

A INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA PRECIPITAÇÃO DA SUB-BACIA DO RIO SALGADO

THE INFLUENCE OF LAND USE AND LAND COVER ON PRECIPITATION IN THE SALGADO RIVER SUB-BASIN

Ciências Biológicas • 16/08/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/786832938](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/786832938)

Guilherme Rodrigues Gomes¹

Nayanne Maria Gonçalves Leite²

Mateus Gonçalves Silva³

Antonio Rondinelly da Silva Pinheiro⁴

RESUMO

O presente estudo investiga a influência do uso e ocupação do solo na precipitação da Sub-bacia do Rio Salgado, localizada na bacia hidrográfica do Jaguaribe, no sul do Ceará. A pesquisa abrangeu o período de 2003 a 2022, utilizando dados de sensoriamento remoto e ferramentas de geoprocessamento, como o Google Earth Engine (GEE), para obtenção das informações de precipitação, e o MapBiomas, para análise das classes de uso e ocupação do solo. Os dados foram relacionados por meio de análise de correlação. Os resultados evidenciam mudanças importantes na dinâmica do uso do solo, com aumento da formação florestal, estabilidade da agropecuária, crescimento discreto da urbanização e expansão das áreas não vegetadas. A precipitação média anual apresentou variações expressivas ao longo do período, com anos mais chuvosos favorecendo o reabastecimento dos recursos hídricos e anos secos impactando a agricultura e o abastecimento de água. A análise de correlação indicou que áreas florestadas apresentam influência positiva sobre a precipitação, enquanto áreas urbanizadas estão associadas à redução dos índices pluviométricos. Esses resultados reforçam a importância do planejamento territorial e de políticas de manejo sustentável do solo e da vegetação para a conservação dos recursos hídricos, a adaptação às mudanças climáticas e a sustentabilidade ambiental da Sub-bacia do Rio Salgado.

Palavras-chave: Chuvas; Cobertura do solo; Bacias hidrográficas.

ABSTRACT

This study investigates the influence of land use and land cover on precipitation in the Salgado River Sub-basin, located within the Jaguaribe River Basin in southern Ceará, Brazil. The research covered the period from 2003 to 2022, using remote sensing data and geoprocessing tools, such as Google Earth Engine (GEE) to obtain

precipitation data and MapBiomas to analyze land use and land cover classes. The data were compared through correlation analysis. The results revealed significant changes in land use dynamics, including an increase in forest formation, stability in agricultural and livestock activities, slight urban expansion, and growth in non-vegetated areas. Average annual precipitation showed considerable variation throughout the study period, with wetter years contributing to the replenishment of water resources and drier years negatively affecting agriculture and water supply. Correlation analysis indicated that forested areas have a positive influence on precipitation, whereas urbanized areas are associated with lower rainfall levels. These findings highlight the importance of territorial planning and sustainable land and vegetation management policies to conserve water resources, support adaptation to climate change, and promote environmental sustainability in the Salgado River Sub-basin.

Keywords: Rainfall; Land cover; Watersheds.

1. INTRODUÇÃO

A ação humana tem causado transformações significativas nas paisagens, incluindo a substituição de áreas naturais por usos diversos do solo e a fragmentação de áreas florestais. Vários fatores contribuem para essas mudanças, afetando a disponibilidade e a qualidade dos recursos naturais e impactando a biodiversidade em nível global. Para enfrentar esses desafios e promover o desenvolvimento de políticas públicas voltadas para a gestão sustentável dos recursos naturais, torna-se essencial monitorar o uso e cobertura do solo (UCS), o que requer informações detalhadas sobre as mudanças ocorridas na paisagem ao longo do tempo (Coelho et al., 2014).

Juntamente com os efeitos em larga escala das mudanças climáticas, as transformações no uso e ocupação do solo também podem impactar o padrão de chuvas. Uma parcela substancial da água global está diretamente ligada ao ciclo do solo (Wierik et al., 2021), no qual 57% da água da chuva é absorvida pela atmosfera por meio de evaporação ou transpiração. Dessa porção, 70% retorna à superfície terrestre na forma de precipitação (Eagleson, 2003; Tuinenburg; Theeuwens; Staal, 2020).

A substituição da vegetação afeta esse ciclo da água no solo, resultando em mudanças nos níveis de umidade do solo, bem como na taxa e no tempo de evaporação e transpiração (Wang-erlandsson et al., 2014). Pesquisas indicam que os impactos das mudanças no uso e ocupação do solo no ciclo hidrológico tendem a ser mais pronunciados em escalas locais (Rohatyn et al., 2018; Zhang et al., 2016; Zhao; Wu, 2018), destacando a necessidade de estudos focados em sub-bacias hidrográficas, tipos de biomas ou categorias específicas de uso do solo.

Conforme Vaeza et al. (2008), à medida que a urbanização na bacia se intensifica, observa-se um aumento significativo das áreas impermeáveis, o que leva a uma redução no tempo entre as chuvas recorrentes. Isso resulta na diminuição da absorção de água no solo, aumento no volume e na velocidade do escoamento superficial. Essa mudança gera problemas de drenagem, incluindo inundações. Em bacias hidrográficas, é comum o uso de imagens orbitais de alta resolução espacial para identificar as diferentes classes de uso e ocupação do solo, proporcionando resultados mais precisos na identificação dos diversos elementos presentes nas áreas urbanas.

Através da aplicação de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), é viável elaborar uma análise socioambiental abrangente de uma região específica, por meio da criação e monitoramento de um banco de dados. (Sebusiani; Bettine, 2011). O Google Earth Engine (GEE) é uma plataforma de processamento em nuvem para dados geoespaciais em larga escala, que proporciona acesso gratuito a um catálogo abrangente de vários petabytes de informações, possibilitando ampla gama de pesquisas, incluindo a classificação do uso da terra. Além disso, os índices de vegetação, também chamados índices biofísicos, são destacados por sua eficácia na avaliação e monitoramento da cobertura vegetal, bem como de bacias hidrográficas, devido à sua precisão, praticidade e capacidade multiespectral (Sousa, 2023).

A condição atual dos elementos do ambiente físico é, em parte, resultado das diversas maneiras como a sociedade utiliza e ocupa a terra, com impactos significativos da atividade humana na evolução desses componentes naturais. Portanto, a avaliação ambiental requer uma análise abrangente que não pode ser restrita apenas a considerações físicas. É fundamental entender essa relação intrínseca entre as mudanças naturais e as práticas de uso e ocupação do solo pela sociedade (Romão; Souza, 2011). Dessa forma, o presente trabalho visa avaliar como uso e ocupação do solo influencia na precipitação da sub-bacia do Rio Salgado.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA OU REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Uso e Ocupação do Solo

Antes de intervir no meio natural, é essencial realizar diagnósticos que avalie suas características naturais. Ações como instalações

industriais e expansão urbana afetam o ambiente natural, exigindo diretrizes preventivas para o uso sustentável dos recursos naturais. O solo desempenha um papel vital e sua conservação envolve medidas para manter sua qualidade e capacidade produtiva, com a implementação de um conjunto de medidas destinadas a manter ou restaurar as condições físicas, químicas e biológicas. Essas medidas incluem a definição de critérios para o uso e manejo da terra, bem como o seu monitoramento (Soares; Souza; Jerszurki, 2011) .

A condição atual dos elementos do ambiente físico é, em parte, resultado das diversas maneiras como a sociedade utiliza e ocupa a terra, com impactos significativos da atividade humana na evolução desses componentes naturais. Portanto, a avaliação ambiental requer uma análise abrangente que não pode ser restrita apenas a considerações físicas. É fundamental entender essa relação intrínseca entre as mudanças naturais e as práticas de uso e ocupação do solo pela sociedade (Romão; Souza, 2011).

As ações humanas prejudiciais e o uso inadequado do solo geram problemas ambientais, como o rápido acúmulo de sedimentos e o entupimento dos cursos de água, resultando na degradação da quantidade e qualidade da água. Para promover uma consciência ambiental sustentável, é essencial compreender melhor os recursos naturais e adotar medidas urgentes para gerenciar os recursos hídricos, bem como monitorar e regular o uso do solo ao longo das margens de rios e bacias hidrográficas. Isso é fundamental para preservar e restaurar as características naturais da terra (Santos; Santos, 2021).

A ocupação imprópria do solo desempenha um papel substancial no processo de degradação, levando à perda de solo e à diminuição da produtividade. É importante ressaltar que a erosão resulta, em grande parte, da ação do impacto das chuvas e da enxurrada sobre o solo, o que acarreta o transporte de nutrientes, matéria orgânica e produtos químicos agrícolas. Isso, por sua vez, resulta em prejuízos, especialmente para as atividades agrícolas (Santana; Araújo, 2017). Para Nunes e Roig (2015), essas práticas deixam consequências ambientais duradouras, desencadeando um processo de lixiviação e ação humana que resulta em significativas alterações no ambiente.

A utilização indevida do solo pode resultar ainda, em impactos significativos no meio ambiente, tais como erosão severa, impermeabilização do solo, diminuição da biodiversidade, inundações, entupimento de reservatórios e corpos d'água. O modo como a terra é usada, abrangendo aspectos como o tipo de vegetação e as atividades humanas, desempenha um papel fundamental na regulação da disponibilidade de água. Esse fator é de extrema relevância no gerenciamento de bacias hidrográficas (Nascimento; Fernandes, 2017).

Ainda, este manejo inapropriado também está associado a problemas como inundações e, particularmente, à escassez de água, prejudicando o equilíbrio dos sistemas hídricos nas bacias hidrográficas. A identificação do uso e cobertura da terra, como parte de um diagnóstico ambiental, representa o primeiro passo essencial no planejamento da conservação (Vaeza *et al.*, 2012).

Os padrões de ocupação do solo exercem uma influência fundamental na qualidade da água, tanto na superfície como na subterrânea, e nos ecossistemas aquáticos de uma bacia

hidrográfica. Diversos problemas relacionados à qualidade da água resultam do uso inadequado do solo, incluindo urbanização, atividades industriais e agrícolas. Em áreas rurais, o uso e a gestão das terras desempenham um papel importante nas concentrações de nutrientes na água, como nitrogênio e fósforo. Enquanto em áreas urbanas e industriais, o uso e a ocupação do solo estão associados à poluição orgânica, à presença de metais pesados e ao excesso de nutrientes (Menezes *et al.*, 2016).

Dessa forma, Amaral e Rios (2012) destacam que o levantamento do uso e ocupação do solo é imprescindível para analisar a forma pela qual determinado espaço está sendo ocupado, podendo este servir para planejadores e legisladores, pois ao verificar a utilização do solo em determinada área, pode-se elaborar uma melhor política de uso da terra para desenvolvimento da região. Ainda, salienta que a utilização do sensoriamento remoto e dos sistemas de informações geográficas, ferramentas altamente eficazes para a coleta, são essenciais para o mapeamento e monitoramento dos recursos naturais e sua distribuição.

O monitoramento dos aspectos biofísicos de uma bacia hidrográfica desempenha um papel fundamental na promoção de práticas de uso e ocupação sustentáveis. Esse monitoramento possibilita a identificação de mudanças na paisagem, tanto de origem humana quanto natural, e orienta a formulação de políticas para reverter situações de degradação ambiental, como mencionado. A quantificação de parâmetros biofísicos, como albedo, temperatura da superfície e índices de vegetação, por meio de instrumentação convencional em uma escala regional, exigiria recursos materiais e humanos substanciais. Portanto, o uso do sensoriamento remoto

orbital se apresenta como uma alternativa economicamente viável para áreas extensas (Oliveira *et al.*, 2012).

2.2. Precipitação

O entendimento do comportamento da precipitação e de seus extremos é de fundamental importância para o planejamento de diversas atividades humanas, incluindo a geração de energia e a concepção de obras hidráulicas. Esse conhecimento desempenha um papel vital na tomada de decisões relacionadas à minimização de danos decorrentes de eventos extremos. A ocorrência de extremos de chuva, seja em excesso ou em falta, pode causar danos frequentemente irreparáveis. Onde as chuvas intensas costumam resultar em desastres naturais comuns, como enchentes, alagamentos, enxurradas e deslizamentos de terra, afetando diretamente e indiretamente a vida econômica e social da população. Isso inclui prejuízos aos serviços essenciais, como fornecimento de energia elétrica, abastecimento de água, saneamento, saúde e, em muitos casos, perdas de vidas humanas (Santana *et al.*, 2021).

A pesquisa sobre a precipitação é uma área de estudo dinâmica que envolve a medição, estimativa, modelagem e previsão desse fenômeno em termos de tempo e espaço. A precipitação é um processo altamente não linear, marcado por uma considerável variabilidade que se manifesta em uma ampla gama de escalas temporais e espaciais. Devido a essas flutuações irregulares, tanto tecnicamente como matematicamente, torna-se desafiador entender e descrever adequadamente a variabilidade da precipitação. Esse desafio, em particular, afeta a estimativa de

valores de precipitação com probabilidade muito baixa de ocorrência (Lima; Lovejoy, 2019).

O entendimento da precipitação pluvial desempenha um papel fundamental em diversas disciplinas das ciências agrárias e ambientais. Isso engloba a previsão da produção de cultivos, a gestão dos recursos hídricos, a análise ambiental, a conservação do solo, o estabelecimento de zonas agroclimáticas e a avaliação do potencial de patógenos, entre outras aplicações. Além disso, o conhecimento da distribuição espacial da precipitação é crucial para aplicações que envolvem a modelagem hidrológica de bacias hidrográficas, o transporte de poluentes, a dinâmica fluvial e a estimativa de perda de solo (Silva, 2023).

A precipitação pluvial desempenha um papel significativo na caracterização do clima de uma região. Tanto o excesso quanto a escassez de chuva podem ter impactos consideráveis em várias áreas, afetando as atividades econômicas, o fornecimento de água para uso doméstico e industrial, a irrigação, a geração de energia hidrelétrica e a qualidade dos ambientes naturais e urbanos. Isso ocorre devido ao aumento das enchentes, secas e erosão, o que, por sua vez, resulta na diminuição da qualidade da água e na diversidade dos ecossistemas (Alves; Gonçalves; Nascimento, 2022).

Estudos que investigam o comportamento das precipitações são essenciais para o planejamento econômico, social e ambiental, uma vez que suas flutuações podem ter um impacto significativo na organização das comunidades em uma determinada região (Guedes *et al.*, 2019; Lira *et al.*, 2020). A análise espaço-temporal da precipitação é amplamente aplicável em áreas como construção civil, dimensionamento de reservatórios de água, planejamento de

atividades turísticas e esportivas, bem como agricultura. Portanto, compreende-se que a variação temporal e espacial das chuvas está diretamente ligada à disponibilidade e à gestão dos recursos hídricos (Yan *et al.*, 2017).

A análise de tendência em séries temporais é uma abordagem utilizada para avaliar padrões de comportamento ao longo de períodos extensos, e pode ser aplicada a diversas variáveis relacionadas ao clima e à hidrologia. Sua relevância está intrinsecamente ligada à capacidade de identificar tendências de crescimento ou decréscimo ao longo do período de análise, o que desempenha um papel fundamental na implementação de estratégias de gestão para mitigar o estresse hídrico. Informações hidrológicas são necessárias para gestão e planejamento dos recursos hídricos. Portanto, a análise da variabilidade da chuva tem sua relevância relacionada com o planejamento e a gestão dos recursos hídricos (Sarkar *et al.*, 2021)

A precipitação é uma das variáveis meteorológicas de maior relevância, mas também uma das mais desafiadoras de se analisar devido à sua notável variabilidade tanto no espaço como no tempo. Isso requer uma ampla rede de estações pluviométricas para permitir a interpolação e a criação de campos espaciais de alta qualidade. No entanto, a implantação e a manutenção dessas estações estão sujeitas às restrições econômicas e geográficas da região, resultando frequentemente em um número de pluviômetros significativamente inferior ao necessário. Devido à escassez de cobertura espacial, em muitas aplicações, opta-se por fazer uso de estimativas de precipitação obtidas por meio de radar ou satélite. Os produtos gerados por esses equipamentos representam ferramentas valiosas para a obtenção de informações em áreas

desprovidas de estações meteorológicas, podendo utilizar de ferramentas do sensoriamento remoto para a qualificação e quantificação destes dados pluviométricos (Borges; Moreira; Rozante, 2019).

2.3. Sensoriamento Remoto

Recentemente, o Sensoriamento Remoto (SR) emergiu como um recurso de suma relevância no acompanhamento de diversos fenômenos meteorológicos e ambientais. Ele desempenha um papel fundamental no aprimoramento das previsões climáticas e na compreensão das mudanças no clima, ao mesmo tempo em que auxilia no planejamento agroecológico. Como resultado, o SR tem se estabelecido como uma ferramenta poderosa para a obtenção das informações necessárias à gestão, ao manejo e à administração de recursos naturais (Bezerra *et al.*, 2014).

O Geoprocessamento permite a identificação de regiões que requerem um manejo adequado, abrangendo aspectos como o uso do solo, a fauna e a flora, e contribuindo para estabelecer condições que favoreçam a sustentabilidade (Macedo *et al.*, 2020).

O uso do SR viabiliza a avaliação das respostas às perturbações provocadas pela atividade humana, possibilitando a previsão dos impactos dessas ações sobre a sustentabilidade em médio e longo prazo. Essas técnicas se mostram eficazes na prevenção, detecção e monitoramento de alterações no sistema aquático (Lopes *et al.*, 2014).

Técnicas têm sido empregadas na análise temporal de mudanças na cobertura e uso do solo. Uma variedade de sensores remotos com resoluções distintas em termos espaciais, temporais e espectrais é

utilizada para compreender esses processos. O foco principal nessas aplicações reside na compreensão das mudanças ao longo do tempo na paisagem. A análise das transformações na cobertura do solo com base em imagens orbitais deve considerar diversos fatores, como degradação dos detectores, ângulo solar zenital, distância Terra-Sol, ângulo de visada do sensor, distribuição bidirecional da reflectância, condições atmosféricas, topografia e evolução das características do alvo (Cunha *et al.*, 2012).

Os mapas desempenham um papel crucial no planejamento e gestão de recursos, sejam eles humanos ou naturais. Portanto, é essencial focar na melhoria contínua da produção cartográfica, visando aprimorar a qualidade, precisão e nível de detalhamento das informações espaciais. A aplicação do sensoriamento remoto orbital na cartografia vegetal é uma prática consolidada, embora ainda apresente desafios. As principais vantagens do uso de imagens orbitais para fins de mapeamento temático incluem a acessibilidade econômica das imagens, a diversidade de opções disponíveis, a visão global abrangente que proporcionam e a flexibilidade para atender a demandas quanto à extensão e ao nível de detalhamento (Silva; Cruz, 2018).

Um Sistema de Informações Geográficas (SIG) é uma tecnologia computacional desenvolvida para aquisição, armazenamento, manipulação e visualização de dados georreferenciados. Os SIGs são fundamentais em áreas como planejamento urbano, conservação do solo, hidrologia, agricultura de precisão e muito mais. Entre os dados utilizados em SIGs, incluem-se mapas temáticos, mapas cadastrais, imagens de satélite e modelos numéricos de terreno. Além disso, é relevante mencionar a crescente disponibilidade de

programas de código aberto e gratuitos para SIGs ao longo dos anos (Shimabukuro; Maeda; Formaggio, 2009).

O SIG facilita a criação de bancos de dados com codificação espacial, possibilitando a realização de ajustes e cruzamentos simultâneos de um grande volume de informações. Isso permite o acompanhamento das mudanças em diversos temas, resultando na rápida e precisa geração de novos mapas. Além disso, oferece suporte para a elaboração mais eficaz e economicamente vantajosa de zonas geográficas, geralmente mais dispendiosa e complexa sem sua utilização, viabilizando análises avançadas ao integrar informações de diversas origens e ao estabelecer bancos de dados georreferenciados. Isso é alcançado por meio da automatização da produção de documentos cartográficos (Cavallari; Tamae; Rosa, 2007).

As novas tecnologias de informação, em conjunto com os Sistemas de Informação Geográfica, oferecem oportunidades significativas na análise de dados provenientes do Sensoriamento Remoto (Lu *et al.*, 2019). Uma destas promissoras abordagens é o Google Earth Engine (GEE), uma plataforma de processamento em nuvem para dados geoespaciais em larga escala. Essa plataforma proporciona acesso gratuito a um catálogo abrangente de vários *petabytes* de informações, abrangendo o catálogo completo do Landsat (USGS/NASA), conjuntos de dados MODIS, dados das missões Sentinel 1 a 5, informações de precipitação, temperaturas do ar e do mar, dados climáticos e dados de elevação do terreno (Gee, 2020). Além disso, é capaz de lidar com diversos dados socioambientais de grande relevância, como desmatamento, secas, desastres naturais, doenças, segurança alimentar, gestão de recursos hídricos, monitoramento climático e conservação ambiental. O Google Earth

Engine é de grande importância na identificação das potencialidades e vulnerabilidades ambientais (Carvalho; Filho; Santos, 2021).

Outra SIG é representada pelo projeto MapBiomas, que tem desempenhado um papel crucial desde 2015 ao produzir anualmente mapas que remontam a 1985, abrangendo os diversos biomas do Brasil. Isso é alcançado por meio de uma metodologia que se vale do aprendizado de máquina e é aplicada a imagens de sensoriamento remoto de média resolução espacial do GEE(Pedreira; Cruz, 2023).

Este esforço colaborativo entre várias instituições cria mapas abrangentes da cobertura do solo, sendo essenciais para monitorar as mudanças no uso da terra no país. O projeto adota uma definição ampla de florestas e fornece um mapeamento inclusivo, o que permite a identificação de áreas de plantio e recomposição de florestas nativas. Dessa forma, a combinação de técnicas de sensoriamento remoto com sistemas de informações geográficas possibilita um mapeamento e monitoramento mais frequente e minucioso das alterações na cobertura terrestre, alcançando uma precisão superior (Verçosa *et al.*, 2021) .

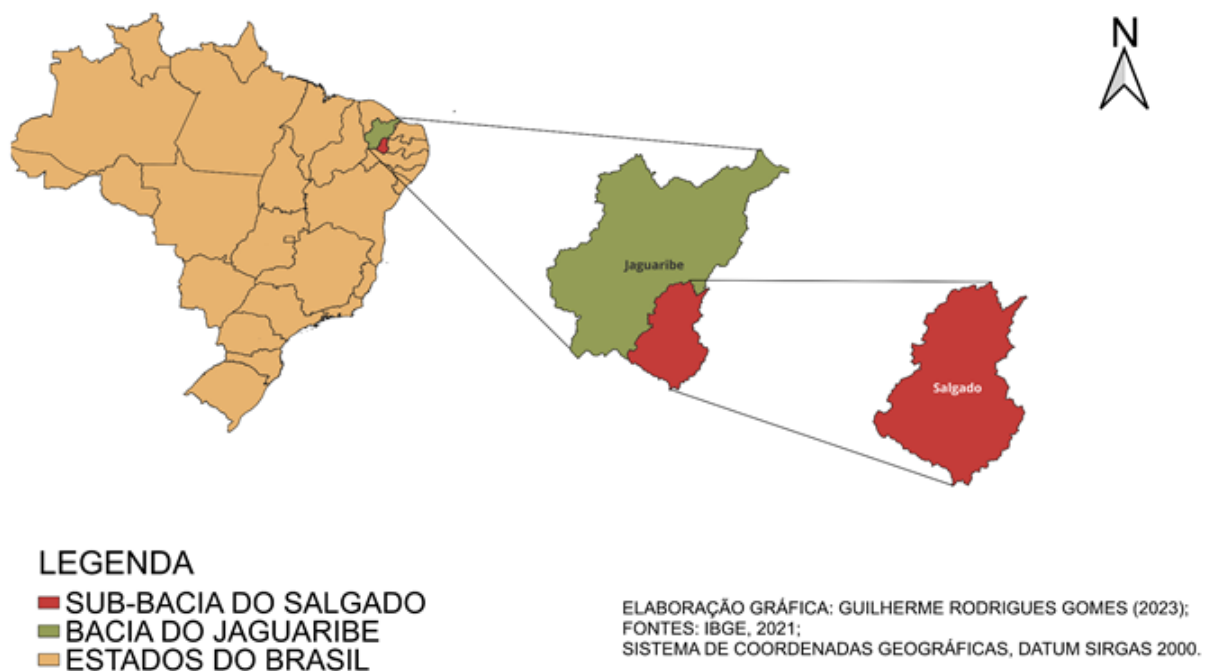
3. METODOLOGIA

3.1. Área de Estudo

A sub-bacia do rio Salgado, um afluente da Bacia do rio Jaguaribe, está localizada no sudeste do estado do Ceará (figura 01), no interior de uma grande área geográfica delimitado pelas coordenadas de 6°00' a 7°50' de latitude Sul e 38°30' a 39°45' de longitude Oeste. Com uma área de drenagem de 13.450,94 km², representando 9,07%

do território estadual, ela abrange 23 municípios e possui uma população de 899.670 habitantes (Ribeiro, 2017). O rio Salgado, principal afluente da sub-bacia, estende-se por 308 km e tem suas nascentes nas elevações da Chapada do Araripe, na fronteira dos estados de Ceará e Pernambuco. Ao longo de seu percurso, recebe afluentes que originam-se nas áreas montanhosas nos limites do Ceará com Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte (Cogerh, 2007).

Figura 1. Localização da Sub-bacia do Salgado



Fonte: Autor, 2023.

A maior parte das áreas nesta sub-bacia é destinada à agricultura e pecuária, com ênfase na prática do cultivo de sequeiro. As técnicas de preparação do solo são, em sua maioria, rudimentares, incluindo o uso de coivaras e queimadas, o que resulta em empobrecimento do solo (Ribeiro, 2017).

A bacia do rio Jaguaribe, a maior e mais relevante do Ceará, abrange uma extensão de cerca de 72.000 km². Sua paisagem é

caracterizada por uma ampla depressão, ocupada por glaciais sertanejos nas regiões mais baixas, com altitudes variando entre 100-250 metros, e cercada por terrenos mais elevados, atingindo altitudes de 700 a 800 metros (Jacomine et al., 1973).

3.2. Classificação da Pesquisa

Conforme os autores Prodanov e Freitas (2013), quanto à natureza da pesquisa, configura-se como básica, devido a formulação de conhecimento base de novos estudos e planos de ação. A abordagem é quali-quantitativa, por analisar e visualizar condições de uso do solo e precipitação, sem a utilização de técnicas estatísticas. Do ponto de vista de seus objetivos, a mesma é descritiva, por descrever as características de determinada condição e o estabelecimento de relações entre variáveis. E quanto aos procedimentos técnicos, é caracterizada por ser estudo de caso, por envolver o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento.

3.3. Procedimentos Metodológicos

3.3.1. Análise da Precipitação

Para adquirir os dados de precipitação, foi utilizado o produto de sensoriamento remoto fornecido pelo Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Stations (CHIRPS). Essa fonte oferece informações sobre a precipitação desde o ano de 1981 até os dias atuais. O CHIRPS é reconhecido por sua abrangência global em climatologia, fornecendo estimativas de chuva baseadas em satélites e dados observados de precipitação com uma cobertura quase completa. Suas resoluções espaciais e temporais são de 0,05 x 0,05° e mais de 40 anos, respectivamente. Um destaque é sua

capacidade de avaliar a variabilidade da precipitação em regiões remotas não monitoradas, como certas áreas florestais, com uma precisão considerável na estimativa mensal de precipitação em diferentes escalas (Katsanos; Retalis; Michaelides, 2016). Para este estudo, foram coletadas séries diárias de precipitação de janeiro de 2003 até dezembro de 2022, por apresentarem resultados mais recentes, agregando-as em intervalos mensais e anuais. Em seguida, foram elaborados mapas anuais representando a precipitação total anual para possibilitar uma análise abrangente e detalhada da variabilidade espaço-temporal dessa importante variável climática.

3.3.2. Mudanças de Uso e Ocupação do Solo

3.3.2.1. Mapbiomas

Para analisar a utilização e a cobertura do solo, foram empregados os conjuntos de dados da coleção 8 do projeto MapBiomas (MapBiomas, 2024), que abrangem o período de 1988 a 2022. Esses dados foram obtidos através do módulo de uso e cobertura do solo da plataforma MapBiomas, com uma área de estudo definida pela bacia hidrográfica, especialmente no Jaguaribe 2, na sub-bacia do Rio Salgado. Durante a classificação, optou-se pelo uso do nível 1 de categorização, englobando diferentes tipos de cobertura, como florestas, área urbanizada, atividades agropecuárias (pastagem e agricultura) e corpos d'água. Os mapas referentes à Cobertura e Uso da Terra em todo o Brasil, disponíveis no formato GeoTiff, foram baixados diretamente da Coleção 8. Posteriormente, foram selecionados os dados específicos da sub-bacia hidrográfica em análise, resultando na criação de 20 mapas anuais que descrevem a utilização e a cobertura do solo, abrangendo o período de 2003 a 2022.

3.3.3. Processamento de Dados

Os dados foram processados e analisados usando a plataforma Google Earth Engine (GEE), uma ferramenta especializada em análise e visualização de dados geoespaciais. O GEE permite acesso fácil e rápido a uma ampla gama de conjuntos de dados públicos e gratuitos, aproveitando uma infraestrutura computacional de alto desempenho (Ravanelli et al., 2018). Para este estudo, foi utilizada a linguagem de programação JavaScript, para desenvolver o código necessário. Após o processamento dos dados, conduzida uma análise comparativa dos mapas e informações geradas, usando a métrica estatística: coeficiente de correlação (ρ). Essa métrica foi aplicada para examinar a relação entre o uso e cobertura do solo e a precipitação, visando entender as interações entre as variáveis hidrológicas e a cobertura terrestre. O coeficiente de correlação (ρ) avalia a força e a direção das relações lineares entre as variáveis, com valores variando de -1 a 1.

3.3.4. Estatísticas Descritivas e Testes de Correlação

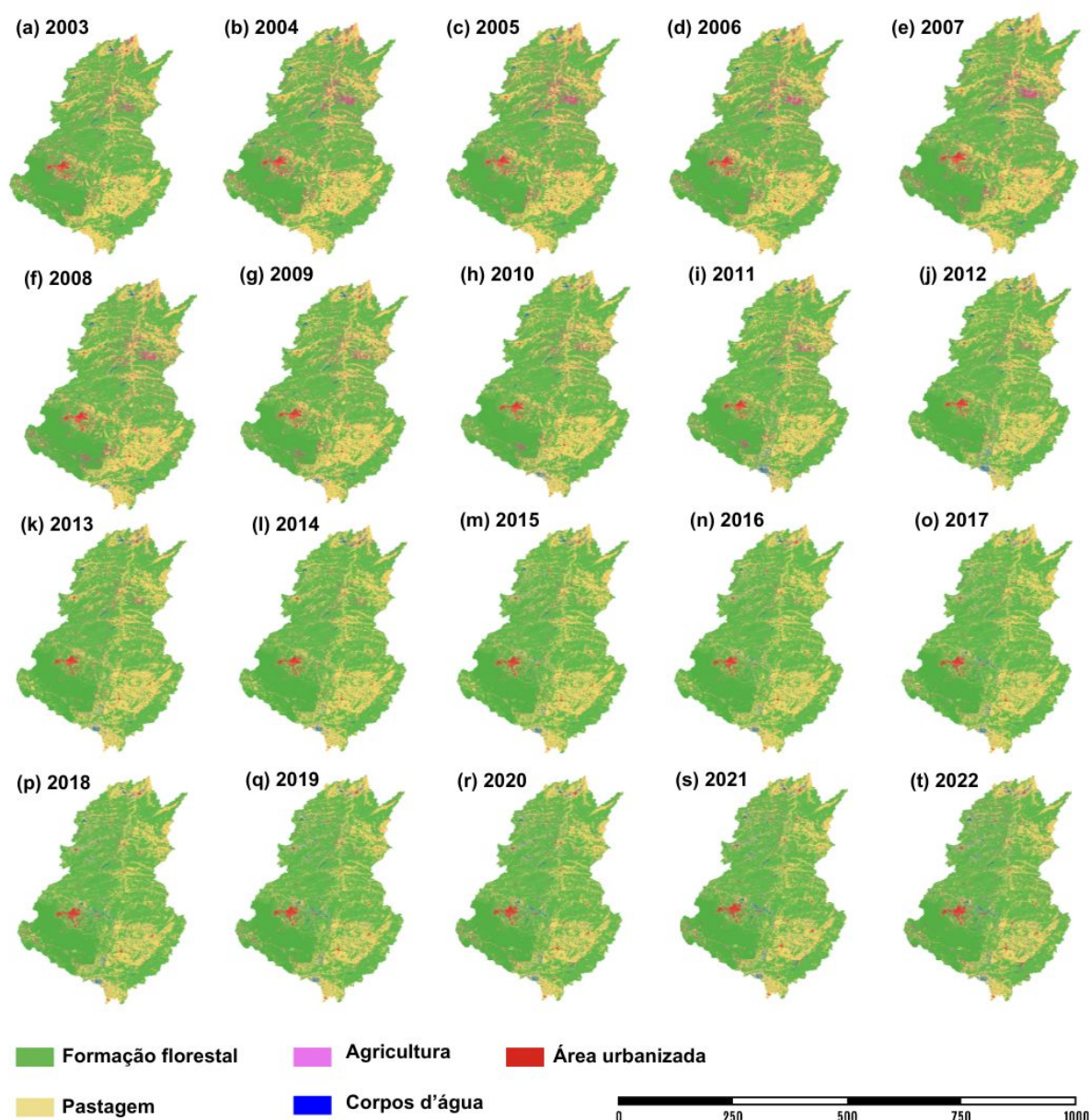
A análise estatística descritiva ocorreu por meio gráficos de barra e boxplot para a avaliação temporal das variáveis de interesse, que incluem precipitação e áreas de uso do solo. Além disso, houve a comparação entre mapas e tabelas para examinar a relação entre os dados pluviométricos e as áreas das classes de uso e ocupação do solo, com base na classificação do MapBiomas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES OU ANÁLISE DOS DADOS

Ao analisar a variação espaço temporal do uso e ocupação do solo da Sub-bacia do Rio Salgado (Figura 2), no período de 2003 a 2022, verifica-se que as classes formação florestal, pastagem, agricultura,

urbanização e os corpos d'água são predominantes. Estes elementos são indicativos das principais atividades e características ambientais da região (Vasconcelos; Lima; Filho, 2024).

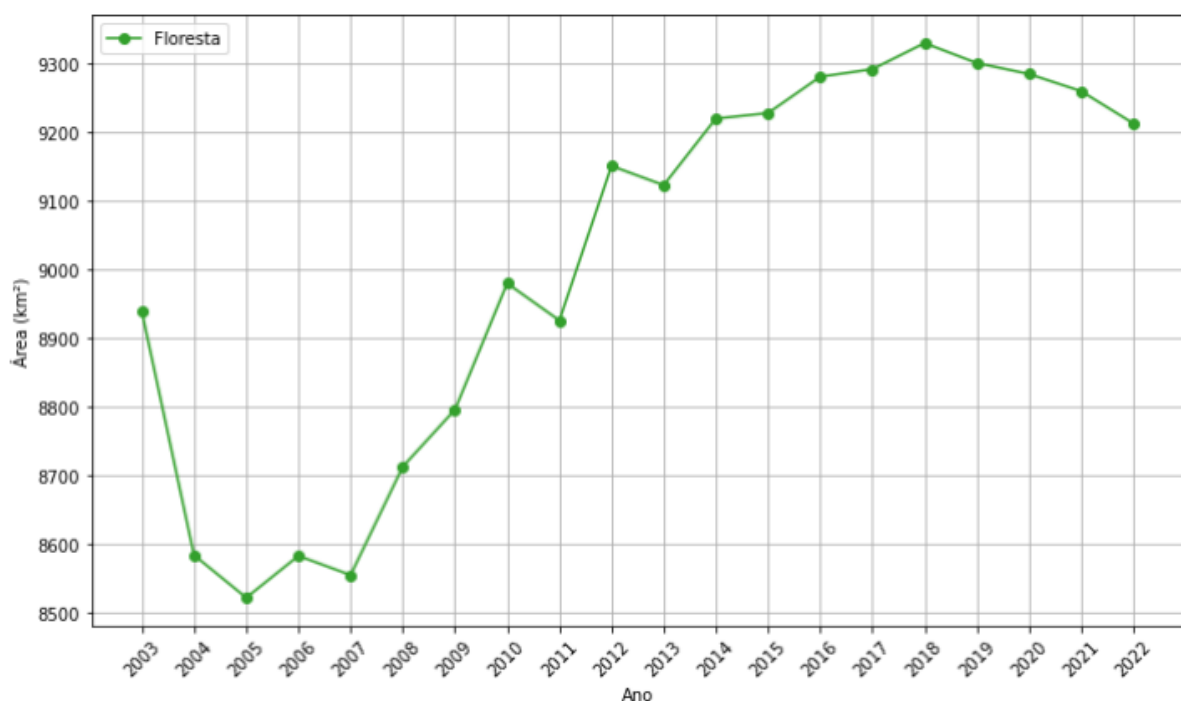
Figura 2. Uso e ocupação do solo da Sub-bacia do Rio Salgado (2003-2022)



Na Figura 3, observa-se a variação da área de cobertura florestal, ao longo dos 20 anos analisados, sendo possível perceber um aumento da área desta cobertura na área de estudo. Em 2003, a região contava com 8.938 km² de floresta, e esse número cresceu para 9.212 km² em 2022. Esse aumento representa um acréscimo de 2,13%, o que equivale a um incremento de 274 quilômetros quadrados de

área florestal nesse período. Ao analisar a proporção de cobertura florestal em relação à área total da Sub-bacia do Rio Salgado, observa-se uma tendência de crescimento. Em 2003, a cobertura florestal representava 69,38% da área total da sub-bacia, esse percentual aumentou para 71,51% em 2022, demonstrando uma ampliação da presença de vegetação florestal na região ao longo dos anos.

Figura 3. Gráfico da área de cobertura florestal anual

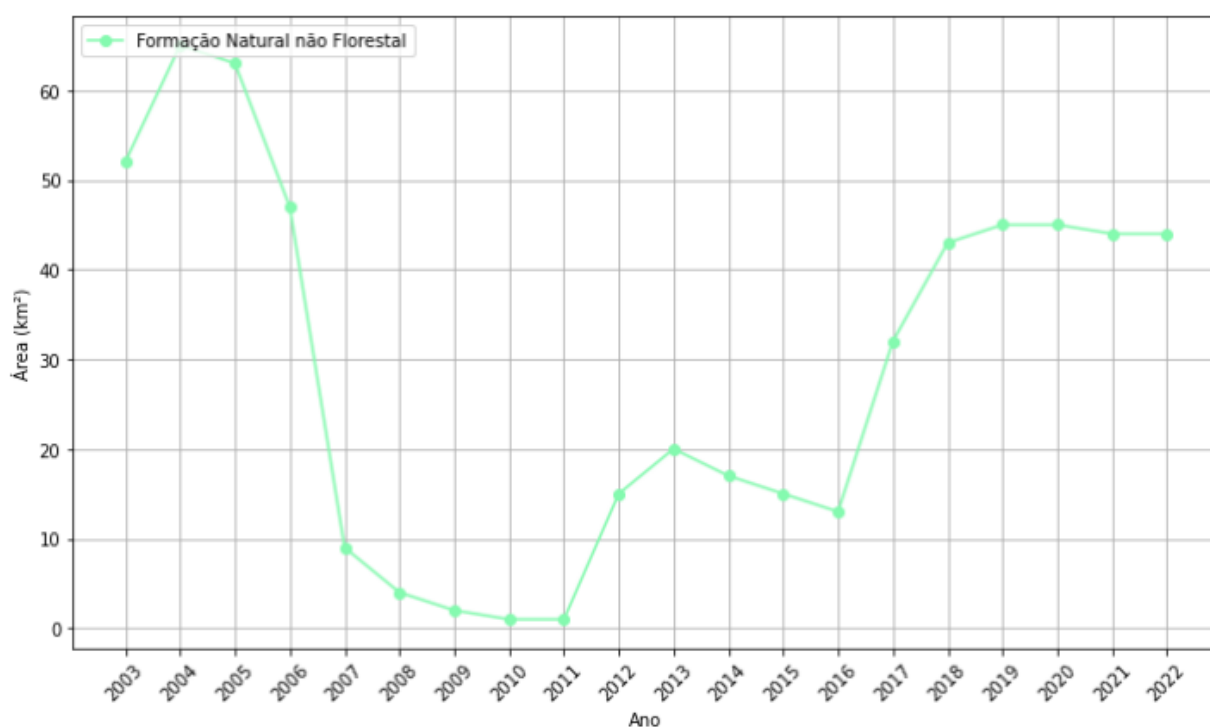


Por outro lado, é importante ressaltar que uma parcela minoritária da Sub-bacia do Rio Salgado é composta por formações naturais não florestais. Esta categoria engloba diferentes tipos de vegetação e formações geológicas. Em 2003, essas áreas representavam aproximadamente 0,58% do território da sub-bacia, correspondendo a 52 km². No entanto, ao final do período de análise, em 2022, houve uma redução nessa categoria, que passou a representar apenas 0,50% da área total, ou seja, 44 km². Isso representa uma perda de 8 km² e uma diminuição de 0,8% em relação aos últimos 20 anos (Figura 4). Configurando-se como pequeno decréscimo a

comparar 2003 a 2022, apesar da acentuada redução entre 2006 a 2017, que se restabeleceu durante os anos subsequentes.

Esses dados evidenciam a dinâmica de transformação do uso e ocupação do solo na Sub-bacia do Rio Salgado, ao longo do tempo, com um aumento significativo da área de formação florestal e uma diminuição das áreas de formação natural não florestal. Essa análise, conforme Amaral e Rios (2012), é crucial para o planejamento ambiental e o manejo sustentável dos recursos naturais, podendo esse servir para planejadores e legisladores, pois ao verificar a utilização do solo em determinada área, pode-se elaborar uma melhor política de uso da terra para desenvolvimento da região.

Figura 4. Gráfico da área de formação natural não florestal anual



Ao examinar os dados, observa-se que a área destinada à agropecuária, que inclui tanto pastagem quanto agricultura, apresentou uma estabilidade relativa, com variações mínimas ao longo dos anos. Inicialmente, em um dos primeiros anos de análise, a área ocupada pela pastagem na bacia hidrográfica era de 3.067

km² (Figura 5). Este valor se manteve praticamente constante nos anos subsequentes, com pequenas oscilações, até reduzir para 2.794 km² em 2022. Esse último número corresponde a 26,41% do território total da bacia hidrográfica, indicando uma leve redução ao longo do tempo. Enquanto que a agricultura, apesar de valores relativamente menores, configuraram significativo aumento, passando de 10 km² em 2003, para 259 em 2022 (Figura 6).

Figura 5. Gráfico de pastagem

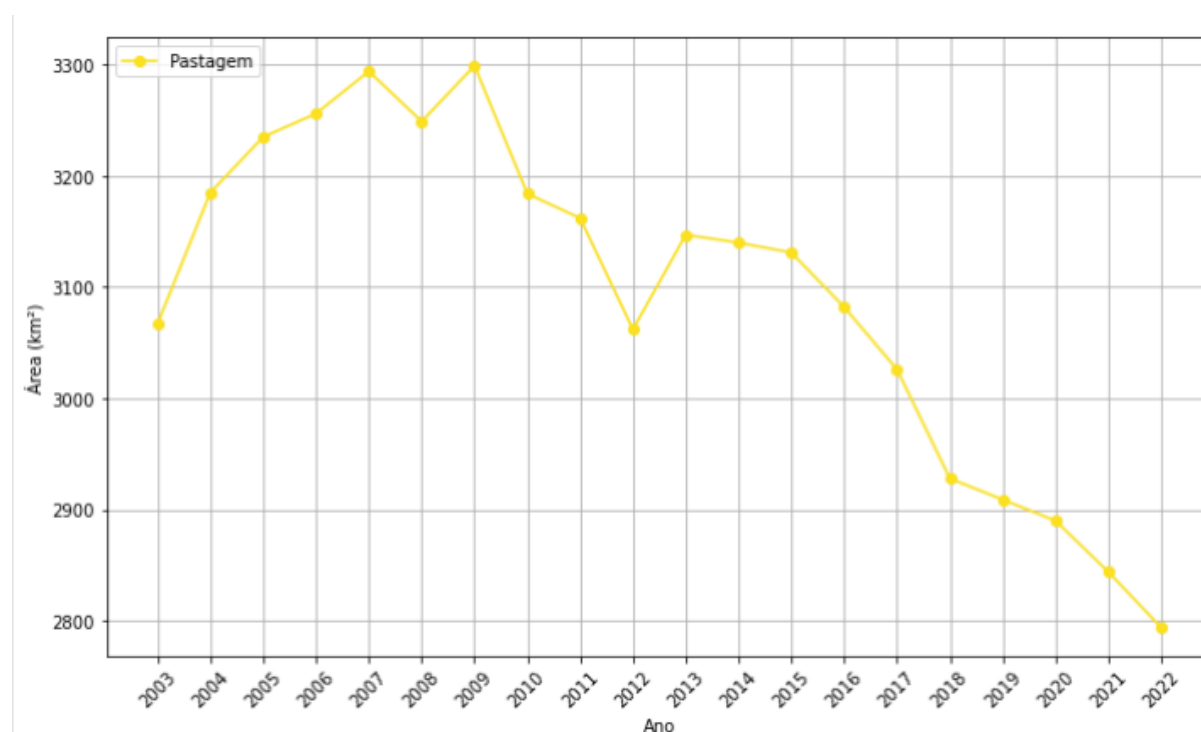
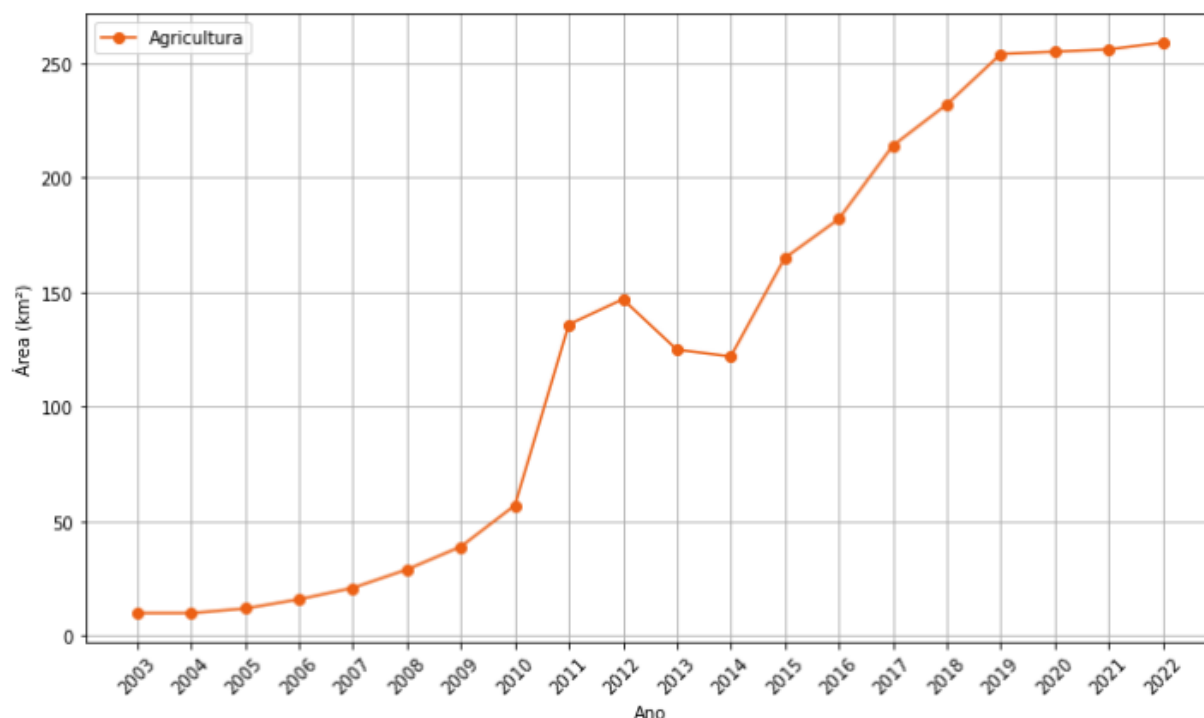
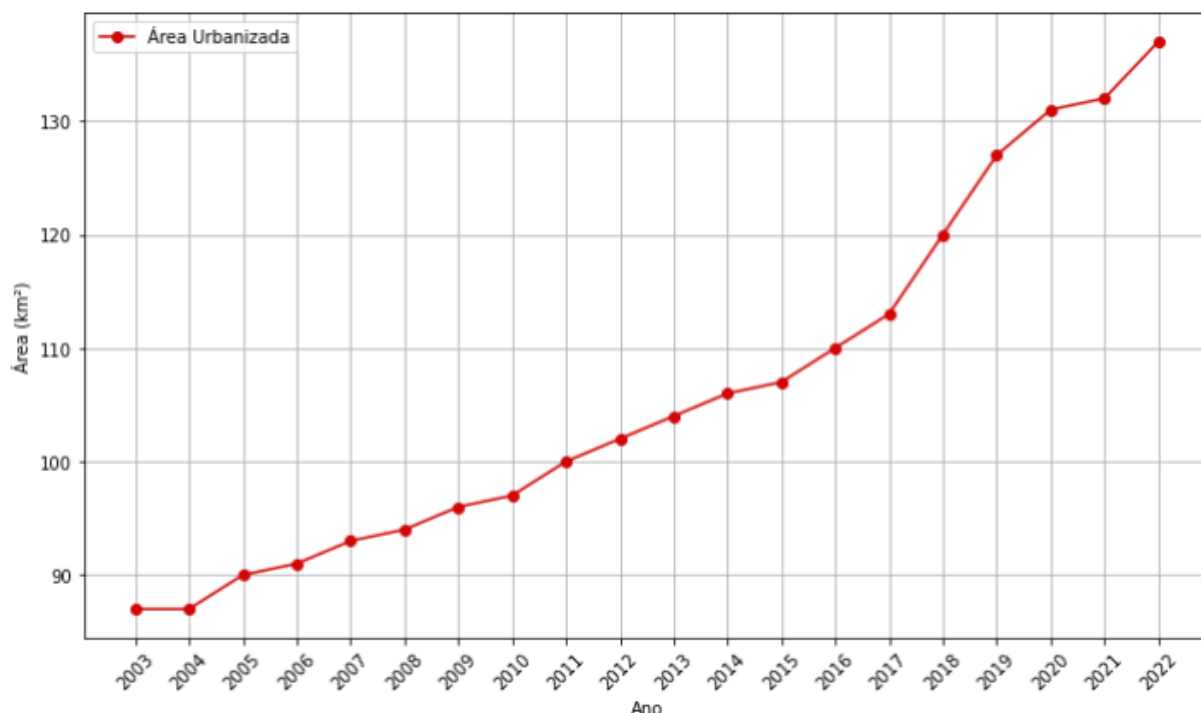


Figura 6. Gráfico de área de agricultura



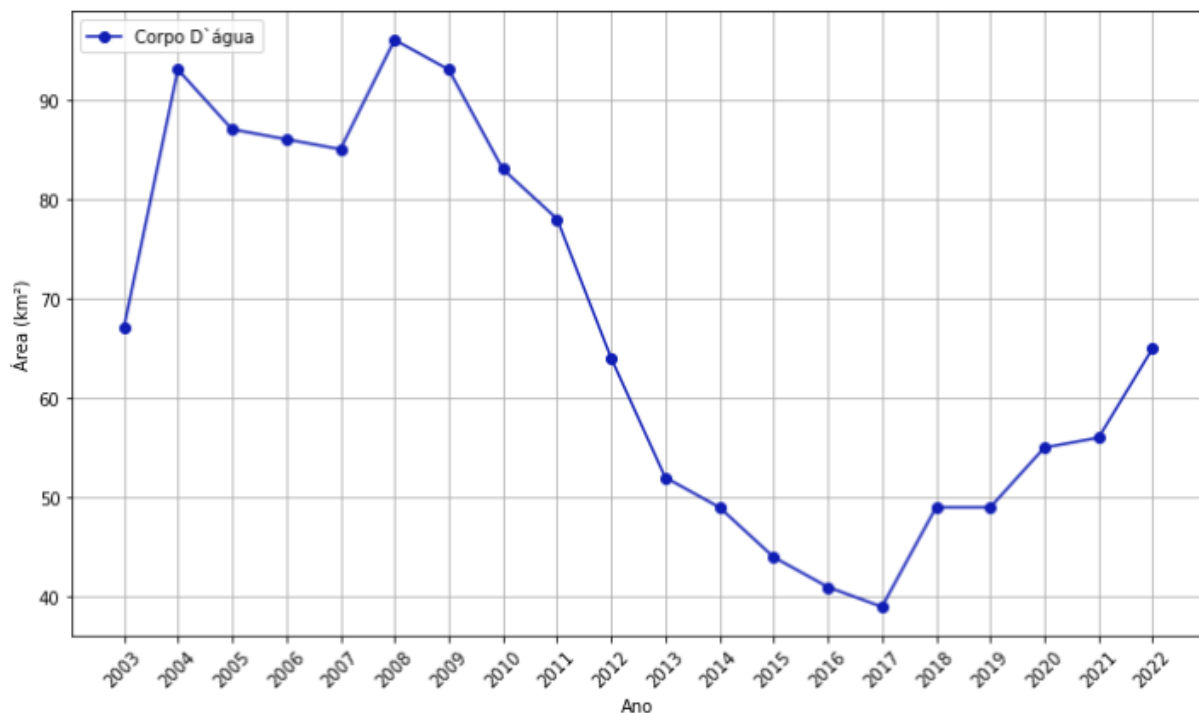
Ao comparar os valores desses dois períodos, das duas classes, verifica-se uma decrescimento de 273 km² de pastagem no ano inicial e no ano final da análise, e crescimento de 249 km² da agricultura. Evidenciando uma tendência de ligeiro declínio na área destinada à agricultura na bacia hidrográfica. Esses dados sugerem que, apesar da estabilidade geral da área destinada, há um movimento de retração ou realocação dessas atividades dentro da bacia hidrográfica ao longo dos anos. Essas mudanças podem ser influenciadas por diversos fatores, como políticas públicas, condições climáticas, demanda de mercado e práticas de manejo sustentável. Além do aumento das áreas de pastagem, fruto do avanço da agropecuária.

Figura 7. Gráfico de área urbanizada



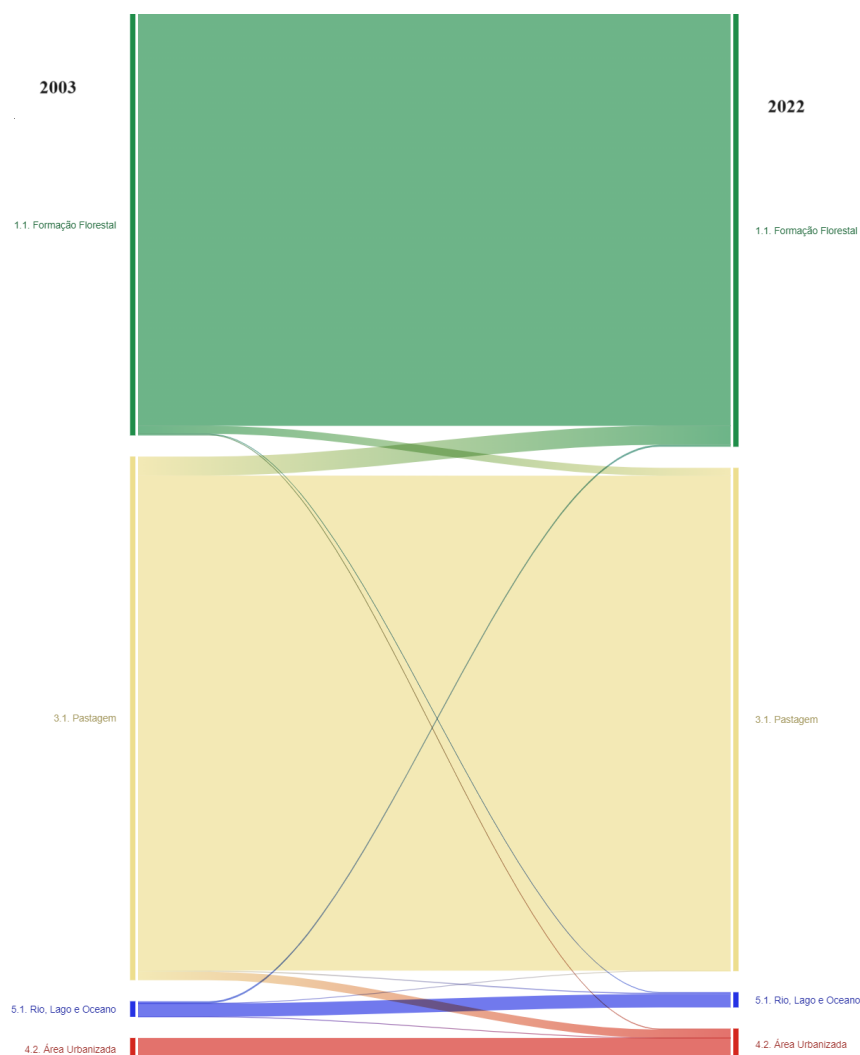
Ao examinar a área urbanizada ao longo da série histórica analisada, é evidente um aumento discreto, porém significativo, desta categoria de uso do solo. Em 2003, a área urbanizada totalizava 87 km². Ao avançar para 2022, essa área cresceu para 137 km². Isso indica um acréscimo de 50 km² e um aumento percentual de 0,5% ao longo do período analisado (Figura 7). O aumento da urbanização, ao longo dos anos, pode ser atribuído ao crescimento populacional, à expansão das atividades econômicas e ao desenvolvimento urbano da região. O crescimento econômico local e a atratividade da área para novos empreendimentos e investimentos podem ter impulsionado a expansão da urbanização, resultando em uma maior conversão de áreas naturais e agrícolas em espaços urbanizados e outras formas de uso do solo não vegetado (Rolnik; Klink, 2011).

Figura 8. Corpos d'água.



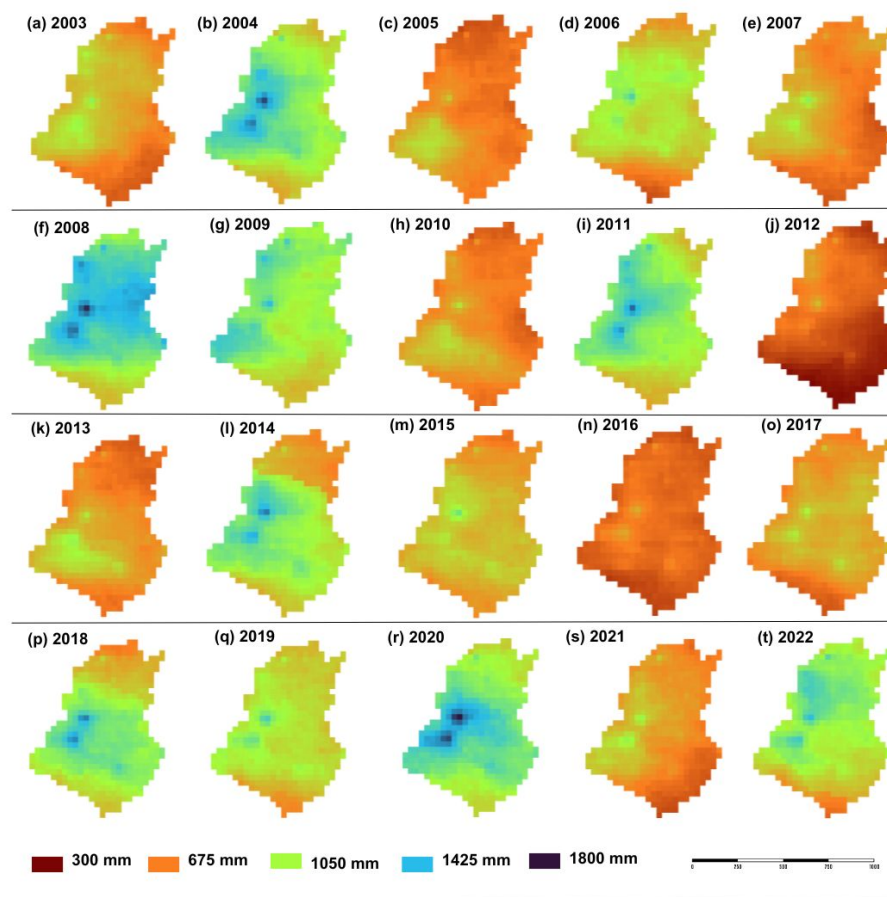
Ao analisar a área de corpo d'água (Figura 8), percebe-se que a região apresenta considerada variação no intervalo de anos nessa classe, porém, o valor inicial, 2003, é similar ao valor final, 2022, com variação de 2 km². Estas variações destacam a redução da área de corpo d'água entre 2008 a 2017, a nível crítico, com posterior aumento. Onde, mesmo com grande oscilação durante o intervalo de estudo, ao final obteve uma pequena significância.

Figura 9. Diagrama de Sankey - Relação entre as classes analisadas.



Na Figura 9 é possível observar, através do diagrama de sankey, as relações que ocorrem entre as classes de uso e ocupação do solo, no período entre 2003 a 2022. Assim, é possível inferir que: (a) no intervalo de estudo, houve crescimento da área florestada; (b) o crescimento da área florestada em 2022, se deu por meio da redução/compensação da pastagem e agricultura; (c) o aumento da urbanização, ocorreu majoritariamente sobre as áreas de pastagem; (d) corpos d'água houveram pouca variação, porém diminuiu em função do aumento da vegetação. A análise do uso e ocupação do solo na Sub-bacia do Rio Salgado entre 2003 e 2022 evidencia uma dinâmica complexa e multifacetada. O aumento da formação florestal, o crescimento da urbanização e a pequena variação nos corpos d'água são reflexos das interações entre atividades humanas, mudanças climáticas e políticas de uso da terra (Schembergue et al., 2017).

Figura 10. Mapas da precipitação média anual para a Sub-bacia do Rio Salgado (2003-2022)



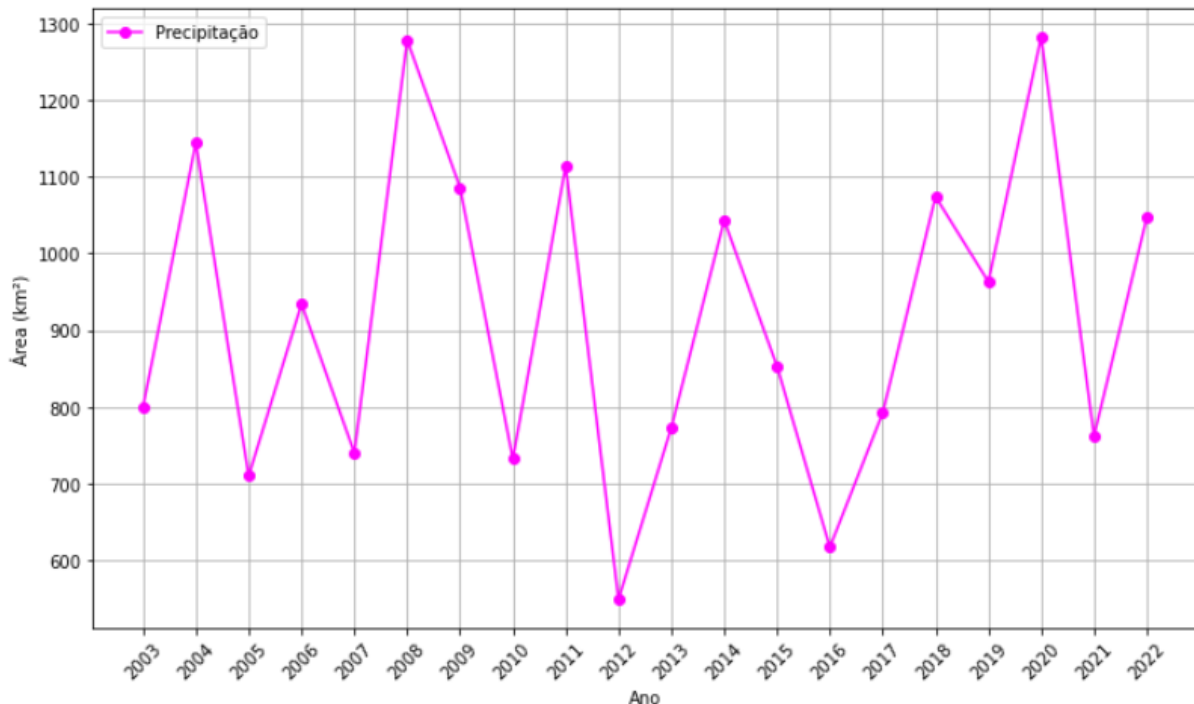
A Figura 10 é a distribuição espaço-temporal da precipitação média anual de 2003 a 2022, para a área de estudo. Através da figura 10, é possível observar maior pluviosidade nos municípios de Caririaçu, Crato e Juazeiro do Norte, os quais, estão localizados no Geopark Araripe, com vegetação mista, possuindo fragmentos de mata atlântica, dentro do bioma caatinga, além de altas altitudes, como Caririaçu e Crato, sendo Juazeiro do Norte o maior centro urbano da sub-bacia, encontrando-se entre a chapada do Araripe (Ribeiro, 2017).

Deste modo, esta região contribui significativamente na precipitação, por também possuir maior parte da vegetação da sub-bacia, que desempenha um papel essencial na regulação dos padrões de precipitação, capturando e retendo água por meio da

transpiração das árvores e da evaporação do solo. Essa capacidade contribui para a formação de nuvens e ocorrência de chuvas, enquanto previne a erosão do solo (Machado; Pacheco, 2010).

Na Figura 11 verifica-se a precipitação média anual para o período de estudo, os anos de 2004, 2008, 2011 e 2020 se destacam como os mais chuvosos, apresentando precipitações médias superiores a 1.100 mm, esses anos foram caracterizados por condições climáticas mais úmidas e foram essenciais para o reabastecimento dos recursos hídricos da região. Ao comparar o volume anual precipitado com a área de corpo d'água, é possível perceber variações similares entre as chuvas e volume dos corpos d'água, conforme ilustra as figuras 8 e 11.

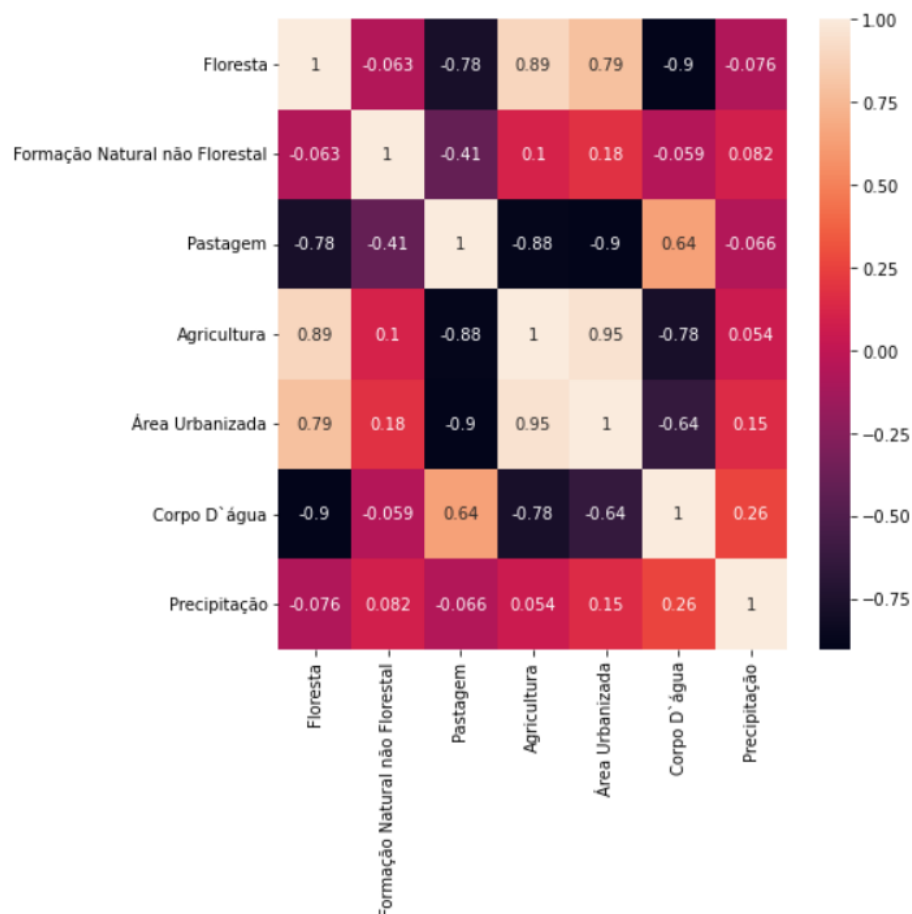
Figura 11. Precipitação média anual da Sub-bacia do Rio Salgado



Por outro lado, houveram anos em que a precipitação foi substancialmente menor. Os anos de 2005, 2007, 2010, 2012, 2013, 2016, 2017 e 2021 foram identificados como períodos de menor pluviosidade, registrando volumes precipitados inferiores a 800 mm.

Essas variações na quantidade de chuva ao longo desses anos podem ter impactos significativos na, na agricultura e no abastecimento de água para as comunidades locais (Oliva, 2019). A análise da precipitação média anual, ao longo do período de 2003 a 2022, evidencia a variabilidade climática característica da região de estudo, com anos de alta, baixa e média pluviosidade, conforme os dados.

Figura 12. Gráfico de correlação do uso e ocupação do solo com a precipitação



Através da correlação entre o uso e ocupação e a precipitação (Figura 12), observa-se as interações entre as as variáveis na referida bacia hidrográfica. Destacando a urbanização como maior fator influenciador da precipitação. Bem como discute Souza, Rangel e Cataldi (2017), a urbanização causa mudanças climáticas, como as Ilhas de Calor Urbanas (ICU) e alterações na chuva. O calor das indústrias e veículos, a falta de áreas verdes e os materiais de

construção aumentam a temperatura urbana. A urbanização intensiva pode modificar os padrões de chuva. Apesar da influência de fenômenos naturais como o El Niño-Oscilação Sul (ENOS), é uma causa significativa dessas mudanças.

Dessa forma, a urbanização está ligada à diminuição da infiltração da água no solo e à alteração dos padrões de circulação atmosférica. A impermeabilização do solo e a substituição de áreas naturais por superfícies urbanas reduzem a absorção de água, aumentando o escoamento superficial e afetando os regimes de temperatura e umidade. Essas mudanças na paisagem urbana têm impactos significativos no clima local e global, enfatizando a necessidade de planejamento urbano sustentável para mitigar esses efeitos adversos (Brandão; Santos; Carelli, 2016).

Na correlação entre as demais classes, é possível analisar que entre Floresta e Pastagem existe uma forte correlação negativa (-0.777), sugerindo que onde há mais floresta, há menos pastagem e vice-versa. Na Floresta e Agricultura há uma forte correlação positiva (0.891) indicando que áreas com mais florestas tendem a ter mais áreas agrícolas e vice-versa. E na Floresta e Área Urbanizada possui uma correlação moderada positiva (0.792) entre a presença de florestas e áreas urbanizadas. Isso sugere que em regiões onde há mais florestas, também pode haver mais áreas urbanizadas.

Ainda, Souza, Souza e Cardoso (2017) em sua pesquisa, destacam e concluem que a análise anual de precipitação e vazão de 1985 a 2013 revelou uma redução mais acentuada na vazão média anual do que na precipitação média anual, sugerindo uma correlação entre o uso do solo e os padrões de fluxo de água. O aumento da área urbanizada na bacia, especialmente após 2005, pode estar ligado a

essa redução. Além disso, mudanças significativas foram observadas, incluindo uma diminuição nas vazões máximas e um aumento nas vazões mínimas, indicando uma modificação no regime de fluxo de água da bacia. Esses resultados destacam a influência do uso do solo na hidrologia da bacia e a necessidade de políticas de gestão territorial sustentável.

5. CONCLUSÃO/CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que houveram influências do uso e ocupação do solo na precipitação da Sub-bacia do Rio Salgado. O aumento da área de formação florestal contribuiu positivamente para a precipitação local devido à capacidade das florestas em capturar e reter água, favorecendo a formação de nuvens e a ocorrência de chuvas. Por outro lado, a redução das áreas naturais não florestais, e a expansão da urbanização teve um efeito negativo na precipitação, diminuindo a infiltração da água no solo e modificando os padrões de circulação atmosférica.

Assim, o uso e ocupação do solo na Sub-bacia do Rio Salgado exerceu influência sobre os regimes de precipitação, tanto de forma positiva quanto negativa, devido às mudanças nas características da cobertura vegetal, na retenção de água e na circulação atmosférica local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J.; GONÇALVES, T.; NASCIMENTO, S. A. Precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, Nordeste do Brasil: tendências e variabilidade (1970-2020). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais**, v. 17, n. 2, p. 527-542, 16 set. 2022.

AMARAL, A. B; RIOS, A. S. Geoprocessamento: mapeamento do uso e ocupação do solo no alto curso do rio Piedade. **Revista de Geografia-PPGEO-UFJF**, v. 2, n. 1, 2012. Acesso em: 25 abr. 2024.

BEZERRA, J. M. *et al.* Parâmetros biofísicos obtidos por sensoriamento remoto em região semiárida do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 73-84, 2014.

BORGES, I. V. G.; MOREIRA, D. S.; ROZANTE, J. R. Campo de Precipitação Proveniente de Medidas Pluviométricas e Estimativas de Precipitação dos Radares do IPMet. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, n. 4, p. 417-426. 2019.

BRANDÃO, T. F. B; F; SANTOS, R. L; CARELLI, L. Eventos Hidrológicos Extremos na Cidade de Salvador-BA: Análise Espacial de Ocorrências de Alagamentos. **Investigaciones Geográficas**, n. 51, p. ág. 115-137, 2016. Acesso em: 25 abr. 2024.

CARVALHO, W. dos S.; FILHO, F. J. C. M.; SANTOS, T. L. dos. Uso e cobertura do solo utilizando a Plataforma Google Earth Engine (GEE): Estudo de caso em uma Unidade de Conservação / Land use and land cover using the Google Earth Engine Platform (GEE): Case study in a Conservation Unit. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 15280–15300, 2021.

CAVALLARI, R. L.; TAMAE, R. Y.; ROSA, A. J. A importância de um sistema de informações geográficas no estudo de microbacias hidrográficas. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 6, n. 11, p. 1-5, 2007.

COELHO, V. H. R. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 64-72, 2014. Acesso em: 25 abr. 2024.

COGERH, J. H. S. Vamos conhecer o Salgado. Crato/CE, 2007.13p. (Cartilha técnica), Índices biofísicos da bacia hidrográfica do rio Sucuru-PB utilizando o Google Earth Engine. **Revista Geama**, v. 9, n. 3, p. 86-94, 2023. Acesso em: 25 abr. 2024.

CUNHA, J. E. *et al.* Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe, PB, utilizando-se sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 539-548, 2012.

EAGLESON, P. S. Dynamic hydrology. The Maple Press Company, 2003. The climate hazards infrared precipitation with stations - A new environmental record for monitoring extremes. **Scientific Data**, v. 2, n. 1, p. 1-21, 2015. Acesso em: 25 abr. 2024.

GUEDES, H. A. S., PRIEBE, P. S., MANKE, E. B. Tendências em séries temporais de precipitação no norte do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 34(2), 283-291. 2019.

JACOMINE, P. K. T; ALMEIDA, J.C; MEDEIROS, L.A.R. Levantamento exploratório- reconhecimento de solos do Estado do Ceará. Recife: **SUDENE**. v.1, 301p. 1973. Acesso em: 25 abr. 2024.

KATSANOS, D; RETALIS, A; MICHAELIDES, S. Validation of a high-resolution precipitation database (CHIRPS) over Cyprus for a 30-year period. **Atmospheric Research**, v. 169, p. 459-464, 2016. Acesso em: 25 abr. 2024.

LIMA, I. P. de; LOVEJOY, S. Análise de flutuações na precipitação no macrotempo. **Ribagua**, v. 6, n. 1, p. 101-110, 2019.

LIRA, B. R. P., LOPES, L. N. A., CHAVES, J. R., SANTANA, L. R., FERNANDES, L. L.. Identificação de homogeneidade, tendência e magnitude da precipitação em Belém (Pará) entre 1968 e 2018. **Anuário do Instituto de Geociências**, 43(4), 426- 439. 2020.

LOPES, F. B. *et al.* Modelagem da qualidade das águas a partir de sensoriamento remoto hiperespectral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 13-19, 2014.

LU, G.; BATTY, M.; STROBL, J.; LIN, H.; ZHU, A.; CHEN, M. Reflections and speculations on the progress in Geographic Information Systems (GIS): A geographic perspective. **International Journal of Geographical Information Science**. v. 33, n. 2, p.346 - 367, 2019.

MACEDO, C. E. de S. *et al.* Detecção da variação de cobertura vegetal a partir da estimativa do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) na unidade de conservação do Parque Estadual das Carnaúbas-CE com utilização de técnicas do sensoriamento remoto. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 43, n. 2, p. 477-485, 2020.

MACHADO, A. L. S; PACHECO, J. B. Serviços ecossistêmicos e o ciclo hidrológico da bacia hidrográfica amazonica - The Biotic Pump. **Revista Geonorte**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 71–89, 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1117>. Acesso em: 21 abr. 2024.

MENEZES, J. P. C. *et al.* Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana.

Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 21, p. 519-534, 2016.

NASCIMENTO, T. V. do; FERNANDES, L. L. Mapeamento de uso e ocupação do solo em uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia. **Ciência e Natura**, v. 39, n. 1, p. 169-177, 2017.

NUNES, J. F.; ROIG, H. L.(2015).Análise e mapeamento do uso e ocupação do solo da bacia do alto do descoberto, DF/GO, por meio de classificação automática baseada em regras e lógica nebulosa 1. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.39,n.1, p.25-36.

OLIVA, F. G. Climatologia e variabilidade dos principais sistemas meteorológicos atuantes no Brasil, relação com chuvas intensas e impactos relacionados. **GeoPUC**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 23, p. 74-99, 2019. Acesso em: 25 abr. 2024.

OLIVEIRA, L. M. M. de *et al.* Análise quantitativa de parâmetros biofísicos de bacia hidrográfica obtidos por sensoriamento remoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 1209-1217, 2012.

PEDREIRA, J. P. das N. C.; CRUZ, C. B. M. Análise das Diferenças de Identificação e Delimitação de Áreas Verdes Intra urbanas do Rio de Janeiro pela Perspectiva em Mesoescala do MapBiomas. **Espaço Aberto**, v. 13, n. 1, p. 43-58. 2023.

PRODANOV, C. C; FREITAS, E. C. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. Novo Hamburgo: **Editora Feevale**, 2013.

Projeto MapBiomas – Coleção 8.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil, Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/downloads/>. Acesso em: 25 abr. 2024.

RAVANELLI, R. Monitoring the impact of land cover change on surface urban heat island through Google Earth Engine: Proposal of a global methodology, first applications and problems. **Remote Sensing**, v. 10, n. 9, p. 1488, 2018. Acesso em: 25 abr. 2024.

RIBEIRO, S. C. Caracterização geoambiental da sub-bacia do rio salgado na mesorregião sul cearense – Parte I – Clima e Arcabouço Geológico. **Geoconexões**, [S. l.], v. 1, p. 4–16, 2017. Acesso em: 25 abr. 2024.

RIBEIRO, S. C. Caracterização geoambiental da sub-bacia do rio Salgado na mesorregião Sul Cearense–Parte I–Clima e Arcabouço Geológico. **Geoconexões**, v. 1, p. 4-16, 2017. Acesso em: 25 abr. 2024.

ROHATYN, S. Differential Impacts of Land Use and Precipitation on “Ecosystem Water Yield.” *Water Resources Research*, v. 54, n. 8, p. 5457-5470, 2018. Acesso em: 25 abr. 2024. Acesso em: 25 abr. 2024.

ROLNIK, R; KLINK, J. Crescimento econômico e desenvolvimento urbano: por que nossas cidades continuam tão precárias?. **Novos estudos CEBRAP**, p. 89-109, 2011. Acesso em: 23 abr. 2024.

ROMÃO, A. C. B. C; SOUZA, M. L. Análise do uso e ocupação do solo na bacia do Ribeirão São Tomé, noroeste do Paraná – PR (1985 e 2008). **RAEGA** - O Espaço Geográfico em Análise, [S.l.], v. 21, abr. 2011. Acesso em: 23 abr. 2024.

SANTANA, A.L.S; ARAÚJO, G. L. Erosão do solo em uma propriedade rural no município de Abre Campo (MG). **III Seminário Científico da FACIG / II Jornada de Iniciação Científica da FACIG**. 2017.

SANTANA, G. R. de A.; DE OLIVEIRA, V. de P. S.; JUNIOR, J. L.; SILVA, M. G. A. J. da; SANTOS, E. B. Precipitação e Eventos Extremos na Bacia do Rio Paraíba do Sul: Uma Revisão Teórica: Uma Revisão Teórica. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 52–69, 2021.

SANTOS , P. S. dos; SANTOS, M. E. de G. dos; SANTOS, R. dos. Uso e ocupação do solo: reflexão sobre impacto ambiental. **Agri-environmental sciences**, v. 7, n. 1, p. 10, 23 jun. 2021.

SARKAR, D., SARKAR, T., SAHA, S., MONDAL, P. (2021). Compiling non-parametric tests along with CA-ANN model for precipitation. **Water Cycle**, 2, 71-84.

SCHEMBERGUE, A. Sistemas Agroflorestais como Estratégia de Adaptação aos Desafios das Mudanças Climáticas no Brasil 2. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 55, p. 9-30, 2017. Acesso em: 23 abr. 2024.

SEBUSIANI, H. R. V; BETTINE, S. C. Metodologia de análise do uso e ocupação do solo em microbacia urbana. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 7, n. 1, 2011. Acesso em: 23 abr. 2024.

SHIMABUKURO, Y. E.; MAEDA, E. E.; FORMAGGIO, A. R.. Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas aplicados ao estudo dos recursos agronômicos e florestais. **Ceres**, v. 56, n. 4, 2009.

SILVA, D. V. S. da; CRUZ, C. B. M. Tipologias de Caatinga: Uma Revisão em Apoio a Mapeamentos Através de Sensoriamento Remoto

Orbital e GEOBIA. **Revista do Departamento de Geografia**, [S. l.], v. 35, p. 113-120, 2018.

SILVA, K. R. da *et al.* Interpolação espacial da precipitação no Estado do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, v. 18, p. 417-427, 2023.

SOUZA, C. M. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with landsat archive and earth engine. **Remote Sensing**, v. 12, n. 17, p. 2735, 2020. Acesso em: 23 abr. 2024.

SOUZA, C. V. F; OLIVEIRA RANGEL, R. H; CATALDI, M. Avaliação Numérica da Influência da Urbanização no Regime de Convecção e nos Padrões de Precipitação da Região Metropolitana de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, p. 495-508, 2017. Acesso em: 25 abr. 2024.

SOUZA, N. S; SOUZA, W. J; CARDOSO, J. M.S. Caracterização hidrológica e influência da cobertura do solo nos parâmetros de vazão do Rio das Fêmeas. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, p. 453-462, 2017. Acesso em: 23 abr. 2024.

TUINENBURG, O. A; THEEUWEN, J. J. E; STAAL, A. High-resolution global atmospheric moisture connections from evaporation to precipitation. **Earth System Science Data**, v. 12, n. 4, p. 3177-3188, 2020. Acesso em: 23 abr. 2024.

VAEZA, R. F. Uso e ocupação do solo em bacia hidrográfica urbana a partir de imagens orbitais de alta resolução. **Floresta e Ambiente**, v. 17, n. 1, p. 23-29, 2012. Acesso em: 17 abr. 2024.

VASCONCELOS, B.R; VIEIRA LIMA , M. T; CONCEIÇÃO, P. R. Detecção de Mudanças no uso e ocupação do solo no estado do Amazonas baseada nas classificações do projeto Mapbiomas. *Geofronter*, [S. l.], v. 10, p. e7773, 2024. DOI: 10.61389/geofronter.v10.7773. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/GEOF/article/view/7773>. Acesso em: 17 abr. 2024.

VERÇOSA, J. P. dos S. *et al.* Uso de sensoriamento remoto e de dados oriundos do projeto mapbiomas para análise do desmatamento no município de Rio Largo/AL. **Estudos Avançados sobre Saúde e Natureza**, v. 1, 2021.

WANG-ERLANDSSON, L. Contrasting roles of interception and transpiration in the hydrological cycle - Part 1: Temporal characteristics over land. **Earth System Dynamics**, v. 5, n. 2, p. 441-469, 2014. Acesso em: 17 abr. 2024.

WIERIK, S. A. T. Reviewing the Impact of Land Use and Land-Use Change on Moisture Recycling and Precipitation Patterns. **Water Resources Research**, v. 57, n. 7, 2021. Acesso em: 17 abr. 2024.

Yan, T., Shen, Z., & Bai, J. (2017). Spatial and temporal changes in temperature, precipitation, and streamflow in the Miyun Reservoir Basin of China. **Water**, 9(2), 78.

ZHANG, L. Hydrological impacts of land use change and climate variability in the headwater region of the Heihe River Basin, northwest China. **PLoS ONE**, v. 11, n. 6, 2016. Acesso em: 17 abr. 2024.

ZHAO, D. M; WU, J. Evaluating the impacts of land use and land cover changes on surface air temperature using the WRF-mosaic

approach. **Atmospheric and Oceanic Science Letters**, v. 11, n. 3, p. 262-269, 2018. Acesso em: 17 abr. 2024.

¹ Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Campina Grande Campus Cajazeiras. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

² Doutoranda em Engenharia Civil e Ambiental - PPGECCAM-UFPB - Campus João Pessoa. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

³ Doutorando em Ensino - RENOEN/ UEPB – CCT Campus 1. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁴ Doutorando em Engenharia Civil e Ambiental - PPGECCAM-UFPB - Campus João Pessoa. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)