para mitigar os efeitos negativos da conversão do uso da terra.

A figura 3 apresenta evidências de uma alteração significativa no uso e ocupação da terra entre os anos de 1985 e 2023, com ênfase na conversão de áreas florestais em pastagens e outros usos antrópicos.

Figura 3- Matriz de transição das áreas (ha) das classes de uso e cobertura da terra entre os anos de 1985-2023 no município de Conceição do Araguaia, Pará. Abreviações: Floresta (FL); Vegetação Herbácea e Arbustiva (VH); Pastagem (PA); Agricultura (AG); Silvicultura (SI); Mosaico de Usos (MU); Área Urbanizada (AU); Mineração (MI); Outras Áreas não Vegetadas (OV); Corpos D'água (CA).



Na análise de transição (Figura 3) do ano de 1985 para o ano 2023, onde as linhas apresentam os valores, em hectares, do ano de 1985 e as colunas para o ano de 2023, destaca-se a perda da classe floresta, na ordem de 2755.34 km² para as áreas de pastagem, e mosaicos de usos com 54.05 km². Essa dinâmica reflete a tendência regional amplamente observada de substituição da vegetação nativa por atividades agropecuárias, especialmente por implantação de pastagens (IMAZON, 2024).

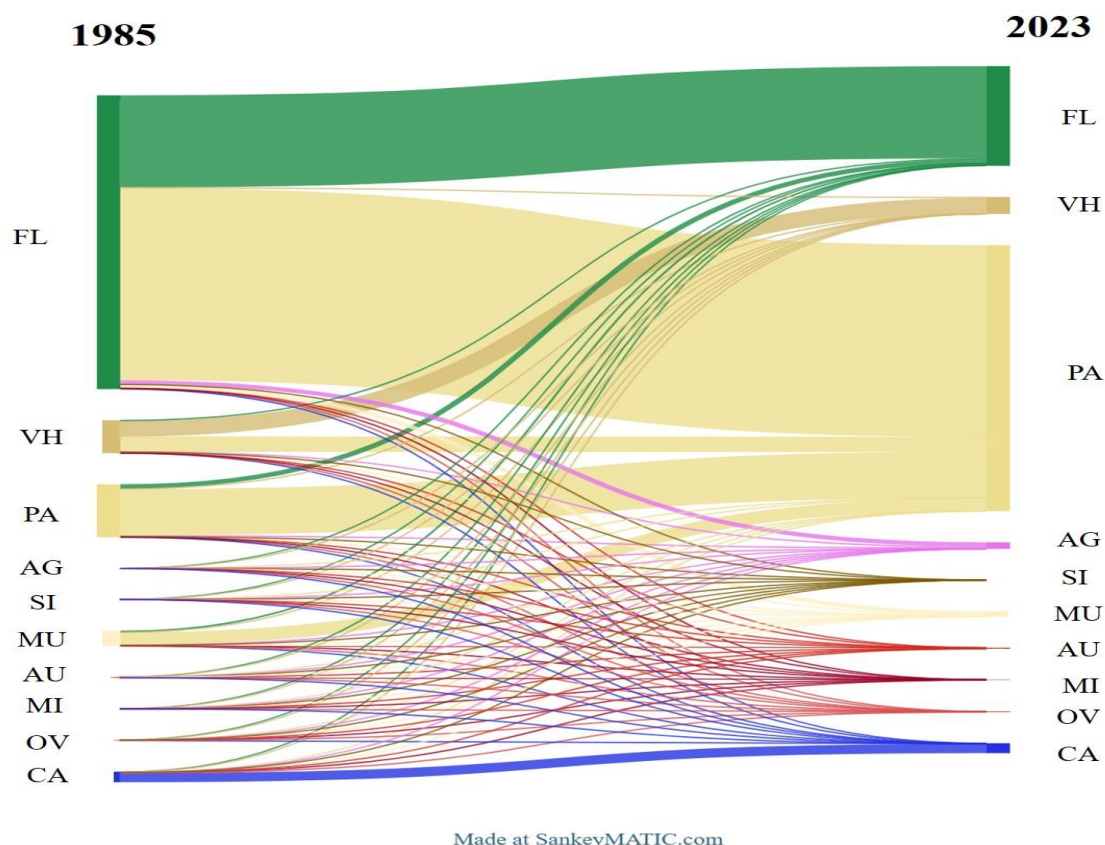
A classe Vegetação Herbácea e Arbustiva também apresentou redução expressiva, sendo majoritariamente convertida em pastagem, totalizando 209,80 km². A pastagem, por sua vez, expandiu-se não apenas sobre áreas de Floresta e Vegetação Herbácea e Arbustiva, mas também absorveu 180,75 km² provenientes de mosaicos de uso. Para Silva *et al.*, (2024), esta substituição de vegetação nativa por pastagens pode provocar alterações físicas e químicas no solo, além de modificar o microclima local, podendo gerar aumento da temperatura no ambiente.

Houve também a conversão de 66,04 km² de áreas de pastagem para floresta, indicando um leve processo de regeneração florestal. Apesar de modesta, essa conversão representa um fenômeno importante, pois evidencia a capacidade de recuperação ecológica em determinadas condições. Esse processo é coerente com estudos recentes que destacam a importância da

regeneração de áreas degradadas e de políticas públicas voltadas à regeneração do solo, sobretudo em áreas anteriormente degradadas, como forma de restaurar ecossistemas florestais globais (Kemppinen *et al.*, 2020). No entanto, os resultados gerais revelam que a expansão da pastagem sobre áreas florestais foi substancialmente maior, o que mantém o desmatamento como vetor dominante na dinâmica de uso da terra, dificultando o alcance do ODS 15, referente aos ecossistemas globais e à regeneração deles.

A Figura 4 expressou um diagrama de Sankey como síntese visual das transições identificadas na Tabela 1, Figura 2 e Quadro 1. Notou-se a significativa transição de floresta para pastagem.

Figura 4 - Transições de classes de uso e cobertura da terra da área de estudo.



Também foi possível perceber a conversão de pastagem para floresta, mas em menor proporção. Outra classe que evidenciou ganho foi Pastagem através de áreas de mosaicos de usos. Evidenciou-se que outras classes permaneceram relativamente constantes ou sem grandes ganhos significativos proporcionais em relação a outras de acordo com o diagrama de Sankey, nos últimos 38 anos.

Em outro estudo realizado por Stabile *et al.* (2019), constatou que as queimadas exacerbadas e o desmatamento na região têm contribuído de forma exponencial na seca em

grande parte na região norte, o que anos atrás ouvir-se sobre seca na região Amazônica era algo praticamente irreal. Desta forma, os resultados desta pesquisa constataam diminuição da área de floresta nativa de 1985 conforme observado no diagrama de Sankey apresentado acima e a transição para o pasto e agricultura, contribuindo para a seca e provocando, consequentemente o possível aumento da temperatura no ambiente.

O estudo de Pace *et al.* (2023) evidencia que o monitoramento por meio de tecnologias de sensoriamento remoto e geoprocessamento desempenha um papel fundamental na orientação de ações preventivas e corretivas, a partir da análise do uso e da cobertura do solo. Essas ferramentas permitem identificar padrões de alteração na paisagem, subsidiando tomadas de decisão mais precisas e eficazes. Ressalta-se que apenas uma abordagem integrada e sensível às especificidades territoriais pode viabilizar o equilíbrio entre produção e conservação, assegurando, assim, a sustentabilidade ecológica e socioeconômica da região em longo prazo.

Nesse contexto, torna-se essencial a adoção de uma abordagem integrada que leve em consideração as particularidades territoriais e promova a harmonização entre a produção agropecuária e a conservação ambiental. Conforme argumentam Araújo e Andrade (2023), apenas a integração efetiva entre políticas públicas e práticas sustentáveis pode assegurar a sustentabilidade ecológica e socioeconômica de uma região a longo prazo.

Torna-se cada vez mais necessário equilibrar os interesses do desenvolvimento econômico com a preservação dos ecossistemas, especialmente diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas. Nesse contexto, destaca-se a dificuldade de se alcançar a resiliência climática e usos sustentável do solo, conforme preconizado pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 13 e 15, que tratam, respectivamente, da ação contra a mudança global do clima e seus impactos adversos, e do uso sustentável dos ecossistemas terrestres.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo demonstrou que atividades antrópicas, como a conversão de florestas em pastagens, a expansão agrícola e a exploração mineral, geram severos impactos ambientais em Conceição do Araguaia (PA), área inserida no arco do desmatamento. A supressão vegetal reduz o sequestro de CO₂, intensifica emissões, altera o ciclo hidrológico, aumenta erosão e ameaça a biodiversidade, comprometendo funções ecossistêmicas essenciais. As práticas de corte e queima degradam o solo e reforçam a urgência de políticas públicas alinhadas aos ODS, sobretudo ação climática e restauração ecossistêmica.

Os resultados evidenciam o desafio de conciliar crescimento econômico com conservação, destacando a necessidade de práticas produtivas sustentáveis, reflorestamento e recuperação de áreas degradadas. A análise entre 1985 e 2023 apontou aumento de temperaturas, variações térmicas, redução de chuvas e estiagens prolongadas relacionadas à perda da cobertura vegetal. Apesar de limitações de dados, o estudo oferece base sólida para compreender a relação entre uso da terra e alterações ambientais. Sugere-se ampliar a escala de análise, investigar efeitos microclimáticos e integrar indicadores socioeconômicos para subsidiar estratégias de desenvolvimento sustentável na região amazônica.

REFERÊNCIAS

- Amorim, I. A., & Homma, A. K. O. (2022). Mudança de paisagem na mesorregião Sudeste Paraense: Coevolução com a pecuária bovina e os projetos de assentamentos. *Boletim de Geografia*, 40, 186–e62277.
- Amorim, T. X., Senna, M. C. A., & Cataldi, M. (2019). Impactos do desmatamento progressivo da Amazônia na precipitação do Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, 24.
- Araujo, P. S., & Andrade, D. C. (2023). Desenvolvimento, sustentabilidade e resiliência: Por uma abordagem integrada. *Revista de Desenvolvimento Econômico*, 54, 305–323.
- Armenteras, D., Rodríguez, N., & Retana, J. (2013). Landscape dynamics in northwestern Amazonia: An assessment of pastures, fire and illicit crops as drivers of tropical deforestation. *PLoS One*.
- Campos, R. F. F., & Barcarolli, F. I. (2023). Análise da interação antrópica na qualidade da água de um sistema lótico, Rio do Peixe, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 16(1), 542–556.
- Dinotte, A. C. B. P., Silva, N. J., Silva, C. F. A., & Silva, J. R. (2023). Interferência do avanço da urbanização no sistema hidrogeomorfológico na bacia do córrego Cercadinho, Belo Horizonte, MG. *Revista de Geografia*, 40(2), 116–137.
- Domingues, S. C. O., Silva, I. C. O., Santos, J. S., Yamashita, O. M., & Carvalho, M. A. C. (2020). Agricultural activity: Legal Amazon. *Scientific Electronic Archives*, 13(8), 104.
- Escada, M. I. S., Amaral, S., & Fernandes, D. A. (2023). Dinâmicas de ocupação e mudanças na paisagem na Amazônia, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 39(3), e00157521.
- Franco, A. L. C., Sobral, B. W., Silva, A. L. C., & Wall, D. H. (2019). Amazonian deforestation and soil biodiversity. *Conservation Biology*, 33(3), 590–600.
- Gomes, D. J. C., Ribeiro, P. dos S., & Dias, G. F. M. de. (2020). Impactos dos extremos climáticos e do uso do solo na hidrologia do Município de Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, 8, e296985345.
- IBGE. (2022). *Censo 2010*. IBGE.

- IBGE. (2025). *Cidades e Estados: Conceição do Araguaia (PA)*. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/conceicao-do-araguaia/panorama>
- IMAZON. (2024). *Mais de 90% do desmatamento da Amazônia é para abertura de pastagem*. <https://imazon.org.br/imprensa/mais-de-90-do-desmatamento-da-amazonia-e-para-abertura-de-pastagem>
- IPAM. (2024). *Desmatamento emitiu 1 bilhão de toneladas de CO₂ em 2023, revela estudo*. <https://ipam.org.br/desmatamento-emitiu-1-bilhao-de-toneladas-co2>
- Kemppinen, K. M. S., Collins, P. M., Hole, D. G., Wolf, C., Ripple, W. J., & Gerber, L. R. (2020). Global reforestation and biodiversity conservation. *Conservation Biology*, 34(5), 1221–1228.
- Kija, H. K., Ogutu, J. O., Mangewa, L. J., Bukombe, J., Verones, F., Graae, B. J., Kideghesho, J. R., Disse, M. E. U., & Nzunda, E. F. (2020). Mudanças espaço-temporais na qualidade do habitat da vida selvagem no ecossistema do Grande Serengeti. *Sustentabilidade*, 12, 2440.
- Lopes, M. J. S., Dias-Filho, M. B., & Gurgel, E. S. C. (2021). Successful plant growth promoting microbes: Inoculation methods and abiotic factors. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 606454.
- MapBiomas. (2024). *Mais de 90% do desmatamento da Amazônia é para abertura de pastagem*. <https://brasil.mapbiomas.org/2024/10/03/mais-de-90-do-desmatamento-da-amazonia-e-para-abertura-de-pastagem>
- Mascarenhas, L. M. A. de, Ferreira, L. G., & Ferreira, M. E. (2009). Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: Análise da cobertura vegetal remanescente na bacia do rio Araguaia. *Sociedade & Natureza*, 21(1), 5–18.
- Mendes, D. V., Rocha, F. R. T., Ramos, J. G., Viana, M. M., Ferreira, M. A. S., Souza, V. G. de, Silva, R. M. da, & Souza, V. G. (2024). Tecnologias e práticas intensivas rumo a uma produção eficiente e sustentável. *Observatório de la Economía Latinoamericana*, 22(5), e4534.
- Miranda, R. S. de, Nogueira, L. R. da, Rodrigues, M. S., Alves, A. M., Costa, M. S., & Amador, M. F. (2021). Análise do desmatamento nos períodos de 2016 a 2020 na mesorregião sudeste paraense. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 7(5), 498–517.
- Morton, D. C., DeFries, R. S., Shimabukuro, Y. E., Anderson, L. O., Arai, E., Del Bon Espirito-Santo, F., Freitas, R., & Morissette, J. (2006). Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*.
- Nascimento, D. B. do, Lopes, M. L. S., Izidro, J. L. P. S., Bezerra, R. C. A., Gois, G. C., Amaral, T. N. E. de, Dias, W. da S., Barros, M. M. L. de, Oliveira, A. R. da S., Sobrinho, J. L. de F., & Coêlho, J. J. (2024). Ciclagem de nitrogênio, fósforo e potássio em ecossistemas de pastagem. *Ciência Animal Brasileira*, 25, e-76743.
- Nunes, S., Gastauer, M., Cavalcante, R. B. L., Ramos, S. J., Caldeira, C. F., Silva, D., Rodrigues, R. R., Salomão, R., Oliveira, M., & Souza-Filho, P. W. M. (2020). Challenges and opportunities for large-scale reforestation in the Eastern Amazon using native species. *Forest Ecology and Management*, 466, 118120.

- Organização das Nações Unidas. (2015). *Transformando nosso mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel>
- Pace, L., Imbrenda, V., Lanfredi, M., Cudlín, P., Smoniello, T., Salvati, L., & Coluzzi, R. (2023). Delineating the intrinsic, long-term path of land degradation: A spatially explicit transition matrix for Italy, 1960–2010. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 2402.
- Silva, A. C. O. de, Fonseca, L. M. G., Korting, T. S., & Escada, M. I. S. (2020). A spatio-temporal Bayesian network approach for deforestation prediction in an Amazon rainforest expansion frontier. *Spatial Statistics*, 35, 100393.
- Silva, C. A., Santilli, G., Sano, E. E., & Laneve, G. (2021). Fire occurrences and greenhouse gas emissions from deforestation in the Brazilian Amazon. *Remote Sensing*, 13(3), 376.
- Silva, G. B. da, Oliveira, M. A. de, & Pereira, H. V. (2024). Mudanças no uso e cobertura da terra e seus impactos nos serviços ecossistêmicos do município de Juína, Amazônia Meridional. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 17(6), 4177–4205.
- Silva, J. de B., Melo, J. H., Santana Santos, L. F. de, Costa Cavalcante, E. da, Santos, R. V. dos, Costa Campos, M. C., & Oliveira, F. P. de. (2023). Impacto nos atributos do solo sob conversão de floresta para áreas de pastagem em áreas de Mata Atlântica, Areia, PB. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 16(3), 1407–1418.
- Souza, C. M., Jr., Shimbo, J. Z., Rosa, M. R., Parente, L. L., Alencar, A. A., Rudorff, B. F. T., Hasenack, H., Matsumoto, M., Ferreira, L. G., Souza-Filho, P. W. M., Oliveira, S. W. de, Rocha, W. F., Fonseca, A. V., Marques, C. B., Diniz, C. G., Costa, D., Monteiro, D., Rosa, E. R., Vélez-Martin, E., & Azevedo, T. (2020). Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian biomes with Landsat archive and Earth Engine. *Remote Sensing*, 12(17), 2735.
- Stabile, M. C. C., Nunes, S. S. S., Gastauer, M., Cavalcante, R. B. L., Ramos, S. J., Caldeira Júnior, C. F., Silva, D., Rodrigues, R. R., Salomão, R., Oliveira, M., Souza Filho, P. W. M., & Siqueira, J. O. (2020). Challenges and opportunities for large-scale reforestation in the Eastern Amazon using native species. *Forest Ecology and Management*, 466, 118120.
- Trigueiro, W. R., Nabout, J. C., & Tessarolo, G. (2020). Uncovering the spatial variability of recent deforestation drivers in the Brazilian Cerrado. *Journal of Environmental Management*, 275, 111243.
- Vieira, I. C., Toledo, P. M., Silva, J. M., & Higuchi, H. (2008). Deforestation and threats to the biodiversity of Amazonia. *Brazilian Journal of Biology*, 68(4 Suppl.), 949–956.
- Xavier, M. V. B., Santos, L. L., Fonseca, A. P. M., Almeida, E. S. de, Almeida, L. V. O., Aguiar, R. M. A. S., Duarte, M. C. D., Semensato, B. D., Ferreira, J. M., & Oliveira, P. V. A. de. (2021). Capacity of use and soil conservation management of a fragment of cerrado sensu stricto, Montes Claros-MG. *Research, Society and Development*, 10(7), e41410716697.

**ARTIGO 2: ANÁLISE DE CONFORTO TÉRMICO EM CONCEIÇÃO DO
ARAGUAIA (Submetido na Revista Brasileira de Geografia Física)**

Mayane Taissa Trindade Rodrigues

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2671-0759>

Universidade do Estado do Pará, Brasil

E-mail: mayanetaissa@gmail.com

Hélio Raymundo Ferreira Filho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4802-9166>

Universidade do Estado do Pará, Brasil

E-mail: helio.ferreira@uepa.br

João de Athaydes Silva Júnior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7012-4381>

Universidade do Federal do Pará

E-mail: athaydes@ufpa.br

RESUMO

O desmatamento crescente causa frequentemente alterações significativas no uso e na cobertura do solo, principalmente pela substituição de áreas verdes por superfícies impermeáveis. Essa mudança afeta diretamente o equilíbrio ecológico e contribui para o aumento do desconforto térmico nas áreas urbanas e rurais. Diante disso, compreender os impactos ambientais e climáticos decorrentes do desmatamento torna-se essencial para a formulação de estratégias de mitigação e adaptação, alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), com ênfase no ODS 13, que trata da ação contra a mudança global do clima. Este estudo tem como objetivo analisar a variabilidade espaço-temporal da temperatura média do ar entre os anos de 1986 e 2022 no município de Conceição do Araguaia, estado do Pará, e verificar a influência do desmatamento sobre os índices de desconforto térmico. Para isso, foram calculados o Índice de Calor (IC) e o Índice de Desconforto Térmico de Thom (IDT), com base em dados de temperatura máxima, temperatura média do ar e umidade relativa (UR), obtidos de estações meteorológicas convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os resultados demonstraram um aumento significativo dos índices de calor e desconforto térmico ao longo do período analisado, indicando um agravamento das condições ambientais e da sensação térmica da população. Além disso, observou-se uma correlação inversa entre a cobertura vegetal e a temperatura média do ar, ou seja, à medida que as áreas verdes foram reduzidas, as temperaturas médias aumentaram. Essa relação evidencia o papel fundamental da vegetação na regulação térmica local e na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas. As transformações identificadas têm impactos diretos na fauna, na flora e na qualidade de vida da população local, apontando para a urgência da adoção de políticas públicas eficazes voltadas à preservação ambiental, ao planejamento urbano sustentável e à recuperação de áreas degradadas. Os achados desta pesquisa reforçam a importância do monitoramento contínuo das variáveis climáticas e do uso e ocupação do solo, como subsídio para a elaboração de medidas preventivas e corretivas que garantam o equilíbrio ambiental e promovam a resiliência climática no âmbito municipal.

Palavras-Chave: Objetivos de desenvolvimento sustentáveis; Índice de calor; Mudanças climáticas.

ABSTRACT

The increasing deforestation has caused significant changes in land use and land cover, mainly through the replacement of green areas with impermeable surfaces. This transformation directly affects ecological balance and contributes to increased thermal discomfort in both urban and rural areas. Therefore, understanding the environmental and climatic impacts resulting from deforestation is essential for the development of mitigation and adaptation strategies aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs), with an emphasis on SDG 13, which addresses action against global climate change. This study aims to analyze the spatio-temporal variability of average air temperature between the years 1986 and 2022 in the municipality of Conceição do Araguaia, in the state of Pará, and to verify the influence of deforestation on thermal discomfort indices. For this purpose, the Heat Index (HI) and the Thom Discomfort Index (TDI) were calculated based on data of maximum temperature, average air temperature, and relative humidity (RH), obtained from conventional weather stations of the National Institute of Meteorology (INMET). The results showed a significant increase in heat and thermal discomfort indices over the analyzed period, indicating a worsening of environmental conditions and the thermal sensation experienced by the population. In addition, an inverse correlation was observed between vegetation cover and average air temperature—that is, as green areas decreased, average temperatures increased. This relationship highlights the crucial role of vegetation in local thermal regulation and in mitigating the effects of climate change. The transformations identified have direct impacts on fauna, flora, and the quality of life of the local population, pointing to the urgency of adopting effective public policies aimed at environmental preservation, sustainable urban planning, and the recovery of degraded areas. The findings of this research reinforce the importance of continuously monitoring climatic variables and land use and occupation, as a basis for the development of preventive and corrective measures that ensure environmental balance and promote climate resilience at the municipal level.

Keywords: Sustainable development objectives; Heat Index; Climate change.

1 INTRODUÇÃO

A Amazônia atende como a maior floresta tropical do mundo, por possuir uma elevada importância ecológica e alta diversidade de fauna, flora e de diversos ecossistemas e essa flora pode fornecer plantas com potencial na produção de essências florestais (Rodrigues, *et al.*, 2023). Segundo dados do IBGE (2012) possui uma vasta extensão de mais de 4 milhões de quilômetros quadrados, ocupando 49,29% do território brasileiro, sendo assim é importante saber sobre a cobertura florestal a qual concentra-se na região Amazônica.

A relação entre a cobertura florestal e a temperatura tem sido amplamente estudada na literatura científica, especialmente no contexto de mudanças climáticas e urbanização. Florestas desempenham um papel crucial na regulação térmica local e regional devido à capacidade de promover sombreamento, armazenar carbono e aumentar a evapotranspiração. Estudos como o de Camacho e Moschini (2021), apontam que áreas com maior densidade florestal apresentam temperaturas mais amenas em comparação a regiões desmatadas ou urbanizadas. Em ambientes tropicais, a presença de floresta pode reduzir significativamente a temperatura, mitigando os efeitos das ilhas de calor, especialmente em áreas urbanas (Oliveira, 2024; Romero *et. al*, 2019).

O Krüger *et al.*, (2018) avaliaram as condições ambientais de conforto e desconforto utilizando o índice de Temperatura Fisiologicamente Equivalente (Physiological Equivalent Temperature - PET) e aplicaram questionários, que são de grande relevância para essa temática. A utilização do Índice de Desconforto Térmico (IDT) criado por Thom (1959) envolve a análise do impacto das variáveis meteorológicas, tais como temperatura do ar e umidade relativa, no conforto térmico humano que vão inferir como está a cobertura florestal daquele meio ambiente.

Esses efeitos da cobertura florestal são particularmente importantes em regiões com altas taxas de desmatamento, como a Amazônia. A perda de vegetação provoca o aumento da radiação incidentes sobre o solo, reduz a umidade do ar e afeta o balanço de energia, resultando em elevação da temperatura Maruyama (2020). Portanto, compreender a relação entre cobertura vegetal e temperatura é fundamental para o desenvolvimento de políticas públicas voltadas à preservação ambiental e ao combate ao aquecimento global.

Diante disso, a escolha do período de análise de 1986 a 2022 para a medição da temperatura média, do índice de conforto térmico e da relação entre temperatura e desmatamento fundamenta-se em critérios técnicos, históricos e metodológicos que garantem a robustez e a relevância da pesquisa. Primeiramente, o recorte temporal de 1986 marca o início da disponibilidade sistemática de dados meteorológicos e ambientais digitalizados e um avanço significativo no monitoramento por sensoriamento remoto, permitindo uma observação mais

precisa das mudanças no uso e cobertura do solo, especialmente na Amazônia Legal, possibilitando a correlação entre o desmatamento e temperatura no período analisado.

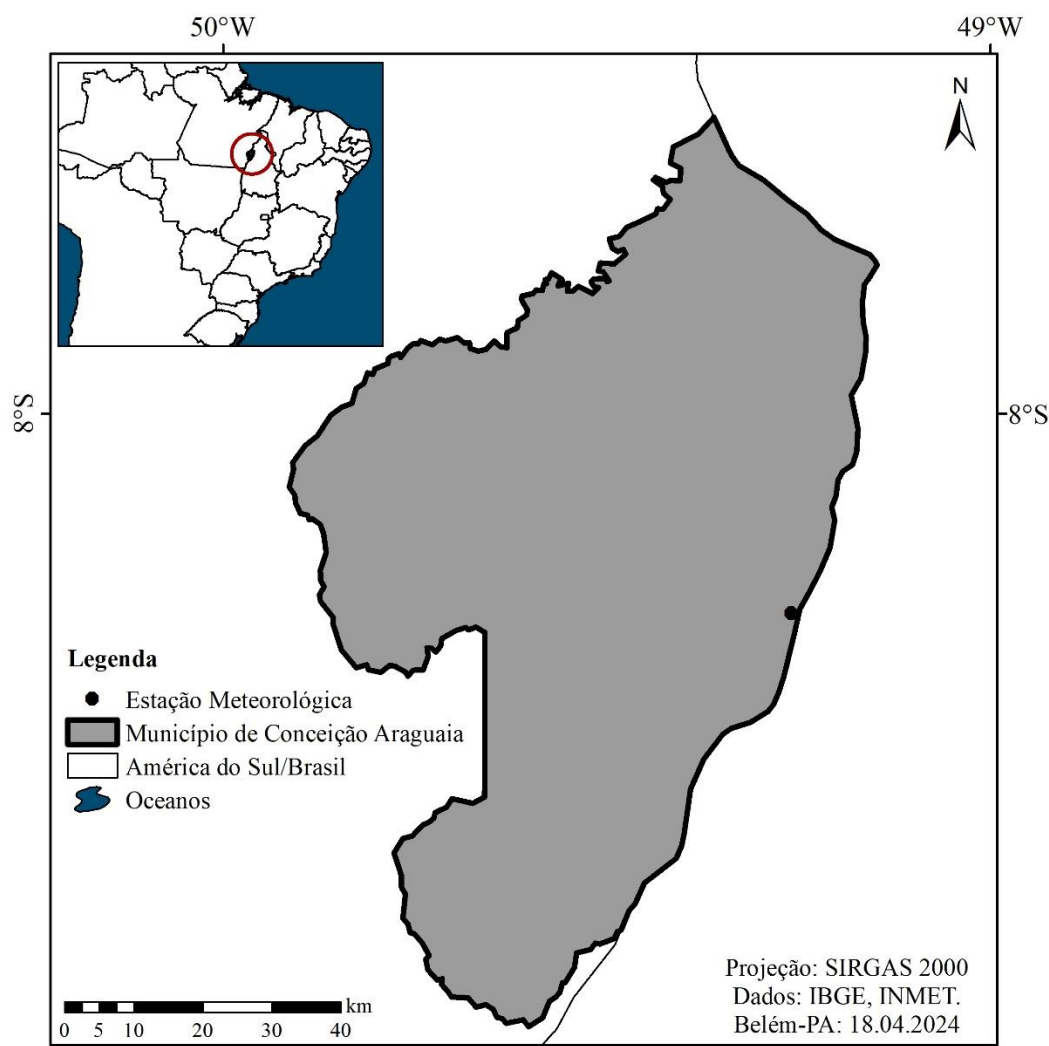
Além disso, a análise desse período permite comparações intertemporais e a identificação de possíveis correlações entre a perda de cobertura vegetal, o aumento das temperaturas médias e os índices de desconforto térmico, contribuindo para a compreensão dos efeitos cumulativos e dinâmicos das alterações ambientais na Amazônia. Portanto, a seleção do intervalo de 1986 a 2022 é justificado por sua ampla disponibilidade de dados confiáveis, pela relevância histórica e ambiental do período e por oferecer uma base temporal adequada à análise de séries climáticas e ambientais de longo prazo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O presente estudo foi conduzido no município de Conceição do Araguaia, localizado no sudeste do Pará, uma região amazônica marcada pela intensa atividade antrópica e o arco do desmatamento (Amorin; Homma, 2022). Com uma área de 5.829,482 km² (IBGE, 2024) e clima tropical úmido, a área possui uma estação seca bem definida e altas temperaturas anuais. O desmatamento na região influencia diretamente as condições ambientais e climáticas locais, sendo um fator essencial para a análise do conforto térmico.

Figura 1. Localização da área de estudo: município de Conceição do Araguaia-PA.



Fonte: Autor (2024).

Para avaliar a relação entre cobertura florestal e conforto térmico, foram coletados dados de temperatura máxima do ar ($^{\circ}\text{C}$) fornecidos pela Prediction of Worldwide Energy Resources, através do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia, 2023). Esse período de análise inclui dados mensais que foram reduzidos a médias anuais, permitindo a observação das variações na temperatura local ao longo do tempo.

Índices de Conforto Térmico

O conforto térmico é a forma subjetiva de mensurar o bem-estar natural do ser humano (Batiz *et al.*, 2009; Neres *et al.*, 2021). Tal condição está relacionada aos aspectos fisiológicos e psicológicos do ser humano (Teixeira, 2022).

No trabalho serão usados dois índices para a análise e comparação da eficiência de sua aplicação na região do Baixo Araguaia. O Índice de Calor (IC) é calculado baseado em dados

de temperatura do ar e umidade relativa do ar (Barboza *et al.*, 2019; Moreira *et al.*, 2023), através da Eq. 1 na qual os dados obtidos para IC foram calculados por intermédio do software Microsoft Excel versão 2010, onde foram confeccionados os gráficos comparativos de 1985 a 2022 com as suas respectivas médias (mensais e anuais).

Assim, os valores gerados a partir da Eq. 1 são associadas as informações descritas na Tabela 1, onde classifica e expressa os efeitos da sensação térmica no corpo humano.

$$IC = -42,379 + 2,04901523 * T + 10,14333127 * UR - 0,22475541 * T * UR - 0,00683783 * T^2 - 0,05481717 * [UR]^2 + 0,00122874 * T^2 * UR + 0,0085282 * T * [UR]^2 - 0,00000199 * T^2 * [UR]^2 \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

IC – Índice de Calor (°C)

T – Temperatura Máxima do ar (°C)

UR – Umidade Relativa do ar (%)

Tabela 1. Limiares de alerta baseado no Índice de Calor (IC) e suas consequências para o organismo humano.

Classificação	Índice de Calor	Efeitos no Corpo
Ausência de alerta	IC < 27°C	---
Cuidado	27,1 °C – 32 °C	Fadiga possível com exposição prolongada e/ou atividade física
Cuidado Extremo	32,1 °C – 41 °C	Insolação, câibras de calor ou exaustão por calor são possíveis com exposição prolongada e/ou atividade física
Perigo	41,1 °C – 54 °C	Câibras de calor ou exaustão por calor são prováveis, e insolação é possível com exposição prolongada e/ou atividade física
Perigo Extremo	> 54 °C	Insolação altamente provável.

Fonte: Autores (2024). Adaptado de Silva Junior (2012).

O Índice de Desconforto Térmico (IDT) é um indicador que procura expressar e classificar em valores por meio da Eq. 2 o incômodo do ser humano usando a temperatura do ar e umidade relativa do ar, no qual foram adaptados para a zona tropical (Thorn, 1959). A Tabela 2 descreve os níveis de desconforto associado ao IDT, na qual os dados obtidos para este índice foram calculados por intermédio do programa de software Microsoft Excel versão 2010, onde foram confeccionados os gráficos comparativos de 1985 a 2022 com as suas respectivas médias (mensais e anuais).

$$IDT = T - (0,55 - 0,0055 * UR) * (T - 14,5) \quad \text{Eq. 2}$$

Onde:

IDT – Índice de Desconforto Térmico

T – Temperatura do ar (°C)

UR – Umidade Relativa do Ar (%)

Tabela 2. Classificações baseadas no Índice de Desconforto Térmico (IDT).

Índice de Desconforto Térmico	Nível de Desconforto Térmico
IDT < 24 °C	Confortável
24 °C – 26 °C	Parcialmente Confortável
26 °C – 28 °C	Desconfortável
IDT > 28 °C	Muito desconfortável

Fonte: Autor (2024). Adaptado de Santos (2018).

Para investigar o impacto da cobertura vegetal na temperatura, foram utilizados dados do projeto MapBiomas, que fornece mapeamentos anuais e de alta resolução sobre o uso e cobertura do solo em todo o território brasileiro. O MapBiomas emprega imagens de satélite Landsat e processamento automatizado para mapear diferentes classes de cobertura do solo, oferecendo uma série histórica de dados consistente e de alta precisão. Este projeto é uma das principais fontes de dados para o monitoramento do desmatamento e das mudanças no uso da terra na Amazônia, sendo amplamente utilizado em estudos sobre mudanças climáticas e ambientais (Neto *et al.*, 2024).

2.2 Correlação da temperatura média e do desmatamento

Análise estatística

Inicialmente, foi realizada uma análise de correlação entre a cobertura vegetal (%) e a temperatura média anual (°C), utilizando o coeficiente de correlação de Spearman (ρ), por se tratar de uma técnica não paramétrica, adequada a dados que não seguem distribuição normal. A escolha pelo coeficiente de Spearman foi motivada pela rejeição do pressuposto de normalidade dos resíduos do modelo de regressão linear simples, conforme apontado pelo teste de Shapiro-Wilk ($p = 0,007$).

Posteriormente, foram ajustados dois modelos de regressão, com a temperatura média anual como variável dependente e a cobertura vegetal (%) como variável independente: o modelo de regressão linear clássica (LM), baseado no método dos mínimos quadrados ordinários, e o modelo de regressão linear robusta (RLM), que apresenta maior resistência à influência de valores extremos. Apesar do teste de Breusch-Pagan ter indicado homocedasticidade dos resíduos ($p = 0,78$), a violação da normalidade e a presença de pontos

potencialmente influentes justificaram a adoção do modelo robusto, que proporciona estimativas mais estáveis em cenários com pequenas violações dos pressupostos do modelo linear clássico.

Ferramentas e pacotes estatísticos

Todas as análises estatísticas e representações gráficas foram realizadas no software R (R CORE TEAM, 2023). Foram utilizados os seguintes pacotes:

- MASS (VENABLES; RIPLEY, 2002), para ajuste do modelo de regressão robusta;
- ggplot2 (WICKHAM, 2016), para geração dos gráficos;
- patchwork (PEDERSEN, 2019), para composição de múltiplos gráficos.

Análise gráfica

A relação entre cobertura florestal (%) e temperatura média anual foi representada por meio de um gráfico de dispersão, com inversão do eixo X, de modo que a cobertura vegetal decrescesse da esquerda para a direita, simulando visualmente o avanço do desmatamento. Uma linha de tendência baseada no modelo de regressão robusta foi adicionada ao gráfico, juntamente com o valor do coeficiente de Spearman e seu respectivo p-valor.

Também foram elaborados dois gráficos adicionais de séries temporais, representando a evolução da cobertura vegetal (%) e da temperatura média anual ao longo dos anos. Esses gráficos permitiram visualizar com clareza a tendência conjunta de perda de vegetação e aumento de temperatura no município ao longo do período analisado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Temperatura Máxima do ar

Na variação anual da temperatura máxima do ar no município de Conceição do Araguaia (Figura 2) é possível observar tendência de aumento dessa variável, sendo o ano de 1989 marcado pelo menor valor registrado, de 30,5 °C. Apesar disso, ocorreram elevações abruptas da temperatura máxima do ar, com os maiores extremos observados nos anos de 2015 e 2020, quando os valores atingiram aproximadamente 32,4 °C e 32,5 °C, respectivamente. Esse comportamento está de acordo com Silva *et al.* (2023), observaram em seu estudo, apontando que houve uma elevação contínua das temperaturas máximas na região, especialmente nos anos citados. Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2023), esse aumento pode

estar relacionado às mudanças climáticas e à transformação da cobertura vegetal, com elevação de até 2,6 °C em relação à média histórica.

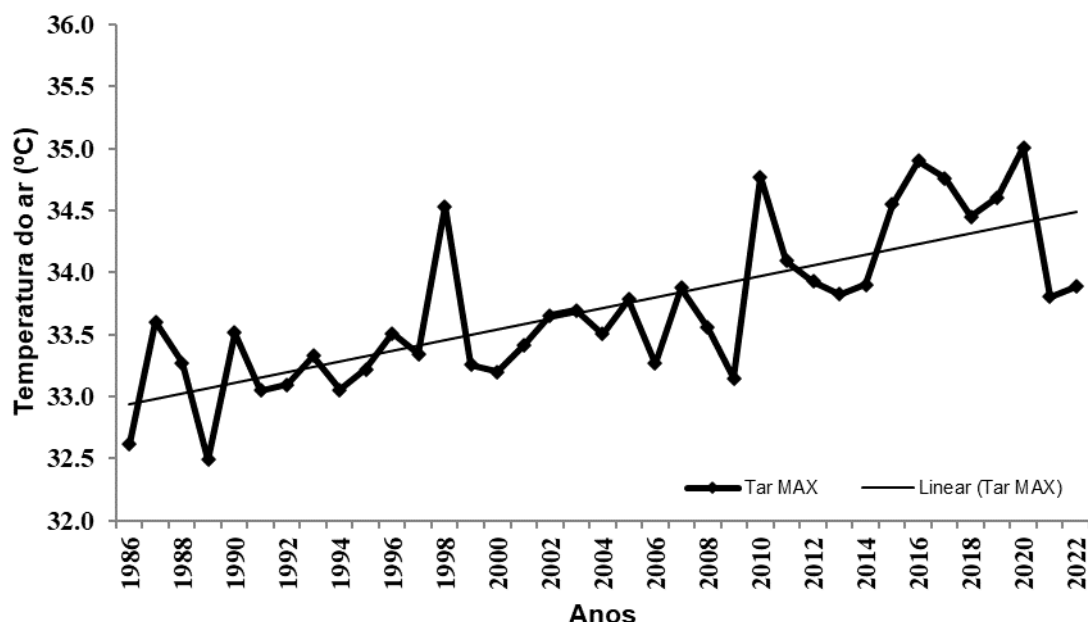


Figura 2. Variação anual da temperatura máxima do ar: município de Conceição do Araguaia-PA. Fonte: INMET (2024).

A variabilidade mensal da temperatura máxima do ar em Conceição do Araguaia (Figura 3) possui uma sazonalidade bem definida. Os menores valores de temperatura máxima do ar concentram-se no primeiro semestre do ano, especificamente entre os meses de novembro até abril, oscilando entre 31,6 °C e 32,7 °C. Enquanto os maiores extremos de temperatura máxima do ar são característicos entre os meses de maio até outubro, com variação de 33,7 °C a 37,0 °C. Diante disso, o estudo de Gomes *et al.* (2020) analisou tendências de elevação nas séries de temperatura média máxima na Amazônia Central, incluindo regiões próximas ao Pará. O estudo constatou uma tendência estatisticamente significativa de aumento das temperaturas máximas, especialmente durante o inverno, o que reforça a observação de elevação das temperaturas máximas em Conceição do Araguaia nos meses de maio a outubro.

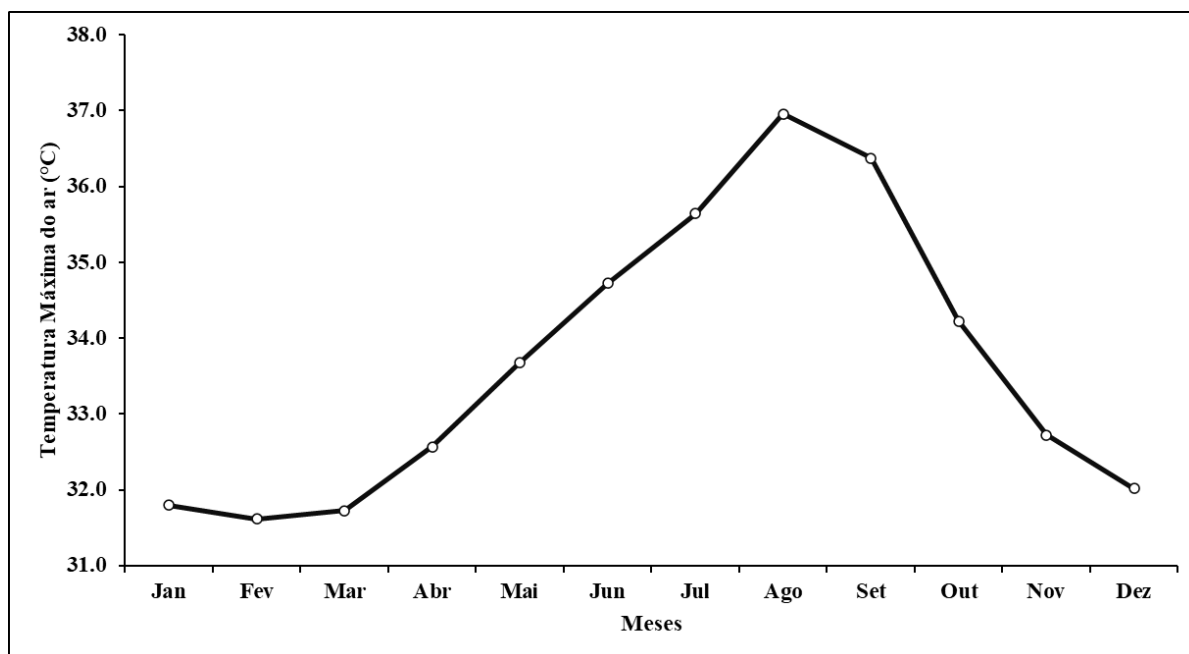


Figura 3. Variação mensal da temperatura máxima do ar: município de Conceição do Araguaia-PA. Fonte: INMET (2024).

Umidade Relativa do ar

A Figura 4 ilustra a variação anual da umidade relativa do ar no município de Conceição do Araguaia. A análise da série histórica revela uma tendência de redução significativa desse parâmetro na região. Em 1988, foi registrado o valor máximo de umidade relativa, aproximadamente 94,1%. Por outro lado, em 2017 observou-se o menor valor da série, com cerca de 70,5%. De acordo com Júnior *et al.* (2013) e Reis *et al.*, (2022), as temperaturas médias tendem a ser mais elevadas em áreas com menor cobertura vegetal, enquanto os índices de umidade relativa do ar apresentam redução expressiva, agravando as condições de desconforto térmico. Nesse contexto, observa-se que a umidade relativa do ar tem diminuído ao longo dos anos, ao passo que as temperaturas aumentam, o que possivelmente contribui para o incremento do desconforto térmico no município de Conceição do Araguaia.

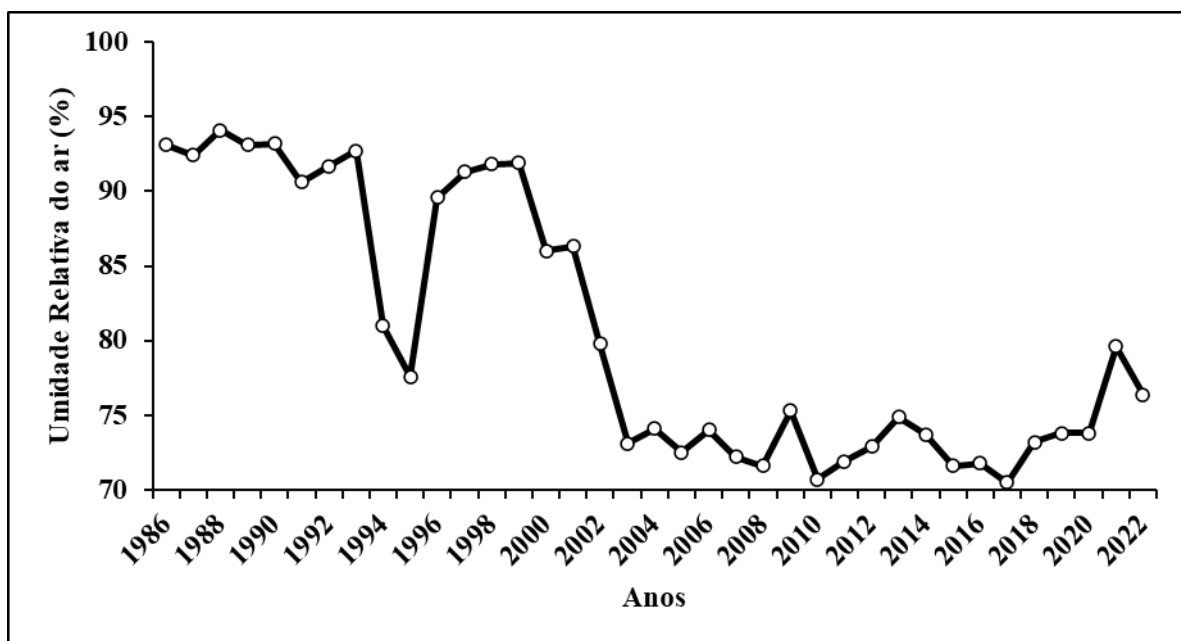


Figura 4. Variação anual da umidade relativa do ar: município de Conceição do Araguaia-PA. Fonte: INMET (2024).

A flutuação mensal da umidade relativa do ar em Conceição do Araguaia (Figura 5) apresenta uma sazonalidade bem definida. Entre os meses de novembro e abril, a atmosfera se mantém mais úmida, com pouca oscilação, variando entre 85,6% e 88,1%. No entanto, o período de maio a outubro é marcado por uma atmosfera mais seca, com a umidade relativa do ar variando entre 66,5% e 81,4%. Estudos de Rodrigues *et al.* (2022) e Arruda *et al.* (2023) indicam que a redução da cobertura vegetal contribui significativamente para o aumento da temperatura do ar e para a diminuição da umidade relativa, intensificando o desconforto térmico e os efeitos das estações secas. Nesse contexto, o aumento das temperaturas, a redução da umidade relativa do ar e o avanço do desflorestamento podem impactar negativamente o meio ambiente e o conforto térmico das populações locais.

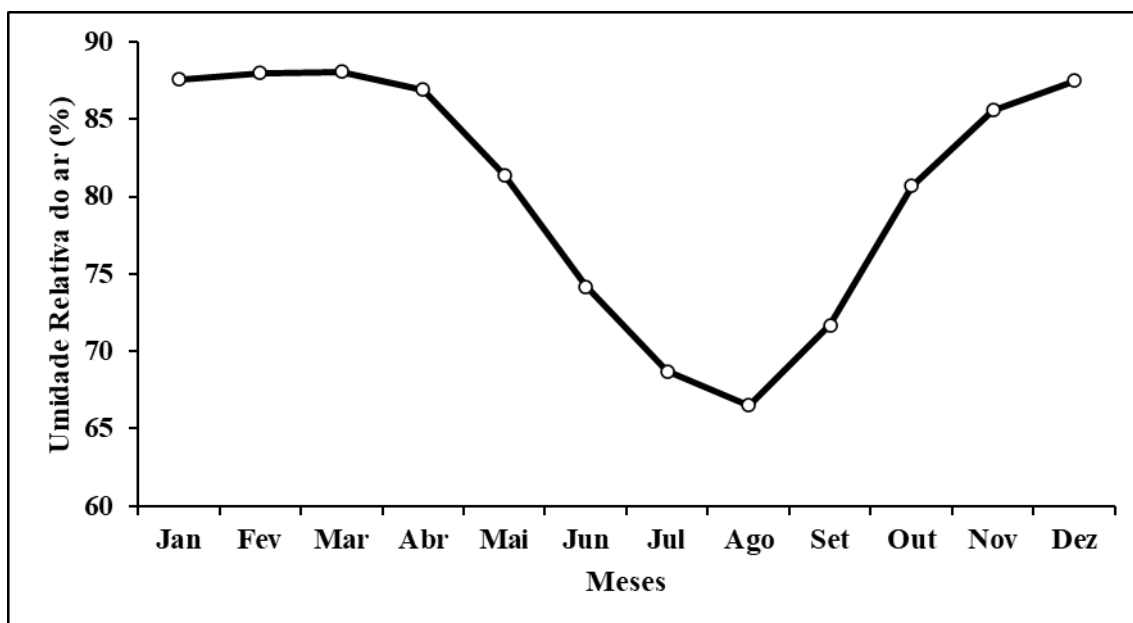


Figura 5. Variação mensal da umidade relativa do ar: município de Conceição do Araguaia-PA. Fonte: INMET (2024).

Índice de Conforto Térmico (ICT)

Na Figura 6 encontram-se ilustradas as variações no índice de conforto térmico anual no município de Conceição do Araguaia (PA), no período de 1986 a 2022. De acordo com os limiares de alerta baseados no Índice de Calor, observa-se que, entre os anos de 1986 e 1996, os valores oscilaram entre os níveis de "cuidado" e "cuidado extremo". A partir de 1997, ano marcado pela ocorrência do fenômeno meteorológico El Niño, foi possível identificar um aumento significativo no desconforto térmico experimentado pela população do município, tendência que se manteve até 2022 (Changnon, 2000).

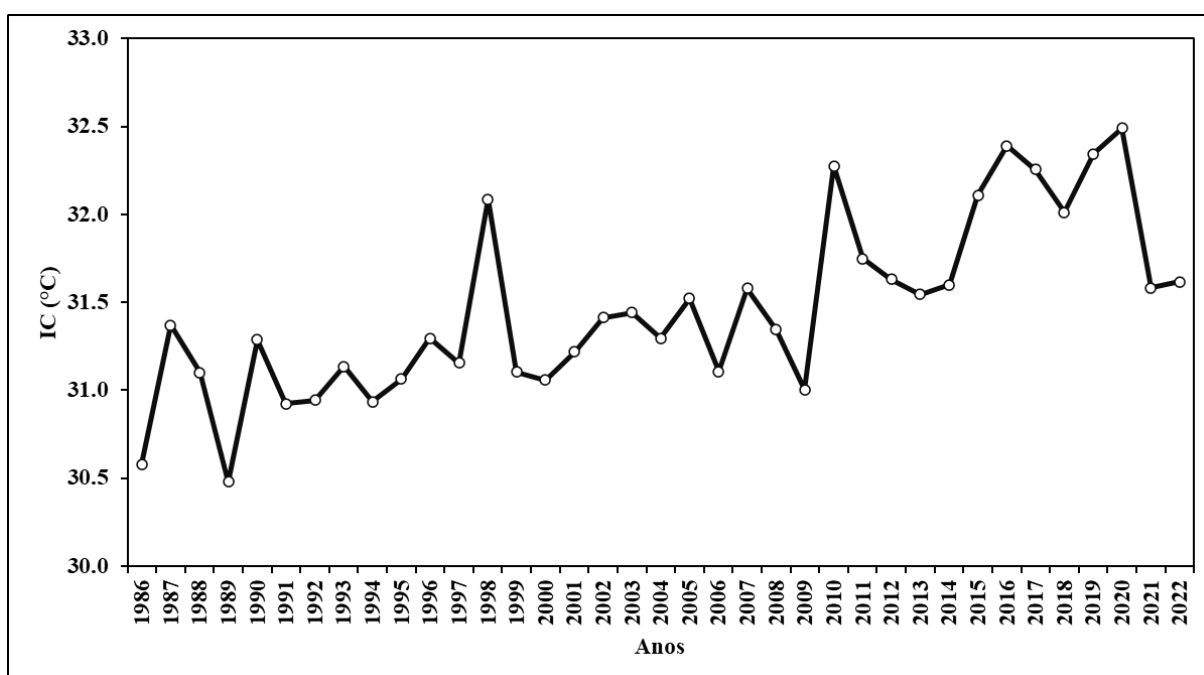


Figura 6. Variação anual da do Índice de conforto térmico: município de Conceição do Araguaia-PA. Fonte: INMET (2024).

O índice de calor mensal (Figura 7) no município de Conceição do Araguaia apresenta os menores valores no primeiro trimestre do ano, com média em torno de 30 °C. Os maiores extremos ocorrem entre os meses de julho e setembro, oscilando entre 33 °C e 34 °C. De acordo com os limiares de alerta baseados no Índice de Calor (IC) e seus efeitos sobre o organismo humano, esses valores indicam condições de cuidado extremo. Segundo Lima *et al.* (2021), índices de calor acima de 32 °C já representam risco à saúde humana, principalmente para populações vulneráveis, podendo causar desidratação, fadiga, câibras e até choque térmico em casos de exposição prolongada ao sol. Nesse contexto, temperaturas elevadas como as observadas podem resultar em sérios riscos à saúde, incluindo insolação, câibras por calor e exaustão térmica, especialmente em casos de exposição prolongada.

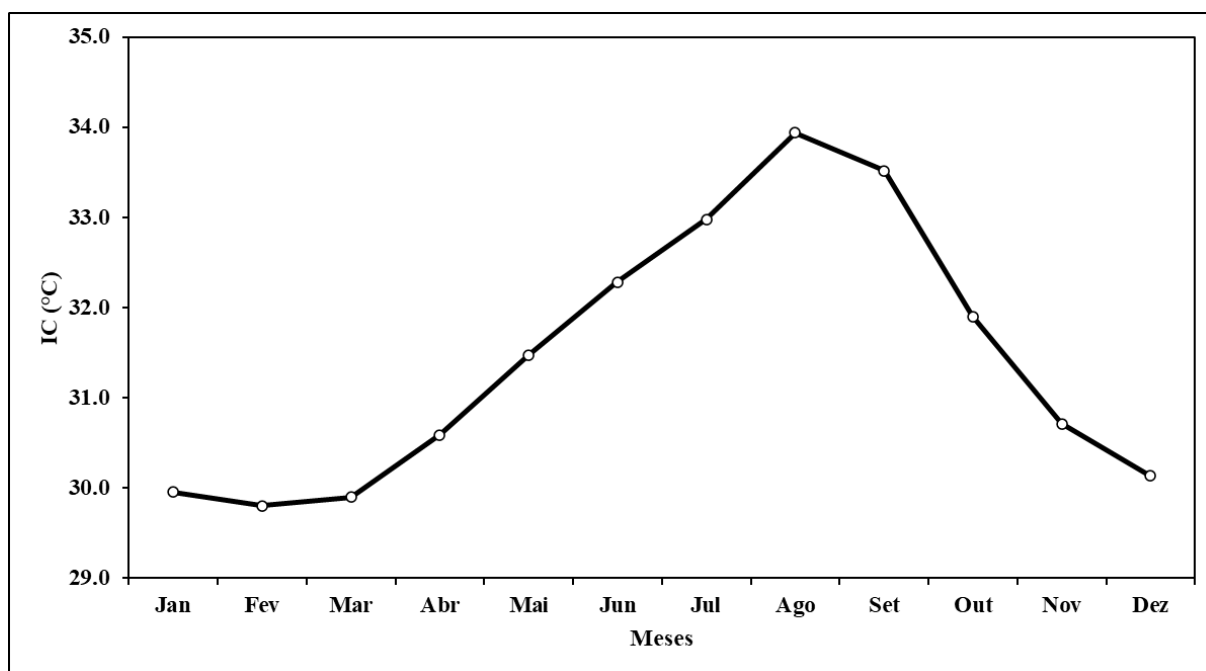


Figura 7. Variação mensal do Índice de conforto térmico: município de Conceição do Araguaia-PA. Fonte: INMET (2024).

Índice de Desconforto Térmico (IDT)

A variabilidade temporal do Índice de Desconforto Térmico (IDT) no município de Conceição do Araguaia (Figura 8) ao longo dos anos apresenta uma leve tendência de diminuição. Os maiores valores foram registrados no ano de 1998, com 44,0 °C, provavelmente em decorrência do forte evento de El Niño ocorrido entre 1997 e 1998 (Gomes *et al.*, 2022). Por outro lado, os menores valores de IDT ocorreram no ano de 2009, com 40,2 °C, período em que os efeitos do fenômeno La Niña possivelmente contribuíram para a redução do calor na região (Gomes *et al.*, 2022).

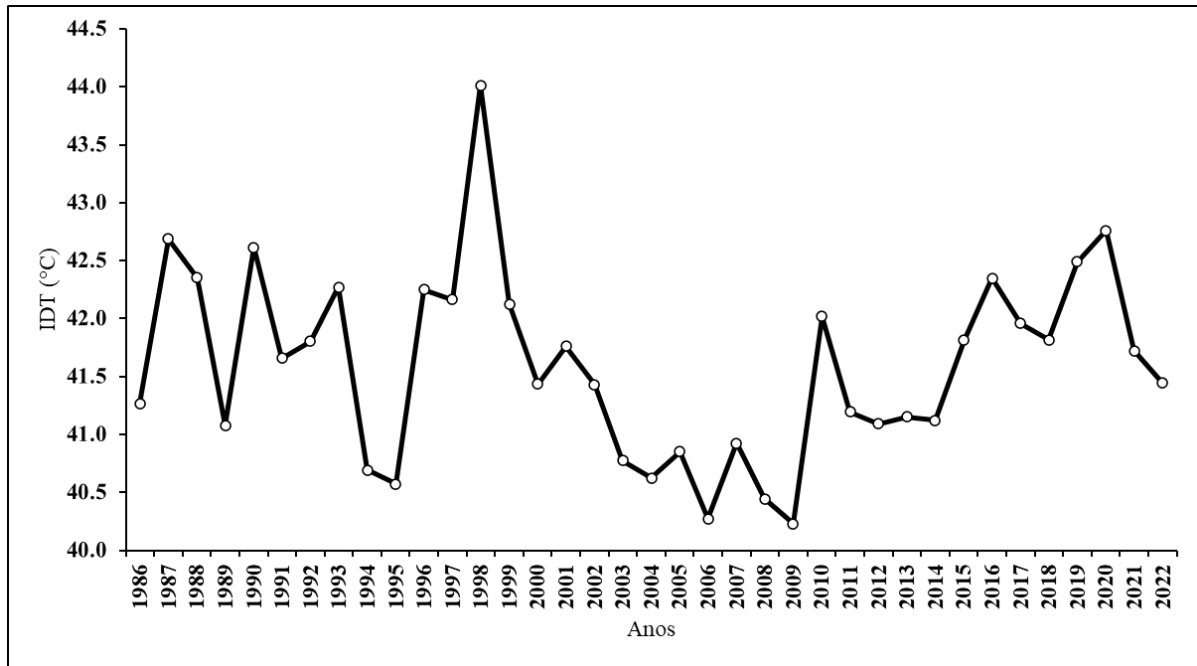


Figura 8. Variação anual do IDT: município de Conceição do Araguaia-PA. Fonte: INMET (2024).

A variabilidade mensal do IDT no município de Conceição do Araguaia (Figura 9) aponta extremos de desconforto térmico entre os meses de julho e agosto. De maneira semelhante ao observado no estudo de Brasil *et al.*, (2024), em Conceição do Araguaia, o município de Marabá-PA também apresentou um aumento significativo nos níveis de desconforto térmico ao longo dos anos. O estudo conduzido entre 2012 e 2022 demonstrou que a variação temporal dos índices de desconforto térmico urbano (IDT), calculados a partir de dados de temperatura e umidade relativa do ar, evidenciou uma tendência de agravamento desse desconforto.

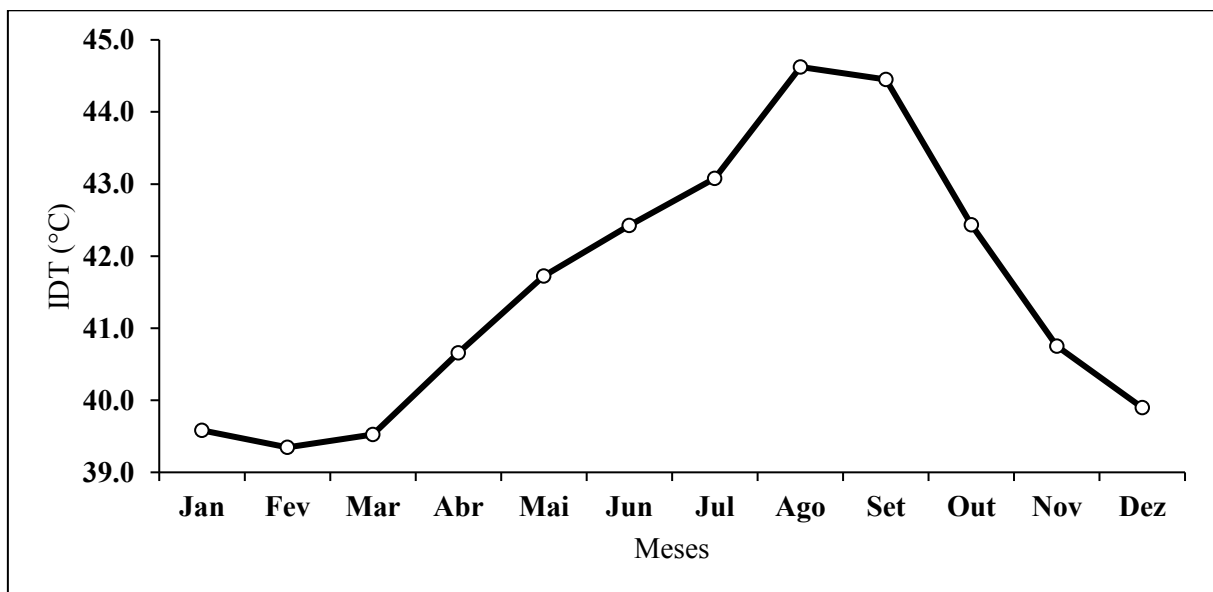


Figura 9. Variação mensal do IDT: município de Conceição do Araguaia-PA. Fonte: INMET (2024).

A relação inversa é comum em estudos ambientais (Figura 10), nos quais o aumento da cobertura florestal tende a estar associado a temperaturas mais baixas, em virtude da capacidade das florestas de regular o microclima local por meio da evapotranspiração e da oferta de sombra.

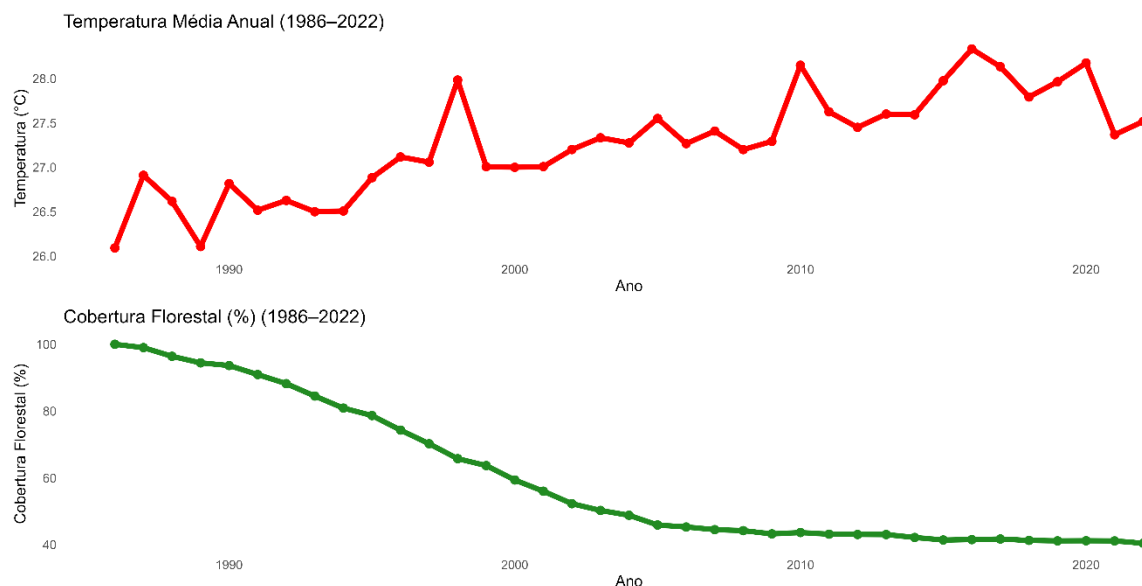


Figura 10. Variação de temperatura média anual x cobertura florestal no município de Conceição do Araguaia – PA. Fonte: INMET (2024).

Essa relação negativa entre as variáveis reforça os resultados obtidos por meio das análises estatísticas aplicadas, sugerindo que a redução da cobertura vegetal exerce influência direta sobre o aumento das temperaturas médias locais. Tal comportamento evidencia a função reguladora da vegetação no microclima regional, sendo sua degradação um fator que potencializa as alterações térmicas observadas. Esses dados corroboram os achados de Crompton *et al.* (2021), os quais indicam que a perda florestal pode elevar a temperatura em áreas situadas a até 6 km de distância, destacando os impactos ambientais da supressão vegetal sobre o clima local.

A correlação entre desmatamento e temperatura média no município de Conceição do Araguaia – PA (Figura 11) confirma a hipótese deste estudo, reforçando a conclusão de que o desmatamento exerce um efeito direto e mensurável sobre a climatologia local, promovendo o aumento da temperatura.

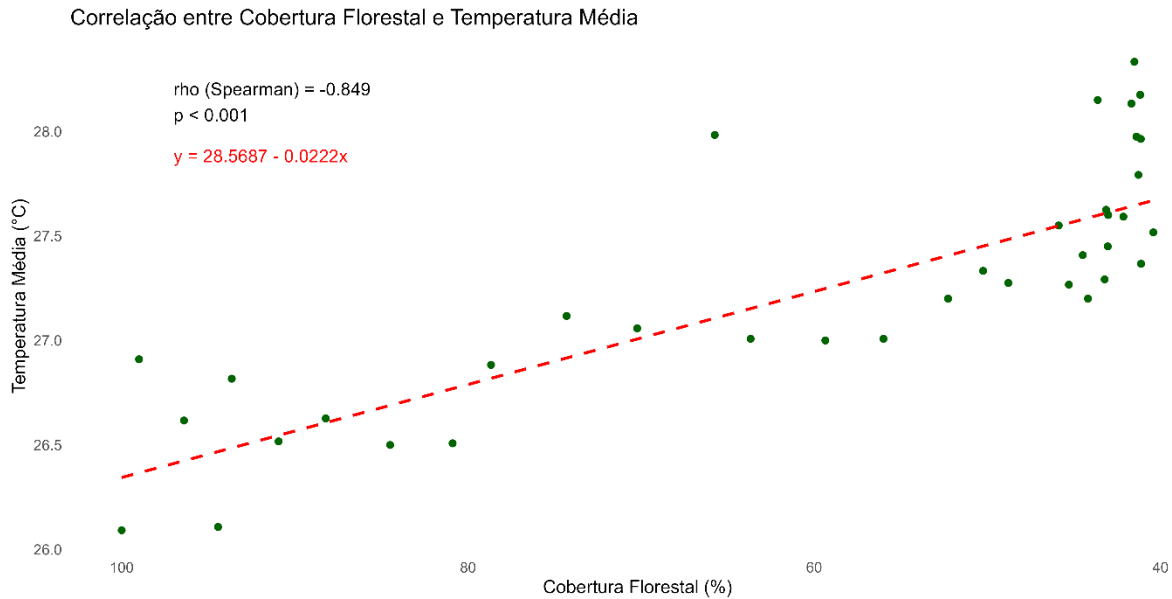


Figura 11. Correlação entre desmatamento e temperatura média no município de Conceição do Araguaia – PA. Fonte: INMET (2024).

Com base nas análises estatísticas e gráficas realizadas, observa-se que há evidências robustas de que a redução da cobertura florestal está associada ao aumento da temperatura média anual no município de Conceição do Araguaia, no período de 1986 a 2022. A transformação dos dados em porcentagens permitiu uma análise mais intuitiva, enquanto a adoção de métodos estatísticos robustos como o coeficiente de Spearman e a Regressão Linear por Mínimos Quadrados assegurou maior confiabilidade aos resultados, mesmo diante de pequenas violações dos pressupostos clássicos da regressão linear. Além disso, a equação obtida possibilita uma quantificação direta dos impactos ambientais: uma perda de 10% na vegetação pode acarretar um aumento de aproximadamente 0,22 °C na temperatura média local.

Esses achados estão em consonância com estudos anteriores que identificam correlações positivas significativas entre desmatamento e elevação da temperatura, conforme demonstrado por Almidon *et al.* (2024). Além disso, Silva (2023) investigou a influência da vegetação arbórea no conforto térmico de áreas urbanas e seu estudo concluiu que a presença de árvores contribui significativamente para a redução da temperatura do ar, proporcionando um ambiente mais confortável e mitigando os efeitos das ilhas de calor urbanas, reforçando os resultados obtidos nesta pesquisa.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou compreender, por meio da análise de indicadores ambientais de desmatamento e conforto térmico, a relação entre a expansão das atividades antrópicas e o aumento das temperaturas no município de Conceição do Araguaia. Os resultados obtidos

revelaram uma forte correlação entre o desmatamento, motivado principalmente pela expansão das áreas de pastagem, e o agravamento das condições climáticas locais, caracterizado pelo aumento significativo da temperatura máxima do ar ao longo dos anos analisados.

A substituição da vegetação nativa por pastagens alterou profundamente o equilíbrio ambiental da região. A cobertura florestal original, além de atuar como um regulador natural do clima, contribuía para a manutenção de ciclos hidrológicos estáveis, a redução da intensidade das ondas de calor e a preservação da qualidade do solo. Com sua remoção, houve um impacto direto no aumento da temperatura média, decorrente da menor capacidade da paisagem de absorver e refletir adequadamente a radiação solar, agravando o fenômeno das ilhas de calor e aumentando o desconforto térmico. Além disso, a perda da biodiversidade e a alteração nos padrões de evapotranspiração comprometeram a capacidade de regeneração dos ecossistemas locais, aprofundando a vulnerabilidade ambiental da região.

Do ponto de vista socioeconômico, essas mudanças climáticas também têm implicações significativas. O desconforto térmico afeta diretamente a qualidade de vida da população, com possíveis reflexos na saúde, na produtividade laboral e no consumo de energia, devido ao aumento da demanda por sistemas de resfriamento. Essas condições representam um obstáculo adicional ao desenvolvimento sustentável do município, criando desafios na adaptação e mitigação dos impactos ambientais gerados pelo desmatamento.

Além disso, as transformações observadas colocam em evidência a dificuldade de Conceição do Araguaia em alcançar o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 13, que busca combater a mudança do clima e seus impactos, promovendo ações que assegurem a sustentabilidade ambiental e a resiliência climática. A trajetória atual do município reflete uma lacuna significativa entre as práticas econômicas predominantes, como a expansão agropecuária, e a necessidade urgente de adotar modelos produtivos que conciliem crescimento econômico com preservação ambiental.

Assim, os dados apresentados neste trabalho reforçam a importância de políticas públicas e ações integradas para a redução do desmatamento, a recuperação das áreas degradadas e a implementação de práticas sustentáveis na gestão territorial. Estratégias como a promoção da agropecuária sustentável, o incentivo à restauração florestal e a ampliação da educação ambiental são fundamentais para reverter os impactos negativos registrados e promover o equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a preservação do meio ambiente, assegurando condições climáticas mais favoráveis para as futuras gerações.

REFERÊNCIAS

- Arruda, Â. M., Masiero, É., & Kowalski, L. F. (2023). Análise do impacto da vegetação urbana na temperatura do ar e na umidade relativa em duas áreas habitacionais distintas de uma cidade de grande porte. *Revista de Arquitetura IMED*, 12(2), 38–55. <https://doi.org/10.18256/2318-1109.2023.v12i2.4952>
- Almidon, A. A., Cabrera, C. C., & Garate, Q. J. (2024). Trend analysis and change-point detection of temperature and rainfall in southern Peruvian Amazon and its relation to deforestation. *Journal of Agrometeorology*, 26(4), 425–430. <https://doi.org/10.54386/jam.v26i4.2687>
- Amorim, I. A., & Homma, A. K. O. (2022). Mudança de paisagem na mesorregião Sudeste Paraense: Coevolução com a pecuária bovina e os projetos de assentamentos. *Boletim de Geografia*, 40, e62277. <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v40.a2022.e62277>
- Amorim, M. C. C. T. (2000). *O clima urbano de Presidente Prudente/SP* (Tese de doutorado, Universidade de São Paulo).
- Brasil, C. F. dos S., Cruz, H. B., & Ferreira, L. M. P. (2024). Variação temporal dos índices de desconforto térmico urbano em Marabá-PA: Um estudo comparativo entre 2012 e 2022. *Revista Contemporânea*, 11(2), 45–60.
- Camacho, V. A. L., & Moschini, L. E. (2021). Planejamento ambiental urbano: A relação entre a cobertura vegetal e temperatura superficial na cidade de São Carlos, São Paulo, Brasil. *Environmental Science*, 10(2).
- Changnon, S. A. (Ed.). (2000). *El Niño 1997–1998: The climate event of the century*. Oxford University Press.
- Crompton, O., Corrêa, D., & Duncan, J. T. S. (2021). Deforestation-induced surface warming is influenced by the fragmentation and spatial extent of forest loss in Maritime Southeast Asia. *Environmental Research Letters*.
- Gomes, D. J. C., et al. (2022). Flow variability in the Araguaia River hydrographic basin influenced by precipitation in extreme years and deforestation. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, 57(3), 451–466.
- Gomes, A. C. dos S., et al. (2015). Análise estatística das tendências de elevação nas séries de temperatura média máxima na Amazônia central: Estudo de caso para a região do oeste do Pará. *Revista Brasileira de Climatologia*, 17. <https://doi.org/10.5380/abclima.v17i0.42898>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2012). *Mapa de biomas e vegetações*. IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2024). *Cidades e estados: Conceição do Araguaia (PA)*.

Instituto Nacional de Meteorologia. (2023). *Ondas de calor são resultados das alterações climáticas nos últimos 60 anos*. INMET.

Instituto Nacional de Meteorologia. (2024). *Normais climatológicas*. INMET.

Krüger, E. L., et al. (2018). Calibração do índice de conforto para espaços externos Physiological Equivalent Temperature (PET) para Curitiba. *Ambiente Construído*, 18(3), 135–148.

Lima, R. D. F., Santos, R. A. dos, & Vasconcelos, M. J. B. (2021). Impactos do calor extremo na saúde humana: Uma revisão integrativa. *Revista Brasileira de Saúde Ambiental*, 16(1), 23–34.

Mahari, W. A. W., et al. (2020). Deforestation of rainforests requires active use of UN's Sustainable Development Goals. *Science of the Total Environment*, 742, 140681.

Maruyama, C. M. (2020). *Pavimentos brandos para a mitigação das ilhas de calor: O caso do Jardim da Luz e seu entorno em São Paulo/SP* (Tese de doutorado, Universidade de São Paulo).

Moreira, P. H. O., et al. (2023). Variações sazonais do Índice de Temperatura Efetiva (ITE) e Índice de Calor (IC) com o uso do solo em zona urbana na Amazônia Oriental. *Caminhos de Geografia*, 24(93), 1–17.

Moreira, P., Cunha, A., Silva, J. J., & Costa, A. V. (2020). Variação microclimática de sítios urbanos com diferentes níveis de cobertura vegetal como subsídio à formação de ilha de calor. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(7), 3254–3274.

Nelder, J. A., & Wedderburn, R. W. M. (1972). Generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A*, 135(3), 370–384.

Neres, D. L., Silva, L. R. C. da, & Pereira, M. A. B. (2021). Influência da vegetação no conforto térmico urbano de um município do sul do Tocantins. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, 10(6), e47810615999. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i6.15999>

R Core Team. (2023). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing.

Roback, P., & Legler, J. (2021). *Beyond multiple linear regression: Applied generalized linear models and multilevel models in R*. Chapman and Hall/CRC.

Romero, M. A. B., et al. (2019). *Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas*. Universidade de Brasília.

Silva, A. J. da, Souza, M. L., & Pereira, F. T. (2023). Variações climáticas e impactos ambientais em Conceição do Araguaia-PA. *Revista GeoAmazônia*, 12(24), 1–15.

Silva, J. M. (2023). Influência da vegetação arbórea no conforto térmico de área urbana. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 16(1), 633–645. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.1.p633-645>

Souza, R. O., Alberto, K. C., & Barbosa, S. A. (2024). Efeitos da vegetação no microclima urbano de uma praça em Juiz de Fora. *PARC: Pesquisa em Arquitetura e Construção*, 15, e024023.

Thom, E. C. (1959). The discomfort index. *Weatherwise*, 12(1), 57–60.

Trigueiro, W. R., Nabout, J. C., & Tessarolo, G. (2020). Uncovering the spatial variability of recent deforestation drivers in the Brazilian Cerrado. *Journal of Environmental Management*, 275, 111243.

Venables, W. N., & Ripley, B. D. (2002). *Modern applied statistics with S* (4th ed.). Springer.

Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. Springer International Publishing.

CONCLUSÕES GERAIS

O presente estudo buscou realizar a análise sobre a relação entre o desmatamento e o aumento das temperaturas em Conceição do Araguaia evidenciando a profunda interconexão entre as atividades humanas e os impactos ambientais locais. A conversão de áreas de vegetação nativa em pastagens, motivada pela expansão da agropecuária, resultou em alterações significativas no equilíbrio climático da região, com aumento das temperaturas. A remoção da vegetação, que antes desempenhava um papel crucial na regulação climática e na preservação da qualidade do solo e da água, deixou a região vulnerável a condições ambientais extremas, comprometendo a capacidade de regeneração dos ecossistemas locais.

Essas transformações climáticas têm implicações diretas não apenas para o meio ambiente, mas também para a qualidade de vida da população local, que enfrenta desconforto térmico, impactos na saúde e aumento da demanda por energia, criando desafios para o desenvolvimento sustentável. A dificuldade de alinhar práticas econômicas, como a expansão da agricultura e pecuária, com os princípios do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 13, que visa mitigar os efeitos da mudança climática, torna-se evidente.

Portanto, é urgente adotar políticas públicas integradas que promovam a redução do desmatamento, a restauração de áreas degradadas e a implementação de práticas produtivas sustentáveis. Estratégias que envolvam agropecuária sustentável, reflorestamento e educação ambiental são fundamentais para reverter os impactos negativos causados pelas atividades antrópicas, equilibrando o crescimento econômico com a preservação ambiental. Somente por meio dessas ações será

possível garantir um futuro mais resiliente e sustentável para Conceição do Araguaia e, por extensão, para as demais regiões do Brasil, alinhando os interesses econômicos com a urgência da ação climática e da proteção do meio ambiente para as futuras gerações.

ANEXO 1 - NORMAS GERAIS DA REVISTA DE GESTÃO SOCIAL E AMBIENTAL

Os manuscritos submetidos à RGSA devem ser originais e inéditos, admitindo-se apenas versões preliminares previamente publicadas em anais de eventos científicos. A partir de 2022, artigos aceitos em português ou espanhol devem incluir versão em inglês. Cada artigo pode ter até seis autores e será avaliado exclusivamente pelo mérito científico, por meio de revisão por pares duplo-cega, sendo vedada a submissão simultânea a outra revista.

O editor pode aceitar, rejeitar ou solicitar ajustes de conteúdo e formatação conforme as normas da APA. Os textos devem apresentar linguagem acadêmica clara e rigorosa, com revisão ortográfica e gramatical obrigatória, sob pena de rejeição automática. A submissão exige carta assinada autorizando a publicação e a transferência de direitos autorais.

A revista segue as boas práticas da ANPAD, limita a 15% ao ano os artigos provenientes de uma mesma instituição e exige fundamentação teórica consistente e atualizada. Os manuscritos devem ser enviados exclusivamente pelo sistema OJS, em arquivo Word de até 2 MB, utilizando o modelo oficial da revista, sendo de responsabilidade exclusiva dos autores o conteúdo publicado.

ANEXO 2 – NORMAS GERAIS DA REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA FÍSICA)

Os manuscritos submetidos à Revista Brasileira de Geografia Física devem ser enviados exclusivamente pelo sistema online, redigidos em português ou inglês e formatados obrigatoriamente conforme o modelo da revista. Os textos devem seguir padrão A4, margens de 2 cm, fonte Times New Roman tamanho 11, espaçamento simples, duas colunas, recuo de parágrafo de 1,25 cm, título em tamanho 14 e subtítulos em itálico. A revista aceita Artigos, Revisões de Literatura e Notas Científicas, com mínimo de 15, 20 e 8 páginas, respectivamente, salvo autorização do Editor-Chefe.

Os manuscritos devem conter estrutura específica conforme o tipo, incluindo obrigatoriamente título, resumo, palavras-chave, abstract, keywords, seções metodológicas e referências. A identificação dos autores deve constar logo abaixo do título, com filiação completa e indicação de autor correspondente, sendo informações sobre financiamento restritas aos agradecimentos.

O resumo e o abstract devem ter até 250 palavras, ser estruturados, não conter citações e apresentar até cinco palavras-chave distintas do título. A introdução deve contextualizar o tema, apresentar o problema e os objetivos, sem uso de figuras ou tabelas. A seção de material e métodos deve permitir a reprodução do estudo, os resultados devem ser claros e acompanhados de figuras e tabelas padronizadas, a discussão deve interpretar os achados à luz da literatura e as conclusões devem ser objetivas e numeradas. As referências e citações devem seguir rigorosamente as normas da APA, priorizando literatura recente.



Universidade do Estado do Pará
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais
Mestrado Acadêmico
Tv. Enéas Pinheiro, 2626, Marco, Belém-PA, CEP: 66095-100
www.uepa.br/paginas/pcambientais