

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DAS MUDANÇAS NO USO DA TERRA NO MUNICÍPIO DE CORRENTE

Lorranne Stéfani Martins de Miranda¹

João Paulo da Silva Siqueira²

Ítalo Rômulo Mendes de Souza³

RESUMO

O desenvolvimento humano tem explorado intensamente os recursos naturais, especialmente o solo, gerando a expansão desordenada das cidades para atender ao crescimento populacional e econômico, resultando em sérias consequências ambientais. Este estudo teve como objetivo avaliar as modificações espaço-temporais no uso e cobertura da terra no município de Corrente - PI, para os anos de 2000 a 2023, através de técnicas de sensoriamento remoto. Os dados cartográficos foram obtidos na base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e as cenas para elaboração dos mapas de uso e cobertura da terra foram obtidas na plataforma do MapBiomas, Coleção 9, aplicadas as técnicas no software QGIS 3.34.9. A análise estatística dos dados foi feita por meio dos testes de *Shapiro-Wilk*, *Bartlett* e a correlação de *Pearson*, usando o software R. Como resultados, a análise entre os anos de 2000 a 2023 identificou 10 classes de uso, com a soja destacando-se pelo maior crescimento, com 5213,80%, seguida do algodão (2376%), expansão urbana (87,02%) e pastagem (82,43%). Em contrapartida, as Formações Naturais não Florestais reduziram-se em 55,73%, e a classe de rios, lagos e oceanos diminuiu em 49,64%, indicando a perda significativa de ecossistemas naturais devido às pressões antrópicas. Conclui-se que os resultados indicam que a intensificação das atividades agropecuárias e urbanas está diretamente associada à perda de biodiversidade e degradação dos ecossistemas. Esses achados ressaltam a urgência de políticas públicas que promovam práticas sustentáveis, com foco na preservação da vegetação nativa, recuperação de áreas degradadas e manejo das pastagens.

Palavras-chave: impactos ambientais; modificação ambiental; monitoramento espacial; sensoriamento remoto.

¹ Graduanda em Tecnologia em Gestão Ambiental – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – Campus Corrente. lorrannestefani@gmail.com

² Doutor em Engenharia Civil (Recursos Hídricos): área de concentração Saneamento Ambiental – Professor do – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí joao.siqueira@ifpi.edu.br

³ Mestre em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado: área de concentração - Conservação do Cerrado e Tecnologias Ambientais – Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí italo.romulo@ifpi.edu.br

ABSTRACT

Human development has intensely exploited natural resources, especially the soil, generating the disorderly expansion of cities to meet population and economic growth, resulting in serious environmental consequences. The aim of this study was to evaluate the spatio-temporal changes in land use and land cover in the municipality of Corrente - PI, for the years 2000 to 2023, using remote sensing techniques. The cartographic data was obtained from the database of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) and the scenes used to create the land use and land cover maps were obtained from the MapBiomas platform, Collection 9, and the techniques were applied in the QGIS 3.34.9 software. The data was statistically analyzed using the Shapiro-Wilk, Bartlett and Pearson correlation tests, using the R software. As a result, the analysis between the years 2000 and 2023 identified 10 classes of use, with soybean standing out for the greatest growth, with 5213.80%, followed by cotton (2376%), urban expansion (87.02%) and pasture (82.43%). In contrast, non-forest natural formations decreased by 55.73%, and the class of rivers, lakes and oceans decreased by 49.64%, indicating the significant loss of natural ecosystems due to anthropogenic pressures. In conclusion, the results indicate that the intensification of agricultural and urban activities is directly associated with the loss of biodiversity and the degradation of ecosystems. These findings highlight the urgent need for public policies that promote sustainable practices, focusing on the preservation of native vegetation, recovery of degraded areas and pasture management.

Keywords: environmental impacts; environmental modification; spatial monitoring; remote sensing.

Data de aprovação: 24/01/2024

1 INTRODUÇÃO

Historicamente, o desenvolvimento humano tem sido marcado por uma intensa e frequente exploração dos recursos naturais, especialmente do solo. (Oliveira; Feller, 2024). O constante avanço e desordenada ocupação dos espaços pelas atividades do homem tem modificado as paisagens naturais, no meio rural com atividades agropecuárias e no meio urbano com a expansão das cidades (Bezerra; Souza, 2021). Ainda de acordo com esses autores, à medida que as cidades se expandem para atender ao crescimento populacional e fomentar o desenvolvimento econômico, essa expansão frequentemente ocorre sem o devido planejamento e controle, resultando em graves consequências para o meio ambiente.

Um efeito amplamente perceptível é o processo de urbanização, que impacta diretamente o uso e a ocupação da terra, resultando na conversão de áreas verdes em zonas residenciais, comerciais e industriais. Esse processo pode levar à degradação do solo, incluindo sua compactação, impermeabilização e contaminação, o que causa um desequilíbrio nos ecossistemas e afeta negativamente os recursos hídricos, a fauna e a flora locais (Borges Neto, 2021).

Além disso, a crescente demanda por habitação, infraestrutura e serviços urbanos frequentemente resulta na ocupação de áreas ambientalmente sensíveis, como zonas de proteção de mananciais, encostas e áreas de preservação permanente (APPs). Outro ponto que vale ser mencionado é a diminuição da qualidade de vida nas cidades, visto que a falta de áreas verdes e espaços públicos urbanos compromete o bem-estar dos moradores, contribuindo para problemas como ilhas de calor, poluição do ar e (César *et al.*, 2023).

Morro e Schnitzler (2021), relatam que, a utilização da terra para fins agrícolas, podem resultar em consequências ruins com o manejo inadequado de áreas agrícolas, que é muito utilizado pelos produtores. O sistema convencional, método de produção agrícola mais utilizado, é caracterizado pelo uso de insumos químicos durante o processo de produção (Morro; Schnitzler, 2021). Além disso, o uso de maquinário agrícola contribui para a compactação do solo, sua degradação estrutural e a redução da infiltração de água. Esses impactos físicos complementam os efeitos químicos provocados pelo uso de agroquímicos, afetando diretamente a qualidade estrutural do solo (Pereira Filho *et al.*, 2023).

Nas últimas décadas, a necessidade de medidas de controle e monitoramento aumentaram, exigindo métodos eficientes e aplicáveis em grandes áreas simultaneamente. A evolução tecnológica trouxe ferramentas inovadoras que transformaram o estudo e a gestão do meio ambiente, além da necessidade de aquisição de dados em tempo real. As geotecnologias não apenas mudaram a forma de coletar, processar e analisar dados geoespaciais, mas também possibilitaram decisões informadas e eficazes em diversas áreas, como agricultura, gestão de recursos hídricos, conservação ambiental e planejamento urbano (Dambrós, 2020).

Entre essas inovações, destacam-se o geoprocessamento, o qual permite a coleta, armazenamento, análise e visualização de dados geoespaciais de forma eficiente e precisa, obtidas através de sensores que captam e fornecem informações entre variadas escalas temporais e/ou espaciais. Exemplos de aplicações de técnicas de geoprocessamento podem ser observadas nos estudos de Orlando (2020), utilizando cenas multiespectrais obtidas por sensores orbitais para analisar e diferenciar os diferentes manejos de fitonematoides em plantações de café em Monte Carmelo, MG, Coelho *et al.* (2024), avaliando as modificações no uso do solo em escala espaço-temporal de 1985 a 2020, em Cidelândia, Maranhão, constataram que a expansão da atividade agrícola e da urbanização avançou sobre áreas de vegetação natural, resultando na diminuição das áreas verdes do município.

O sensoriamento remoto, uma subárea do geoprocessamento, utiliza sensores em satélites, aeronaves e drones para coletar informações sobre a superfície terrestre sem contato direto, sendo essencial para o monitoramento de áreas extensas e de difícil acesso. Conceição (2023) destacou seu uso na agricultura, mostrando aplicações como monitoramento de lavouras, detecção de doenças e estresses hídricos, e pulverização eficiente de insumos. Pacheco (2021) analisou

mudanças no uso do solo em Araçuaí, MG, de 2000 a 2019, constatando reduções nas áreas de vegetação densa e rasteira, além de corpos d'água, enquanto áreas urbanizadas cresceram significativamente.

O monitoramento e a análise das mudanças no uso e ocupação da terra tornaram-se instrumentos essenciais para o planejamento territorial e a gestão ambiental. Através de base de dados como o projeto MapBiomas, sistemas de informação geográfica (SIG) e análises multitemporais, tornou-se possível uma avaliação mais precisa e sistemática das transformações espaciais (Neves *et al.*, 2022)

O MapBiomas, em particular, revolucionou este campo ao desenvolver uma metodologia inovadora que utiliza processamento em nuvem e classificadores automatizados aplicados a imagens de satélite, gerando séries históricas anuais desde 1985 que permitem compreender as mudanças na cobertura e uso do solo em todo o território brasileiro (MapBiomas, 2024). Esta iniciativa brasileira não apenas fornece dados precisos e atualizados, mas também democratiza o acesso à informação ambiental, servindo como ferramenta fundamental para pesquisadores, gestores públicos e educadores em suas análises e tomadas de decisão.

Apesar da diversidade de estudos voltados para uso e ocupação da terra em diferentes regiões do Brasil, ainda existe uma lacuna ao que se refere a aplicação de técnicas de geoprocessamento para entender o comportamento da dinâmica de uso e ocupação em cidades do extremo sul piauiense. Esta lacuna é particularmente relevante considerando que o monitoramento dessas mudanças é fundamental para o planejamento urbano e a gestão sustentável do território, além de fornecer subsídios importantes para políticas públicas e preservação dos recursos naturais da região. Diante disso, a hipótese desse trabalho é que há uma relação entre as diferentes classes de uso e ocupação da terra, sendo as classes de vegetação nativa mais propensas a alterações para surgimento ou intensificação de classes de atividades antrópicas, como a agricultura intensiva, em detrimento da vegetação nativa.

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar as modificações espaço-temporais no uso e cobertura da terra no município de Corrente - PI, para os anos de 2000 a 2023, através de técnicas de sensoriamento remoto.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 USO E OCUPAÇÃO DA TERRA

A transformação da paisagem natural em territórios antropizados constitui um processo histórico que se intensificou significativamente a partir da Revolução Industrial, iniciada por volta de 1760 na Grã-Bretanha, assumindo dimensões ainda mais expressivas no século XXI. Essa problemática se manifesta de diversas formas, principalmente, gerando impactos socioambientais negativos que afetam tanto a qualidade de vida da população quanto a preservação do meio ambiente (Alves, 2023). Entre as consequências desse uso e ocupação da terra desordenado estão a urbanização desenfreada, a erosão do solo por práticas agrícolas inadequadas e o assoreamento (Barros *et al.*, 2020).

A urbanização no Brasil ocorre de maneira desordenada e sem planejamento, resultando em impactos significativos nos sistemas naturais e na qualidade de vida urbana (Santos, 2023). O autor observa que a falta de planejamento adequado leva à ocupação irregular de áreas de risco e à destruição de ecossistemas naturais, que são essenciais para a manutenção do equilíbrio ambiental. Entre os principais problemas decorrentes dessa urbanização desordenada estão os desastres ambientais, como inundações frequentes, que se tornam cada vez mais comuns e intensos.

Como exemplo, no estudo de Mansano e Serrano (2023), a urbanização tem uma relação direta com eventos de inundação. A pesquisa realizada na bacia do Igarapé São Francisco, em Rio Branco, analisou a inundação ocorrida em março de 2023, destacando a interconexão entre urbanização, mudanças climáticas e eventos hidrológicos extremos. O estudo revelou que a área

afetada pela inundação foi de 5,034 km², com uma precipitação de 173,2 mm registrada em 14 horas e um tempo de retorno estimado entre 69 e 100 anos, evidenciando a excepcionalidade do evento. A análise também mostrou uma perda de 6,3% na área florestal e um aumento de 2,42% na área urbana, refletindo como a urbanização desordenada contribui para a impermeabilização do solo e o aumento dos riscos de inundações.

Além disso, as práticas agrícolas inadequadas realizadas pelos agricultores podem resultar em erosão e assoreamento. Fiorese *et al.* (2019) mostram que métodos como o "plantio em morro abaixo" e a monocultura, quando não planejados adequadamente, aumentam consideravelmente a vulnerabilidade do solo à erosão. A análise desses pesquisadores evidencia que tais métodos agrícolas contribuem para a degradação da terra, potencializando processos erosivos e o consequente assoreamento dos cursos d'água.

Cheliz, Rodrigues e Ladeira (2023) estudaram o assoreamento na cidade de Araraquara por meio de revisão de literatura e visitas de campo, constatando que ele surgiu como resultado do crescimento urbano desordenado e da impermeabilização do solo, que intensificaram a erosão e o transporte de sedimentos para a represa do Ribeirão das Cruzes. A ocupação inadequada das áreas adjacentes, sem a devida consideração para a preservação da vegetação e do solo, contribuiu para a degradação ambiental, levando a um aumento significativo nos processos de assoreamento. Como consequência, a capacidade de armazenamento da represa foi comprometida, resultando em problemas relacionados à qualidade da água e ao abastecimento. Para enfrentar essa situação, a prefeitura investiu mais de 2 milhões de reais em intervenções de desassoreamento entre 2018 e 2021, evidenciando a gravidade do problema e a necessidade urgente de uma gestão mais sustentável do uso do solo e dos recursos hídricos na região.

De forma similar, Martins, Santos e Filho (2020) realizou um estudo sobre o assoreamento do reservatório Bom Jardim, conduzido por meio de técnicas de análise de satélites e geoprocessamento, evidenciou que o uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica estão diretamente relacionados ao assoreamento. Utilizando o modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tool), os pesquisadores simularam a produção e o transporte de sedimentos em diferentes cenários de uso do solo, variando entre áreas agrícolas e florestais. As simulações indicaram que a substituição de áreas agrícolas por florestas reduziu significativamente a produção de sedimentos, com cenários de alta substituição (100% de reflorestamento) apresentando reduções de assoreamento de até 22,6%. Mesmo pequenas mudanças, como a substituição de 2% das áreas agrícolas por florestas, resultaram em uma redução de 0,56% no aporte de sedimentos, demonstrando o impacto positivo do reflorestamento.

2.2 GEOTECNOLOGIAS COMO FERRAMENTA DE MONITORAMENTO

As geotecnologias referem-se a um conjunto de tecnologias utilizadas para a coleta, processamento, análise e apresentação de informações geográficas. Elas englobam uma variedade de ferramentas e métodos que permitem a manipulação de dados espaciais, facilitando a compreensão e a representação do espaço geográfico. Compostas por soluções em *hardware*, *software* e *peopleware*, essas tecnologias formam poderosas ferramentas de monitoramento. Como aplicação prática, temos o geoprocessamento, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e o sensoriamento remoto (Dambrós, 2020).

O geoprocessamento envolve o uso de técnicas e tecnologias como Sistemas de Informações Geográficas (SIG), Sistemas de Navegação Global por Satélite (GNSS) e Sistemas de Processamento de Imagens (SPI), que são utilizadas para a coleta, armazenamento, análise e visualização de dados geoespaciais com finalidades específicas (Rocha, 2021). Essa abordagem permite integrar diferentes tipos de dados, facilitando a análise espacial e temporal de fenômenos ambientais. O conjunto de técnicas inclui *hardware*, como câmeras, satélites, GPS e computadores, além de *softwares* capazes de manipular e armazenar dados e informações (Rodrigues, 2023).

No estudo de Júnior e Nascimento (2023), foi observado que o geoprocessamento foi eficaz na identificação de áreas propensas a eventos hidrológicos críticos. Essa abordagem permitiu identificar regiões com histórico de alagamentos e inundações recorrentes, fornecendo informações que podem ser utilizadas pelo poder público e outros setores para desenvolver soluções e direcionar investimentos que visem melhorar a qualidade de vida da população.

Fantin e Vizioli (2021) destacam os SIG como ferramentas relevantes para processar e compreender informações espaciais. Através dos SIG, o mundo real é transformado em representações digitais, permitindo o gerenciamento e armazenamento eficiente de dados, a identificação de relações entre variáveis espaciais e a criação de relatórios e mapas que facilitam a visualização e a análise desses relacionamentos.

O sensoriamento remoto, por sua vez, envolve a coleta de informações sobre a superfície terrestre através de sensores instalados em satélites, aeronaves ou drones, sem a necessidade de contato direto com os objetos ou áreas analisadas. (Silva; Orlanda, 2024). Conforme observado no estudo de Melo *et al.* (2021), essas tecnologias oferecem uma visão ampla e detalhada das mudanças na paisagem, sendo particularmente úteis para monitorar regiões extensas e de difícil acesso.

Em linha com essa abordagem, Ribeiro *et al.* (2023) utilizaram sensoriamento remoto para analisar os efeitos do clima e da intervenção humana na erosão hídrica do solo na bacia do rio Canoas, em Santa Catarina. A análise espacial dos dados revelou que, mesmo em anos de alta pluviosidade, as chuvas não foram determinantes para aumentar a vulnerabilidade à erosão. O estudo identificou que as áreas mais suscetíveis à erosão hídrica são aquelas que anteriormente eram utilizadas como pastagens.

Santos *et al.* (2024) também destacaram a eficácia do sensoriamento remoto e dos sistemas de informações geográficas na pesquisa sobre o uso e ocupação do solo no município de Ourém, Pará. O estudo ressaltou a relevância da utilização de dados multiespectrais na criação de mapas que documentam as transformações nas atividades agrícolas, pecuárias e na extração de seixo durante o período de 2016 a 2020. Essa metodologia foi destacada por sua eficiência e baixo custo, enfatizando que os resultados obtidos são fundamentais como subsídios para o poder público, auxiliando nas decisões estratégicas para o planejamento e zoneamento ambiental.

Muitos estudos continuam sendo desenvolvidos com o auxílio das geotecnologias, evidenciando a crescente importância dessas ferramentas na pesquisa e gestão ambiental.

No estudo de Lima e Vieira (2024) intitulado "Análise espaço-temporal do uso e cobertura da terra na expansão da agricultura de cana-de-açúcar no município de Aldeias Altas, Maranhão, Brasil", foi utilizada uma metodologia baseada em geoprocessamento para analisar a evolução da paisagem ao longo dos anos 2000, 2010 e 2021. Por meio do método de Análise Evolutiva da Paisagem e do uso de imagens do Projeto MapBiomas e dados da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM), foram investigadas áreas de agricultura, floresta, corpos d'água e cana-de-açúcar na região.

A análise revelou um aumento significativo na área destinada à cana-de-açúcar, refletindo a modernização produtiva da região. A metodologia geoespacial empregada permitiu identificar as mudanças na paisagem ao longo do tempo, destacando a importância do geoprocessamento para o planejamento e gestão ambiental sustentável. Os resultados obtidos fornecem subsídios essenciais para políticas de desenvolvimento rural e crescimento sustentável do agronegócio, evidenciando a relevância do monitoramento das transformações decorrentes da expansão da agricultura de cana-de-açúcar em Aldeias Altas.

Coelho *et al.* (2024) conduziram um estudo semelhante sobre o uso e ocupação do solo no município de Cidelândia - MA, utilizando ferramentas de geoprocessamento e dados cartográficos digitais do IBGE, DGI/INPE e MapBiomas, com imagens *raster* dos anos de 1985, 2010 e 2020, além de imagens de satélite Landsat-8 e shapefiles do IBGE. Diversos indicadores, como o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e mapas de uso e ocupação da

terra, foram calculados. Os resultados revelaram um aumento nas atividades agropecuárias, resultando em uma diminuição do índice de áreas verdes ao longo do tempo. Entre 1985 e 2010, houve pouca ou nenhuma mudança, mas em 2020 ocorreu uma redução significativa nas áreas verdes, atribuída ao aumento das áreas de pastagem. A pesquisa destacou a importância das ferramentas de geoprocessamento na análise ambiental e ressaltou a necessidade de uma gestão mais cuidadosa dos recursos socioambientais para um planejamento urbano e territorial sustentável.

O estudo realizado por Souza *et al.* (2023) empregou uma metodologia que incluiu a análise de imagens de satélite Landsat 5 e Landsat 8 com intervalos temporais de 10 anos para rastrear as atividades de extração mineral ao longo do Rio Jequitinhonha. Através do tratamento da interferência atmosférica nas bandas espectrais, cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e classificação supervisionada das áreas de interesse através de mapas de uso e ocupação da terra, foi possível identificar mudanças significativas na morfologia fluvial ao longo de um período de 40 anos. Os resultados revelaram um impacto substancial da atividade de garimpo de ouro e diamantes nas margens do rio, com alterações evidentes nos padrões de drenagem e no aporte sedimentológico. A análise dos dados processados no *software* Quantum GIS proporcionou uma compreensão mais minuciosa das transformações ambientais ocorridas na região, destacando a importância do monitoramento contínuo para a gestão sustentável dos recursos naturais.

2.3 MAPBIOMAS E SUA APLICAÇÃO NO MONITORAMENTO AMBIENTAL

O MapBiomas é uma das mais importantes iniciativas colaborativas no monitoramento ambiental brasileiro, envolvendo ONGs, universidades e empresas de tecnologia. Iniciado em 2015, o projeto desenvolveu uma metodologia inovadora para gerar séries históricas anuais de mapas de uso e cobertura do solo do Brasil, utilizando processamento em nuvem e classificadores automatizados aplicados a imagens de satélite (MapBiomas, 2024). A iniciativa surgiu da necessidade de entender de forma mais precisa as transformações na cobertura e uso do solo no território brasileiro, destacando-se pela capacidade de processar grandes volumes de dados espaciais e gerar informações consistentes desde 1985 até o presente (Lima *et al.*, 2024).

Diversos estudos têm utilizado os dados do MapBiomas para investigar as dinâmicas do uso da terra. Gonçalves e Ribeiro (2021), por exemplo, utilizaram dados da classificação de uso e cobertura do solo do projeto MapBiomas para avaliar a evolução da classe Floresta Plantada na região da Ilha de Santa Catarina e Baixada do Maciambu ao longo de 35 anos. Os resultados mostraram uma tendência de crescimento expressivo da área de cobertura, que aumentou aproximadamente dez vezes em relação ao primeiro ano da classificação (1985), destacando a importância do MapBiomas como uma fonte relevante de informações sobre o uso e a cobertura do solo em nível nacional.

Outro estudo relevante foi realizado por Rosan *et al.* (2021) que conduziram uma avaliação das emissões de carbono resultantes de mudanças no uso e cobertura da terra (LULCC) no Brasil entre 2000 e 2019, utilizando dados de alta resolução do projeto MapBiomas. A pesquisa comparou diferentes produtos de LULCC, como o MapBiomas e o HYDE, para identificar discrepâncias e melhorar a precisão das estimativas de emissões. Os resultados indicaram que as emissões anuais médias variaram entre 0,1 e 0,4 PgC por ano, com a Amazônia brasileira sendo a maior fonte de emissões de LULCC no país. O estudo também observou uma desaceleração nas emissões após 2004, refletindo a diminuição nas taxas de desmatamento.

A contribuição do MapBiomas para a compreensão das dinâmicas territoriais no Brasil é de grande importância para o desenvolvimento de políticas públicas de gestão e conservação ambiental. O projeto fornece dados que são fundamentais para o monitoramento das mudanças no uso da terra, como o desmatamento, a expansão agrícola e o crescimento urbano, permitindo a elaboração de estratégias para mitigar os impactos negativos dessas transformações. O estudo

de Dias, Silveira e Francisco (2023), realizado no Centro de Endemismo de Pernambuco, exemplifica o uso do MapBiomas para processar camadas anuais de uso e cobertura da terra de 1985 a 2020. A pesquisa revelou importantes dados sobre a cobertura florestal, fragmentação dos ecossistemas e taxas de desmatamento, destacando a pressão sobre as florestas dessa região e a necessidade urgente de estratégias de conservação.

Além de contribuir com informações para o entendimento das transformações territoriais, o MapBiomas também tem se destacado como ferramenta pedagógica. A plataforma oferece aos professores um vasto acervo de dados geoespaciais e recursos visuais que enriquecem o processo de ensino-aprendizagem, especialmente em temas ambientais, geografia, biologia e ciências sociais.

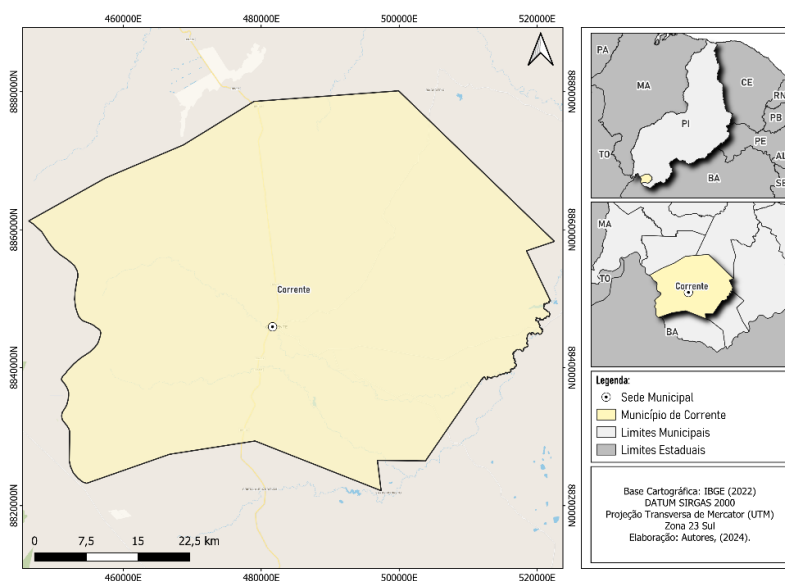
Um exemplo disso é o estudo realizado por Souza, Araújo Sobrinho e Silva (2024) com estudantes do 7º ano do Ensino Fundamental, nos Centros de Ensino Fundamental (CEF) Polivalente e CEF 28, no Distrito Federal. Os alunos utilizaram a plataforma MapBiomas para criar maquetes interativas dos biomas brasileiros, incorporando dados geoespaciais e criando representações tridimensionais dos conteúdos estudados. Essa abordagem não só facilitou a compreensão dos biomas de maneira lúdica, mas também promoveu o engajamento dos alunos com as geotecnologias.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Corrente, localizado no extremo Sul piauiense, sob as coordenadas geográficas 45°09'34"S de latitude e 10°26'36"W de longitude. A cidade dista cerca de 818 km da capital, Teresina. A área estudada, possui uma população estimada em torno de 27.278 habitantes, com densidade demográfica de aproximadamente 8,95 hab/km² e extensão territorial abrangendo cerca de 3.048,747 km² (Mapa 1) conforme indica o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022). O clima predominante na região é classificado como tropical subúmido quente, caracterizado por um período seco que se estende por aproximadamente cinco meses. O bioma predominante na área é o Cerrado (IBGE, 2022).

Mapa 1 -Localização da Área de Estudo, Município de Corrente – Piauí



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A categorização pedológica da área de estudo indica predominância de Latossolos Amarelos (39,42%), Luvissole Crômico (16,24%), Neossolos Quartzarênicos (15,25%) além da presença de Neossolos Litólicos (12,72%) (BDIA/IBGE, 2025).

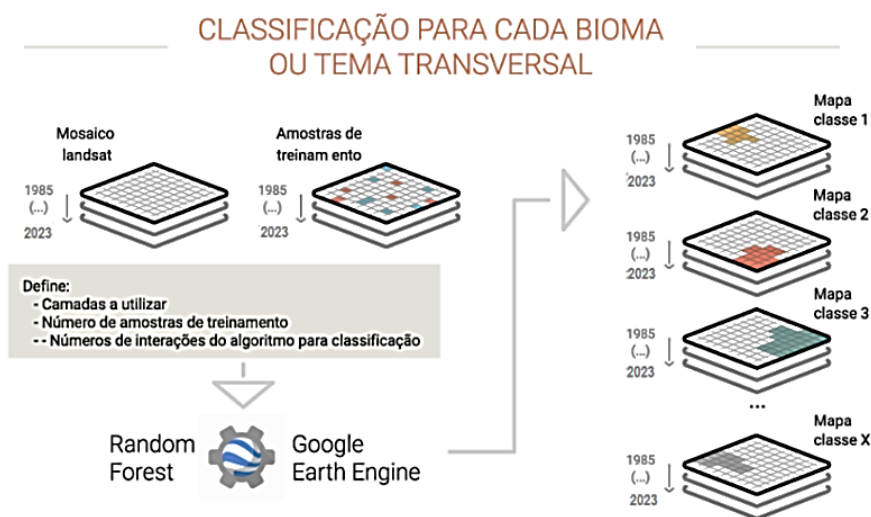
3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o desenvolvimento deste trabalho, a metodologia seguiu uma sequência estruturada que abrange desde a aquisição de dados cartográficos até o processamento e análise dos mesmos, utilizando aplicações de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Inicialmente, os dados cartográficos (*Shapefile*) do estado do Piauí e do município de Corrente - PI foram obtidos através do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023).

3.2.1. Obtenção de dados de uso e cobertura da terra

Para a elaboração dos mapas de uso e cobertura da terra, foram utilizados produtos matriciais do Projeto MapBiomas. O projeto emprega imagens de satélite Landsat e técnicas avançadas de classificação pixel a pixel (Figura 1) de cenas com resolução espacial de 30 metros, para produzir mapas anuais de cobertura e uso do solo (Leonardo *et al.*, 2021). Para o estudo foi utilizada a versão da Coleção 9, na qual dispõe de um amplo recorte temporal (1985-2023) os quais estão disponíveis publicamente sob licença CC-BY-AS (MapBiomas, 2024).

Figura 1 - Procedimentos metodológicos do MapBiomas



Fonte: MapBiomas (2025).

Na base de dados do MapBiomas realizou-se o *download* de seis cenas num recorte temporal de 23 anos para classificação da cobertura e uso da Terra em formato *GeoTiff*, intervalados a cada cinco anos, sendo: 2000, 2005, 2010, 2015, 2020 e 2023. Exceto o ano de 2023, pois é o último ano disponível na plataforma MapBiomas.

As imagens foram importadas para o *software* QGIS (2025), versão 3.34.9 Prizren, onde todos os processos de criação dos mapas foram conduzidos. No QGIS, os *rasters* foram recortados de acordo com a camada de máscara do município de Corrente - PI. Em seguida, adquiriu-se os códigos referências para categorização das classes de cobertura e uso da terra, disponibilizada pelo MapBiomas e aplicadas as cenas permitindo sua categorização conforme cores previamente indicadas, para as classes de uso e ocupação e, assim, resultando na confecção final dos mapas.

Para calcular as áreas de cada classe de uso e ocupação da terra, utilizou-se a função "Reporta camada *raster* de valor único" disponível no QGIS. Para cada ano, o *raster* recortado foi analisado, gerando uma tabela de dados em formato "xlsx". Esses dados foram então importados para o Excel para processamento. No Excel, para o cálculo das extensões de cada

classe, converteu-se os valores dados em metros quadrados (m²) para quilômetros quadrados (km²) utilizando a fórmula: =CONVERTER. Em seguida, a taxa de transição entre os anos foi calculada utilizando a Equação 1, onde, AF representa a área final e AI, a área inicial.

$$\frac{(AF - AI)}{AI} \times 100 \quad (\text{eq.1})$$

Com o processamento dos dados, foram identificadas 12 classes de uso e ocupação da terra: Formação Florestal; Formação Savânica; Campo Alagado e Área Pantanosa; Formação Campestre; Pastagem; Mosaico de Usos; Área Urbanizada; Outras Áreas Não Vegetadas; Rio, Lago e Oceano; Soja; Outras Lavouras Temporárias; e Algodão, sendo a última encontrada apenas entre os anos de 2010 a 2023. A definição de cada classe, dada pelo Mapbiomas pode ser vista no Quadro 1 abaixo.

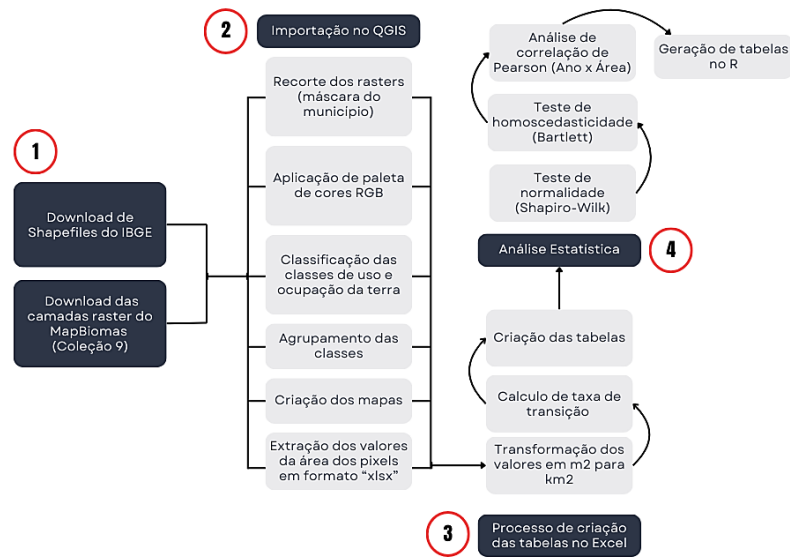
Quadro 1 - Descrição das classes de uso e cobertura do Mapbiomas Brasil, coleção 9

DESCRIÇÃO DAS CLASSES DO MAPBIOMAS	
Formação Florestal	Áreas com dossel contínuo, incluindo florestas ombrófilas densas e estacionais.
Formação Savânica	Vegetações com dossel aberto, como o Cerrado, com árvores de pequeno porte e gramíneas.
Campo Alagado e Área Pantanosa	Áreas sazonalmente alagadas, com vegetação herbácea e plantas aquáticas.
Formação Campestre	Áreas herbáceas, como campos limpos e sujos, com baixa densidade de árvores.
Pastagem	Áreas destinadas à criação de gado, que podem ser naturais ou cultivadas.
Mosaico de Usos	Áreas onde diferentes usos do solo se sobrepõem, como pastagens, agricultura e urbanização.
Área Urbanizada	Regiões com infraestrutura urbana, alta densidade de construção e pouca vegetação.
Outras Áreas Não Vegetadas	Áreas sem vegetação como desertos, rochas expostas, áreas de mineração e terrenos áridos.
Soja	Áreas de cultivo de soja.
Outras Lavouras Temporárias	Áreas cultivadas com culturas temporárias, como milho, feijão soja e arroz.
Algodão	Áreas de cultivo de algodão.
Rio, Lago e Oceano	Corpos d'água, incluindo rios, lagos e oceanos.

Fonte: MapBiomas (2024).

As classes “Formação Florestal” e “Formação Savânica” foram agrupadas, assim como as classes “Campo Alagado e Área Pantanosa” e “Formação Campestre” semelhante a Duarte, Lima e Costa (2022), Francisco *et al.* (2023), Lima e Vieira (2024), Sampaio e Souza (2022) passando a ser nomeadas, respectivamente, como “Vegetação Natural” e “Formação Natural não Florestal” para assim facilitar a visualização dos dados (Fluxograma 1).

Fluxograma 1 - Metodologia utilizada para desenvolvimento do estudo



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

3.2.2. Análise estatísticas

A partir dos dados de área de cada classe de uso e ocupação da terra dos anos avaliados aplicou-se testes estatísticos para melhor avaliá-los e obter dados de correlação entre as classes. Inicialmente foi investigado o comportamento dos dados do conjunto de dados analisados, isso ocorreu em três etapas.

Primeiro, foi realizado o teste de normalidade de *Shapiro-Wilk*, aplicado para avaliar se o conjunto de dados seguiam uma distribuição normal, a um nível de significância de 0,05. A homoscedasticidade foi avaliada com o teste de *Bartlett*, também considerando um nível de significância de 0,05. Por último o conjunto de dados foi visualizado em um histograma, visualizando a frequência e distribuição dos dados.

Com os resultados favoráveis quanto à normalidade e homoscedasticidade, foi aplicada a análise de correlação de *Pearson* para investigar a relação entre as variáveis "Ano" e "Área". Esse método foi escolhido por ser apropriado para dados normalmente distribuídos, permitindo avaliar a força e direção da correlação entre essas variáveis. Os procedimentos estatísticos realizados no estudo, utilizou-se o software R (www.R-project.org), conforme descrito na Fluxograma 1.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, são apresentadas as áreas (em km²) correspondentes às diferentes classes de uso e cobertura da terra no município de Corrente, distribuídas nos anos de 2000 a 2023. O levantamento oferece uma visão quantitativa das mudanças nas classes intervaladas a cada cinco anos, com exceção do último intervalo, no recorte temporal, evidenciando as variações ocorridas. Além disso, os dados numéricos são representados no Gráfico 1.

Observa-se que a classe "Vegetação Natural" embora apresente maiores extensões em área das classes estudadas para os anos avaliados, verifica-se uma redução gradual entre os anos de 2000 e 2020 de 2.315,40 km² para 2.100,96 km² (Tabela 1), o que representa uma perda de 9,26%. Esse decréscimo pode ser atribuído à conversão de áreas de floresta para outras atividades, como a expansão de culturas anuais e práticas pecuárias, fenômeno também observado por Santos e Brito (2021) em Minaçu, Goiás, onde, entre 1988 e 2018, ocorreu uma redução significativa da

vegetação nativa, o que indicou a conversão de vegetação nativa em pastagens com um incremento de ocupação pela atividade de 10% para 26% do território municipal.

A exemplo de Santos e Brito (2021) que corrobora com o presente estudo, quando as áreas de floresta dão lugar as culturas anuais, como a soja (entre 2010 e 2023), com crescimento de 1369% e algodão entre 2015 e 2023 de 2376%. Tal tendência reforça a premissa que as áreas nativas tendem a reduzir em detrimento de atividades antrópicas a exemplo das culturas anuais e perenes além da expansão urbana, notada no presente estudo como crescente (87,02%) entre o recorte temporal analisado.

No entanto, em 2020, observou-se um aumento na área dessa classe (Vegetação Natural), indicando um processo de recuperação (Gráfico 1), com a classe alcançando 2.350,97 km², superando os valores de 2000 e registrando um aumento de 1,54% (Tabela 2).

A classe "Formação Natural Não Florestal" apresentou uma redução expressiva ao longo do período analisado, passando de 17,31 km² em 2000 para 7,66 km² em 2023 (Tabela 1), o que corresponde a uma perda de 55,73% (Tabela 2). Inicialmente, essa classe manteve-se estável até 2020, com uma leve redução registrada em 2010. Essa tendência é corroborada por Lima e Vieira (2024), que analisaram essas formações no município de Aldeias Altas, Maranhão. Em seu estudo, a área de formação natural não florestal permaneceu estável em 3.359,52 hectares entre 2000 e 2010, mas apresentou redução significativa em 2021, evidenciando a pressão sobre essas formações ao longo dos anos, provavelmente associada à conversão para agricultura e pecuária.

Tabela 1 - Área das classes de uso e ocupação da terra no município de Corrente – PI

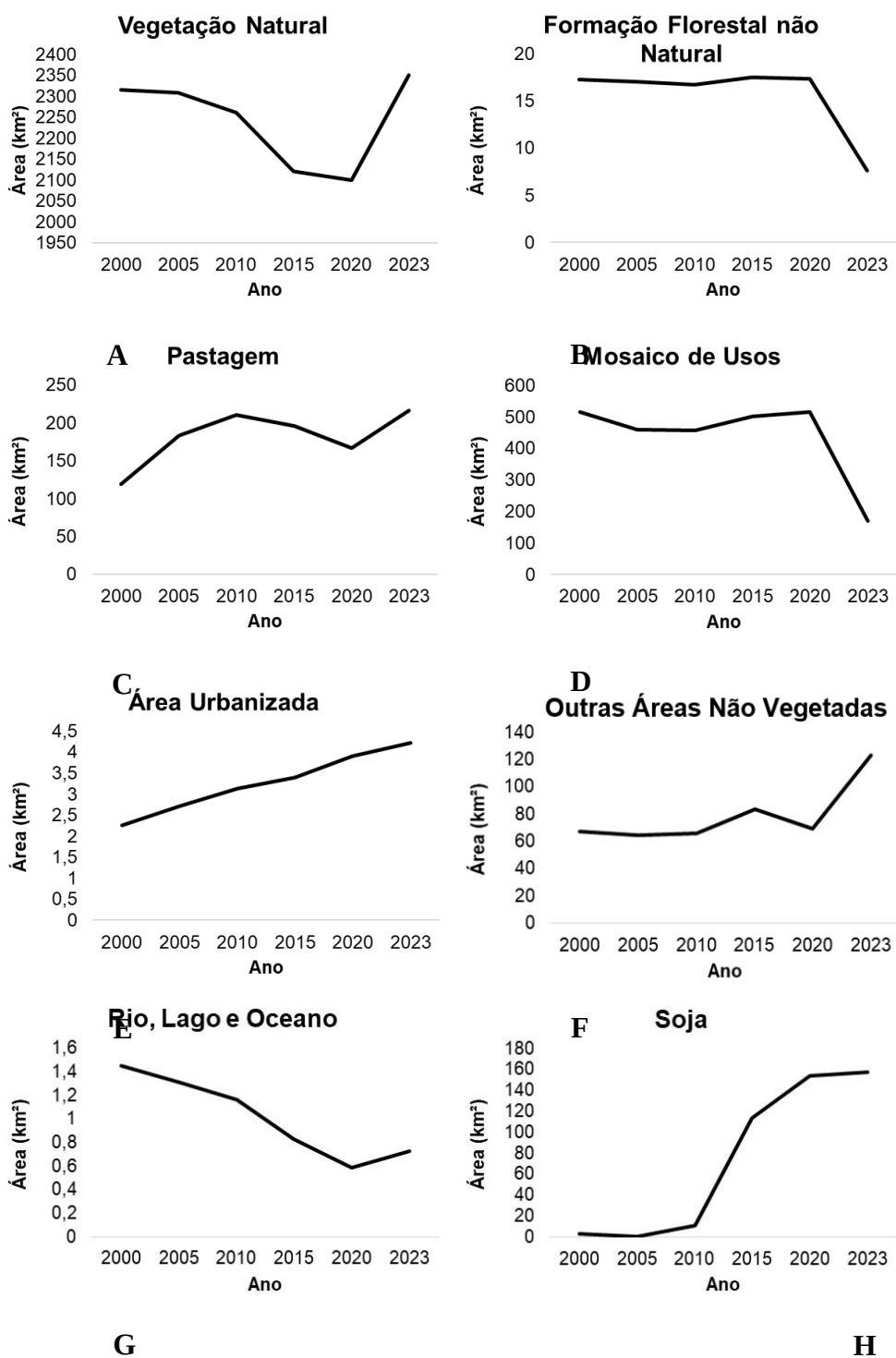
Classes de uso da Terra	Área em km ² por ano					
	2000	2005	2010	2015	2020	2023
Vegetação Natural	2.315,40	2.308,19	2.261,01	2.121,62	2.100,96	2.350,97
Formação Natural não Florestal	17,31	17,07	16,78	17,54	17,40	7,66
Pastagem	118,84	183,1	211,04	195,84	166,45	216,8
Mosaico de Usos	514,80	459,48	456,65	502,81	515,15	169,21
Área Urbanizada	2,26	2,71	3,14	3,39	3,90	4,23
Outras Áreas Não Vegetadas	67,24	64,71	66,13	83,46	69,43	123,20
Rio, Lago e Oceano	1,45	1,31	1,16	0,83	0,59	0,73
Soja	2,87	1,03	10,73	113,97	154,26	157,72
Outras Lavouras Temporárias	6,15	8,73	19,69	6,71	14,16	11,60
Algodão	0	0	0	0,17	4,02	4,21
Total	3046,30	3046,30	3046,30	3046,30	3046,30	3046,30

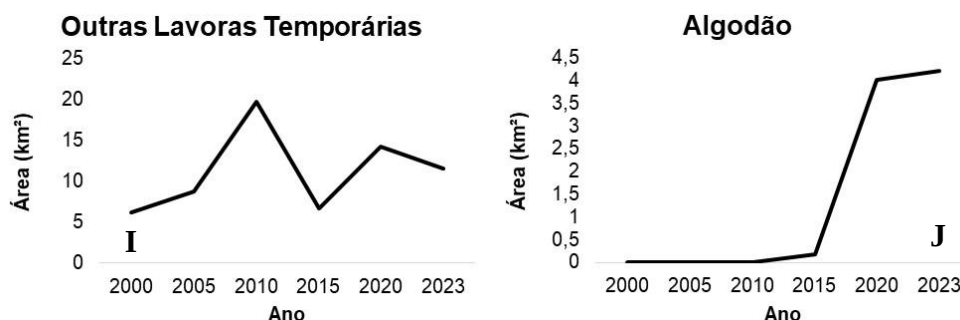
Fonte: Elaborado pelo autor (2025), adaptado de MapBiomias (2023).

A classe "Pastagem", que corresponde do leste ao sul (Mapas 2 e 3), cresceu de 118,84 km² em 2000 para 216,80 km² em 2023 (Tabela 1), com um aumento de 82,43% (Tabela 2). O maior crescimento ocorreu entre 2000 e 2005, com uma taxa de transição de 54,07%. Entre 2010 e 2020, houve uma redução de -15%, mas a partir de 2020, a classe se recuperou com um crescimento de 30,25% até 2023 (Tabela 2). Esse aumento estar relacionado à diminuição da "Vegetação Natural", sugerindo que a expansão das pastagens ocorreu em parte à custa da vegetação nativa. Semelhante, Silva Neto *et al.* (2024) analisaram o uso da terra em Tauá, Ceará, entre 1991 e 2021, observando um aumento de pastagem de 1991 para 180,74 km² (4,50% do

território) em 2021, quadruplicando em comparação com o início do período, enquanto a vegetação nativa, principalmente a caatinga, diminuiu.

Gráfico 1 – Área (km²) das classes de uso e cobertura da terra no município de Corrente – PI
 A: Vegetação natural; B: Formação florestal não natural; C: Pastagem; D: Mosaicos de usos;
 E: Área Urbanizada; F: Outras Áreas Não Vegetadas; G: Rio, Lago e Oceano; H: Soja; I: Outras
 Lavouras Temporárias J: Algodão





Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

As classes agrícolas, como "Soja", "Algodão" e "Outras Lavouras Temporárias", apresentaram aumentos expressivos nas regiões oeste, sul e sudoeste (Mapas 2 e 3). A soja se destacou com um aumento de 5213,80% entre 2000 e 2023, passando de 2,26 km² para 157,72 km², um crescimento de cerca de 52 vezes (Tabela 2). Esse movimento reflete a intensificação do cultivo de grãos na região.

"Outras Lavouras Temporárias", que englobam cultivos agrícolas de ciclo curto ou médio como milho, feijão e mandioca, aumentaram 88,63% no mesmo período (Tabela 2). O algodão, iniciado em 2015 com 0,17 km², alcançou 4,21 km² em 2023, com um crescimento de 2376,47% (Tabela 2). O cultivo de algodão, por sua vez, iniciou seu registro como atividade de uso e ocupação da terra na região em 2015, com uma área de 0,17 km², e alcançou 4,21 km² em 2023 (Tabela 1), registrando uma taxa de crescimento de 2376,47% (Tabela 2).

A classe "Mosaico de Usos", que se refere-se a áreas mista que combina pastagem, agricultura e áreas periurbanas, sofreu uma redução de -67,13% entre 2000 e 2023, saindo de 514,80 km² para 169,21 km² (Tabelas 1 e 2). Essa queda indica a conversão dessas áreas multifuncionais para usos mais específicos, como pastagem, soja e algodão. O Gráfico 1 mostra uma diminuição acentuada entre 2020 e 2023 (-67,15%), enquanto entre 2010 e 2015 houve um pequeno aumento de 10,11%, o maior registrado no período (Tabela 2).

O crescimento da produção agrícola, particularmente das culturas de soja e algodão, no município de Corrente-PI, reforça a tendência de expansão agrícola da região, que faz parte do MATOPIBA, área composta pelos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. Esta região se destaca como uma das mais importantes para a produção agrícola no Brasil, com ênfase na produção de grãos como soja, milho e arroz, além de outras *commodities* agrícolas, como algodão e café (Assunção; Depieri, 2022). A expansão da soja e de outras culturas agrícolas é particularmente visível entre os anos de 2015 e 2023 no Mapa 3, com uma presença mais expressiva na região oeste de Corrente, onde faz fronteira com os estados do MATOPIBA.

Santos *et al.* (2023) destacam uma mudança significativa no uso e cobertura da terra no município de Balsas, MA, especialmente no contexto do MATOPIBA. De acordo com os autores, a área destinada ao cultivo de soja aumentou substancialmente, passando de 163,10 km² em 1991 para 2.703,60 km² em 2021. Esse crescimento representou uma expansão de 0,93% para 20,57% do uso do solo no período analisado, o que está diretamente relacionado a um processo de desmatamento impulsionado pela ampliação da fronteira agrícola, ressaltando a crescente relevância dessa cultura para a economia local e regional.

Os valores mostrados na Tabela 2 refletem as mudanças relativas nas diferentes categorias de uso da terra entre os anos, evidenciando a intensidade e o sentido das alterações ao longo do tempo. Valores positivos indicam um incremento nas áreas correspondentes, enquanto os valores negativos refletem a diminuição das classes ao longo dos anos.

Tabela 2 - Quantificação da Taxa de Transição (%) do uso e cobertura no município de Corrente – PI

Classes de uso da Terra	TAXA DE TRANSIÇÃO (%)					
	2000- 2005	2005- 2010	2010- 2015	2015- 2020	2020- 2023	2000- 2023
Vegetação Natural	-0,31	-2,04	-6,16	-0,97	11,90	1,54
Formação Natural não Florestal	-1,36	-1,73	4,57	-0,80	-55,97	-55,73
Pastagem	54,07	15,26	-7,20	-15,00	30,25	82,43
Mosaico de Usos	-10,74	-0,62	10,11	2,45	-67,15	-67,13
Área Urbanizada	19,77	15,93	7,95	15,06	8,45	87,02
Outras Áreas não Vegetadas	-3,76	2,18	26,22	-16,81	77,45	83,22
Rio, Lago e Oceano	-9,87	-10,95	-29,11	-28,09	23,08	-49,64
Soja	-64,02	937,27	962,17	35,35	2,24	5213,80
Outras Lavouras Temporárias	41,94	125,63	-65,91	111,04	-18,13	88,63
Algodão	-	-	3680,00	2323,28	4,63	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2025), adaptado de MapBiomias (2023).

A classe “Área Urbanizada” apresentou crescimento ao longo dos anos, onde aumentou de 2,26 km² em 2000 para 4,23 km² em 2023 (Tabela 1), com um crescimento acumulado de 87,02% (Tabela 6; Gráfico 1), concentrando-se na região central (Mapas 2 e 3). Esse aumento reflete o desenvolvimento urbano e a expansão da infraestrutura, processo semelhante ao observado por Nunes, Paula e Paula (2020) em Teresina, Piauí. No estudo, as áreas urbanas cresceram de 3% da cobertura do solo em 1990 para 25% em 2017, com um aumento de 22% e 394,8 hectares, impulsionado pela instalação de loteamentos e conversão de áreas rurais em urbanas, resultando na retirada da vegetação e impermeabilização do solo.

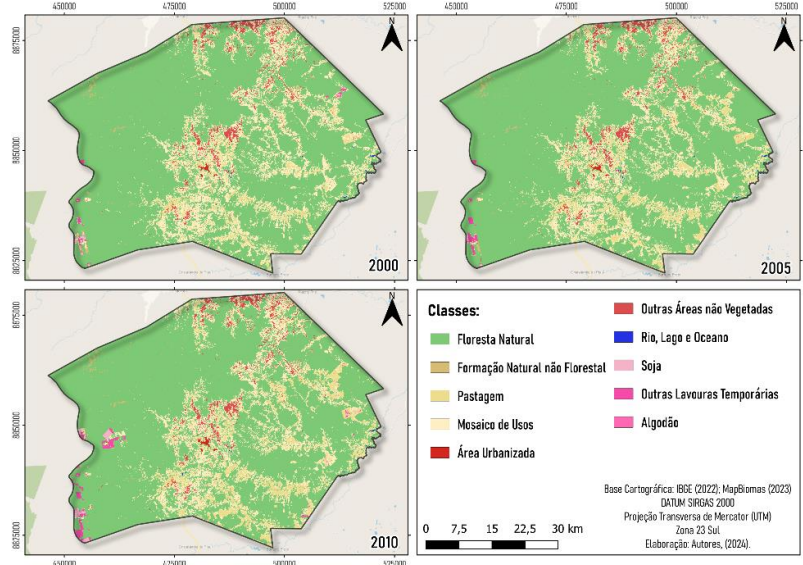
Além disso, a classe “Outras Áreas Não Vegetadas” que referem-se a regiões com vegetação ausente ou reduzida, incluindo superfícies não permeáveis, como áreas de infraestrutura urbana, expansões urbanas, aumentou de 67,24 km² em 2000 para 123,20 km² em 2023 (Tabela 1), representando um crescimento total de 83,22%. No entanto, como mostrado no Gráfico 1, essa classe apresentou uma redução de -16,81% entre 2015 e 2020 (Tabela 2), sendo a menor variação registrada no estudo. Por outro lado, entre 2020 e 2023, a classe experimentou um aumento expressivo de 77,45% (Tabela 2).

A classe “Rio, Lago e Oceano” apresentou uma redução contínua ao longo dos anos, passando de 1,45 km² em 2000 para 0,73 km² em 2023 (Tabela 1), o que representa uma diminuição de 49,64% (Tabela 2) no período analisado. No entanto, entre 2020 e 2023, houve um pequeno aumento de 23,08% (Tabela 2) nessa classe, sendo esse o único crescimento registrado. Essa classe, que já era uma das menores, evidencia uma perda significativa e preocupante dos ecossistemas aquáticos. Essa redução pode estar associada à conversão de áreas alagadas em pastagens intensificando a pressão sobre as Áreas de Preservação Permanente (APPs) e agravando a degradação ambiental.

Dados semelhantes foram observados por Santos *et al.* (2024) em Ourém, Pará, onde a redução de 38,34% na área de corpos hídricos entre 2016 e 2020 foi associada ao assoreamento causado pela extração de seixo. O estudo também apontou a diminuição da cobertura vegetal, agravando o assoreamento e comprometendo a biodiversidade local, além de impactos como o

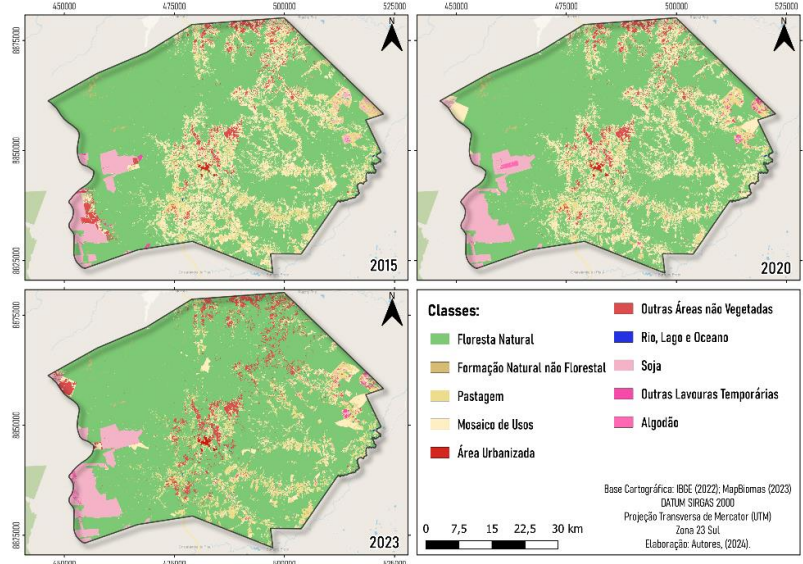
esgotamento da fertilidade do solo e a dificuldade de restauração florestal. Esses efeitos destacam a relação entre a degradação hídrica e a perda de vegetação nativa, reforçando a importância de preservar os ecossistemas.

Mapa 2 –Uso e Ocupação da Terra no Município de Corrente – PI, nos anos de 2000, 2005 e 2010



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

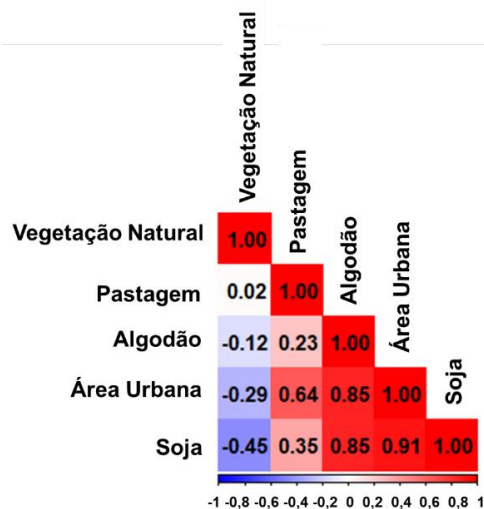
Mapa 3 –Uso e Ocupação da Terra no Município de Corrente – PI, nos anos de 2015, 2020 e 2023



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Após avaliar as classes de uso e ocupação da terra do município de Corrente- PI, foram selecionados os mais relevantes considerando os parâmetros de aumento no valor de área e influência econômica na região para realizar uma correlação de *Pearson* (Figura 2) com o objetivo de identificar as possíveis relações entre si. As classes utilizadas foram: Vegetação Natural, Pastagem, Algodão, Área Urbana e Soja.

Figura 2 - Coeficiente de correlação de Pearson entre as classes de uso e ocupação da terra

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A classe Vegetação Natural apresentou uma correlação negativa mais forte com a Soja (-0,45), indicando que a expansão da soja está associada à redução de áreas de vegetação natural. Esse padrão sugere que a conversão de áreas naturais para o cultivo de soja foi uma tendência significativa no período analisado.

Para a classe Pastagem teve uma correlação fraca com Vegetação Natural (0.02), mas uma correlação positiva significativa forte com Soja (0,35) e Área Urbana (0,64). A correlação com as áreas de soja sugere que áreas destinadas à pastagem também têm sido convertidas para o cultivo de soja. Já a correlação com a área urbana pode indicar que a expansão das áreas de pastagem e urbanização ocorrem concomitantemente, representando pressões conjuntas sobre os recursos naturais.

Corroborando Ramos *et al.* (2020), a conversão de áreas naturais para pastagens e cultivos anuais apresenta impactos negativos nas propriedades físicas do solo. O estudo revelou correlações significativas entre a densidade do solo e a macroporosidade (-0,72), além da velocidade de infiltração básica (-0,82), indicando que a compactação decorrente desse uso reduz a macroporosidade e a infiltração da água. Dessa forma, a substituição da vegetação nativa por pastagens compromete a qualidade do solo, tornando-o mais vulnerável à degradação.

A Área Urbana teve correlações positivas com Algodão (0,85) e Soja (0,91), e uma correlação negativa com Vegetação Natural (-0,29). Isso demonstra que a urbanização está associada à conversão de áreas naturais para usos agrícolas intensivos, destacando os impactos da expansão urbana sobre os ecossistemas naturais.

O Algodão mostrou correlação positiva alta com Área Urbana (0,85) e Soja (0,85), indicando que a expansão do algodão ocorre em regiões próximas a centros urbanos, alinhada também com a expansão das áreas de plantação de soja. Isso pode sugerir um padrão de desenvolvimento agrícola intensivo próximo às áreas urbanas, possivelmente devido à infraestrutura e logística facilitadas.

Por fim, a Soja mostrou uma alta correlação com Área Urbana (0,91) e Algodão (0,85), reafirmando a conexão entre o crescimento dessas culturas e a expansão urbana. A correlação negativa com Vegetação Natural (-0,45) ressalta o impacto significativo da área de soja na redução das áreas de vegetação natural.

Os resultados são semelhantes com Alves e Queiroz (2024), que analisaram a relação entre o uso do solo e o Potencial da Carga Ácida Renal (PRAL) da água em Tangará da Serra, MT. A correlação de Pearson revelou que a expansão agropecuária e urbana contribui

diretamente para a redução da cobertura florestal. Ao longo do ano, a agropecuária apresentou forte correlação positiva com o PRAL (0.6593), enquanto a cobertura florestal teve correlação negativa (-0.8747). No período seco, a influência da agropecuária foi atenuada (-0.5987), enquanto a urbanização tornou-se o principal fator, com correlação positiva (0.8800). Os achados reforçam que a expansão dessas atividades está associada à diminuição de áreas florestais.

Os padrões de correlação observados podem evidenciar uma dinâmica de uso do solo marcada pela intensificação agrícola e da expansão urbana, frequentemente associadas a diminuição das áreas de vegetação natural. Nesse cenário, a cultura de soja desempenhou um papel central nesse processo, devido aos padrões de correlação observados entre os diferentes usos e ocupação do solo. Além disso, a proximidade entre culturas como da soja e algodão às áreas de urbanas pode destacar a importância da infraestrutura na intensificação agrícola na região estudada. Esses resultados destacam a importância de políticas públicas com finalidade de desenvolvimento sustentável e não só de crescimento econômico para alcançar um padrão de desenvolvimento equilibrado ao desenvolvimento econômico e social a preservação de áreas naturais, garantindo um desenvolvimento sustentável.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise do uso e ocupação da terra revelou expressivo crescimento das atividades agropecuárias, com destaque para soja (5213,80%), algodão (2376%) e pastagem (82,43%), o que foi evidenciado também de forma visual nos mapas. Paralelamente, houve expansão urbana (87,02%) e significativa redução das Formações Naturais não Florestais (55,73%) e dos corpos d'água (49,64%), evidenciando a intensificação do uso antrópico e perda de ecossistemas naturais. Essa tendência de conversão da vegetação nativa para fins agropecuários foi confirmada pela análise de correlação de *Pearson*.

Portanto, é essencial adotar práticas de gestão sustentáveis no território por meio de políticas públicas que integrem os pilares social, ambiental e econômico. Um planejamento territorial sustentável deve preservar a vegetação nativa e, especialmente, os ecossistemas aquáticos, com foco na recuperação de áreas degradadas e no manejo responsável das pastagens. Além disso, é fundamental promover a agricultura e pecuária sustentáveis, com monitoramento contínuo e fiscalização eficaz do uso da terra.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. L. da S.; QUEIROZ, T. M. de. Influência do uso e cobertura do solo no potencial da carga ácida renal (pral) da água bruta: um estudo nas bacias hidrográficas mantenedoras do sistema de abastecimento público do município de tangará da serra – mt. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 25, n. 98, p. 251–267, 2024. DOI: 10.14393/RCG259869855. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/69855>. Acesso em: 6 fev. 2025.

ALVES, T. D. **Análise dos aspectos fisiográficos da bacia hidrográfica do córrego São José, município de Ituiutaba/MG**. ITUIUTABA – MG, 2023.

ASSUNÇÃO, M. G.; DEPIERI, M. A. L. Os efeitos do desenvolvimento do agronegócio no Brasil: os casos do MATOPIBA e do Centro-Oeste Brasileiro. **Pesquisa & Debate Revista do Programa de Pós-Graduação em Economia Política**, [S. l.], v. 33, n. 2 (60), p. 169–187, 2022. DOI: 10.23925/1806-9029.v33i2e59995. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/rpe/article/view/59995>. Acesso em: 21 nov. 2024.

BARROS, M.C.V. *et al.* 2020. Mapeamento do uso e ocupação do solo da zona costeira Sul do estado da Paraíba. **Brazilian Journal of Development.**, Curitiba, v. 6, n. 5, p.31876-31886. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-585>.

BDIA/IBGE. Banco de Dados e Informações Ambientais: **Consulta de Pedologia**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2025. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/pedologia>. Acesso em: 18 jan. 2025.

BEZARRA, P. C.; DE SOUZA, J. D. Urbanização de tabatinga e impactos ambientais: estudo de caso do igarapé Urumutum. **Revista GeoAmazônia**, Belém – PA, v. 9, n. 17, p. 111-125, 2021. Disponível em: <http://www.geoamazonia.net/index.php/revista/index>. Acesso em: 1 jul. 2024.

BORGES NETO, I. O. Processos hidro-erosivos em distintas classes de solo sob diferentes tipos de uso em zona semiárida. **Dissertação** (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/21305>. Acesso em: 01 jul. 2024.

CÉSAR, I. M. de S.; MOTA, A. M. V.; COSME, A. M. F.; Marinho Serafim Borges, I. Ilhas De Calor Urbanas: Uma Análise Do Bairro De Manaíra, João Pessoa-Pb. **Journal of Ecoinnovation and Environmental Management**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 16–30, 2023. Disponível em: <https://editoraverde.org/portal/revistas/index.php/ecoin/article/view/204>. Acesso em: 2 jul. 2024.

CHELIZ, P. M.; RODRIGUES, J. A.; LADEIRA, F. S. B. O papel do meio físico e relevo na ocupação humana: potencialidades, vulnerabilidades e impactos ambientais (enchentes, erosão e assoreamento) na trajetória histórica da região de Araraquara (SP). **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 584–632, 2023. DOI: 10.26848/rbgf.v16.1.p584-632. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgf/article/view/252434>. Acesso em: 21 jul. 2024.

COELHO, G. de S. *et al.* Análise do uso e ocupação do solo em diferentes períodos no município de Cidelândia – MA. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 8077–8093, 2024. DOI: 10.55905/revconv.17n.1-488. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/4808>. Acesso em: 22 jul. 2024.

CONCEIÇÃO, Í. H. Uso de drones na agricultura: uma revisão. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Universidade Federal de Sergipe, Nossa Senhora da Glória - SE, 2023. Disponível em: <https://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/18460>. Acesso em: 1 de jul. 2024.

DAMBRÓS, G. Qual o papel das geotecnologias na estruturação de um novo paradigma da Geografia? **Caderno de Geografia**, v. 30, n. 60, p. 163-171, 2020.

DIAS, T. C.; SILVEIRA, L. F.; FRANCISCO, M. R. Spatiotemporal dynamics reveals forest rejuvenation, fragmentation, and edge effects in an Atlantic Forest hotspot, the Pernambuco Endemism Center, northeastern Brazil. **PLOS ONE**, v. 18, n. 9, p. e0291234, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0291234>.

DUARTE, M. L.; SILVA, T. A. da; COSTA, H. S. Mapeamento do uso e ocupação da terra, e previsão de cenários futuros em uma bacia hidrográfica na região sul do estado do Amazonas. **Caderno de Geografia**, v. 32, n. 71, p. 1097-1110, 2022. DOI: 10.5752/p.2318-2962.2022v32n.71p.1097. Acesso em: 21 nov. 2024.

FANTIN, M.; VIZIOLI, S. H. T. **Caminhos da região central paulista: articulação entre universidade e sociedade para a construção da cidadania e do desenvolvimento sustentável**. Volume 1 – Tecnologia, cultura e empreendedorismo. Universidade de São Paulo. Instituto de Arquitetura e Urbanismo, 2021. DOI: <https://doi.org/10.11606/9786586810233>. Disponível em: www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/659. Acesso em: 18 jun. 2024.

FIORESE, C. H. U. *et al.* Levantamento da perda de solo atual por erosão hídrica do município de Cachoeiro de Itapemirim (ES). **Cadernos Camilliani**, v. 16, n. 3, p. 1525-1546, set. 2019.

FRANCISCO, P. R. M. *et al.* Dinâmica temporal da cobertura e uso das terras do estado da Paraíba utilizando Mapbiomas©. **Revista GEAMA**, Scientific Journal of Environmental Sciences and Biotechnology, v. 9, n. 3, p. 56-65, dez. 2023. ISSN 2447-0740. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/37297>. Acesso em: 21 nov. 2024.

GONÇALVES, V. P.; RIBEIRO, E. A. W. 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 MapBiomas. **Revista Metodologias e Aprendizado**, v. 4, 2021. DOI: 10.21166/metaprev.v4i.1491.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 25 jun. 2024.

JÚNIOR, L. S. D.; NASCIMENTO, P. S. R. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicadas à análise da inundação e alagamento em Aracaju**. Aracaju/SE, 2023.

LEONARDO, H. R. A. L. *et al.* Sensoriamento remoto aplicado na geoespacialização do reservatório Poço da Cruz - PE e seu entorno. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 14, n. 6, p. 3592–3607, 2021. DOI: 10.26848/rbgf.v14.6.p3614-3629. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/251948>. Acesso em: 17 jul. 2024.

LIMA, R. R. F. *et al.* Socio-Environmental Overview of The Main Sugarcane Producing Municipalities in Sergipe Between the Years of 2001 and 2022. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, São Paulo (SP), v. 18, n. 3, p. e04787, 2024. DOI: 10.24857/rgsa.v18n3-070. Disponível em: <https://rgsa.openaccesspublications.org/rgsa/article/view/4787>. Acesso em: 26 dez. 2024.

LIMA, S. de A. ; VIEIRA, V. de C. B. Análise espaço - temporal do uso e cobertura da terra na expansão da agricultura de cana-de-açúcar no município de Aldeias Altas, Maranhão, Brasil. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. e13313144805, 2024. DOI: 10.33448/rsd-v13i1.44805. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/44805>. Acesso em: 25 jun. 2024.

MANSANO, A. P.; SERRANO, R. O. P. Mapeamento da área de inundação da bacia do Igarapé São Francisco – AC em março de 2023 no contexto Agenda 2030 . **Revista de Tecnologia & Gestão Sustentável**, [S. l.], v. 2, n. 6, 2023. DOI: 10.17271/rtgs.v2i6.4315. Disponível em: <https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/rtgs/article/view/4315>. Acesso em: 20 jul. 2024.

MAPBIOMAS PROJECT. Collection 9 of the Annual Land Cover and Land Use Maps of Brazil (1985-2023). V1. **MapBiomas Data**, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.58053/MapBiomas/XXUKA8>. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/>.

MARTINS, C. S.; SANTOS, A. C.; FILHO, J. E. A. Influência do tipo de uso e ocupação do solo no assoreamento do reservatório Bom Jardim, Uberlândia-MG. **Revista DAE**, São Paulo, v. 68, n. 224, p. 54-72, 2020.

MELO, D. H. C. T. B. *et al.* Evolução da observação da terra por Sensoriamento Remoto. **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v. 2, n. 2, 2021.

MORRO, F.; SCHNITZLER, D. Avaliação de agrotóxicos em solo de sistemas de produção agrícola convencional e agroecológico. **Química Nova**, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/qWSJJzXMDLykF76rySpQD5h/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 22 jul. 2024.

NEVES, J. P. *et al.* A produção científica sobre Sistema de Informação Geográfica na Amazônia. **ConCI: Convergências em Ciência da Informação**, Aracaju, v. 5, p. 1–33, 2022. DOI: 10.33467/conci.v5i.17183. Disponível em: <https://periodicos.ufs.br/conci/article/view/17183>. Acesso em: 26 dez. 2024.

NUNES, H. K. de B.; PAULA, J. E. de A.; PAULA, M. L. G. Aspectos geoambientais e impactos socioambientais na área de expansão urbana da região sul de Teresina/Piauí. **Geoambiente On-line**, Goiânia, n. 37, p. 216–237, 2020. DOI: 10.5216/revgeoamb.vi37.59288. Disponível em: <https://revistas.ufj.edu.br/geoambiente/article/view/59288>. Acesso em: 23 dez. 2024.

OLIVEIRA, A. S. de S.; FELLER, T. de A. GRILAGEM EM TERRAS PÚBLICAS. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S. l.], v. 10, n. 5, p. 2776–2791, 2024. DOI: 10.51891/rease.v10i5.14046. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/14046>. Acesso em: 1 jul. 2024.

ORLANDO, V. S. W. Imagens multiespectrais orbitais: ferramenta para discriminar manejos de fitonematoides do cafeeiro. **Dissertação** (Mestrado em Agricultura e Informações Geoespaciais) - Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, Minas Gerais, Brasil, 2020.

PACHECO, D. G. Análise das mudanças do uso e ocupação do solo no município de Araçuaí, Minas Gerais por meio de técnicas de sensoriamento remoto nos anos de 2000 e 2019. **Revista Cerrados**, [s. l.], v. 19, n. 02, p. 303–322, 2021. DOI: 10.46551/rc24482692202128. Disponível em: <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/cerrados/article/view/3889>. Acesso em: 22 jul. 2024.

PEREIRA FILHO, R. *et al.* Determinação das propriedades físicas do solo em função do uso e ocupação em Caçapava do Sul - RS. **Revista de Geociências do Nordeste**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 120–130, 2023. DOI: 10.21680/2447-3359.2023v9n2ID30108. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/30108>. Acesso em: 20 nov. 2024.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS Geographic Information System. **Open Source Geospatial Foundation Project**, 2025. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>.

RAMOS, H. M. M. *et al.* Atributos físico-hídricos de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes usos. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 14, n. 2, p. 3968-3975, 2020. Disponível em: <http://www.inovagri.org.br>. DOI: 10.7127/rbai.v14n101147. Acesso em: 6 fev. 2025.

RIBEIRO, P. S. *et al.* Influência climática e antrópica na erosão hídrica do solo, bacia hidrográfica do Rio Canoas-SC. **Revista Geonorte**, v. 14, n. 44, p. 152-189, 2023.

ROCHA, E. T. B. D. **Agricultura 4.0 nas lavouras: estudo multicaso para caracterização em propriedades rurais**. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) - Jaboticabal, p. 14-93, set./2021. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/215218>. Acesso em: 18 jun. 2024.

RODRIGUES, M. C. Geoprocessamento. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Franca-SP, 2023. Disponível em: <https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/19101>. Acesso em: 18 jun. 2024.

ROSAN, T. M. *et al.* A multi-data assessment of land use and land cover emissions from Brazil during 2000–2019. **Environmental Research Letters**, v. 16, n. 7, p. 074004, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac08c3>.

SAMPAIO, S. A.; SOUZA, S. O. Evolução espaço-temporal do uso e ocupação da terra no município de Ipiaú (BA). **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v. 16, n. 41, p. 260-279, maio/ago. 2022. ISSN 1980-5772. eISSN 2177-4307. Acesso em: 19 jun. 2024.

SANTOS, H. C. A. *et al.* Multitemporal analysis of land use and occupation with a focus on agriculture, livestock and pebble extraction in the municipality of Ourém/PA, from 2016 to 2020. **Seven Editora**, [S. l.], 2024. Disponível em: <https://sevenpublicacoes.com.br/editora/article/view/3655>. Acesso em: 21 nov. 2024.

SANTOS, J. A. *et al.* Spatio-temporal analysis of soybean cultivation in the municipality of Balsas - MA, Brazil. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 12, n. 11, p. e149121143836, 2023. DOI: 10.33448/rsd-v12i11.43836. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/43836>. Acesso em: 21 nov. 2024.

SANTOS, J. A. V. dos. Impactos de infraestrutura cinza: mobilidade, uso e ocupação do solo. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharelado em Engenharia Civil), Cajazeiras - PB, 2023.

SANTOS, L. A. C.; BRITO, T. R. do C. Análise temporal do uso e cobertura do solo da capital brasileira do amianto: Minaçu, estado de Goiás. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 3, p. 1443–1452, 2021. DOI: 10.26848/rbgf.v14.3.p1443-1452. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/244716>. Acesso em: 22 nov. 2024.

SILVA NETO, J. O. *et al.* Análise da evolução do uso e cobertura do solo do município de Tauá-CE nos anos de 1991 a 2021, a partir de dados do MapBiomas. **Caderno Prudentino de Geografia**, [S. l.], v. 2, n. 46, p. 132–151, 2024. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/10487>. Acesso em: 21 nov. 2024.

SILVA, V. P.; ORLANDA, J. F. F. Evolução temporal do sensoriamento remoto no contexto da detecção de áreas degradadas na Amazônia: uma revisão sistemática. **Revista da Casa da Geografia de Sobral** (RCGS), v. 26, n. 1, p. 169-182, 2024.

SOUZA, J. B. A. de; ARAÚJO SOBRINHO, F. L.; SILVA, M. S. F. da. MapBiomas na escola: produção de maquetes interativas e aplicabilidade de geotecnologias no ensino de Geografia do CEF Polivalente e do CEF 28 Ceilândia no DF. **Revista Brasileira de Educação em Geografia**, [S. l.], v. 14, n. 24, p. 05–28, 2024. DOI: 10.46789/edugeo.v14i24.1360. Disponível em: <https://www.revistaedugeo.com.br/revistaedugeo/article/view/1360>. Acesso em: 26 dez. 2024.

SOUZA, L. S. B. *et al.* Análise comparativa entre o NDVI obtido por imagens multiespectrais e visíveis (RGB) em câmera acoplada em drone em área de videira. **Journal of Hyperspectral**

Remote Sensing, v. 13, n. 6, p. 741-751, 2023. Disponível em:
www.periodicos.ufpe.br/revistas/jhrs. Acesso em: 18 jun. 2024.