

INFLUÊNCIAS HIDROCLIMÁTICAS NAS TRANSFORMAÇÕES DO USO DA TERRA NO SEMIÁRIDO POTIGUAR

Douglas Pereira Ferreira

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, Mossoró, RN, Brasil
eng.amb.douglas@gmail.com

Francisco Éder Rodrigues de Oliveira

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, Mossoró, RN, Brasil
rodrigueseder750@gmail.com

Jéssica Paloma Pinheiro da Silva

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Mossoró, RN, Brasil.
palomaatm@gmail.com

Vanessa Tainara da Cunha

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, Mossoró, RN, Brasil
vanessatainara62@gmail.com

Luzia Keli da Silva Coura

Universidade Federal de Campina Grande
Programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical, Campina Grande, PB, Brasil
luziadasilva79@gmail.com

Marianne Costa de Azevedo

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Mossoró, RN, Brasil
mariagro13@gmail.com

Daniel da Silva Dantas

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Mossoró, RN, Brasil
daniel.dantas29455@alunos.ufersa.edu.br

Iron Dhones de Jesus Silva do Carmo

Universidade de São Paulo
Programa de Pós-Graduação em Ciências (Energia Nuclear na Agricultura), Piracicaba, SP, Brasil
irondhones@gmail.com

Romário Lopes Silva

Licenciatura em Geografia pela Universidade Federal do Pará
Escola Municipal de Ensino Fundamental Rui Barbosa, Medicilândia, PA, Brasil
romariolopez.silva@gmail.com

Rayanna Campos Ferreira

Escola Cidadã Integral de Ensino Fundamental e Médio Daniel Carneiro – ECIT
Riacho dos Cavalos, PB, Brasil.
rayannacf@gmail.com

RESUMO

Estudos sobre uso e cobertura do solo abordam, as características naturais da paisagem e a forma como as atividades humanas utilizam a terra. Esta pesquisa teve como objetivo analisar os efeitos das variabilidades hidroclimáticas nas mudanças de uso e cobertura do solo no semiárido potiguar entre 2000 e 2020, com base em dados pluviométricos e de sensoriamento remoto obtidos por meio da plataforma Google Earth Engine (GEE). Foi aplicado o algoritmo de classificação supervisionada disponível na plataforma GEE com base na coleção 9 do projeto Mapbiomas, considerando os anos de 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020. Os dados pluviométricos e os relatórios de precipitação foram adquiridos no sistema hidrometeorológico da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte

(EMPARN) e processados no Microsoft Excel. Constataram-se oscilações na cobertura do solo, com reduções nos percentuais das classes "Outras Lavouras Perenes" (-92,68%) e "Formação Campestre" (-73,35%), e aumentos nos percentuais das áreas de "Corpos D'Água" (287,11%) e "Outras Lavouras Temporárias" (250,41%), além de oscilações singelas nas demais classes de uso. A pesquisa evidenciou mudanças significativas no uso do solo, influenciadas por variações pluviométricas e intervenções antrópicas, com destaque para a expansão da classe "Corpos D'Água" e a reconfiguração da matriz agropecuária.

Palavras-chave: Caatinga. Sensoriamento remoto. Multitemporal. Paisagem.

HYDROCLIMATIC INFLUENCES ON LAND USE TRANSFORMATIONS IN THE SEMI-ARID REGION OF RIO GRANDE DO NORTE

ABSTRACT

Studies on land use and land cover address the natural characteristics of the landscape and how human activities utilize the land, respectively. The objective of this study was to analyze the impact of hydroclimatic variability on changes in land use and land cover in the semi-arid region of Rio Grande do Norte, Brazil, from 2000 to 2020. This analysis was conducted using pluviometric data and remote sensing via Google Earth Engine (GEE). A supervised classification algorithm was applied on the GEE platform using Collection 8 data from the MapBiomas project and considering the years 2000, 2005, 2010, 2015, and 2020. Pluviometric data and precipitation reports were obtained from the Agricultural Research Company of Rio Grande do Norte's (EMPARN) hydrometeorological system and processed using Microsoft Excel. Land cover oscillations were observed, showing reductions in the percentages of the Other Perennial Crops (-92.68%) and Grassland Formation (-73.35%) classes and an increase in Water Bodies (287.11%) and Other Temporary Crops (250.41%). The remaining land use classes showed minor fluctuations. This study revealed significant land use changes influenced by pluviometric variability and human interventions, particularly the expansion of water bodies and the reconfiguration of the agricultural matrix.

Keywords: Caatinga. Remote sensing. Multitemporal. Landscape.

INTRODUÇÃO

A crescente escassez de recursos naturais está diretamente associada às atividades humanas, que, ao buscar atender às demandas sociais, frequentemente ultrapassam os limites sustentáveis. Esse desequilíbrio provoca a degradação de áreas ecológicas e resulta em impactos significativos na paisagem natural (Alves et al., 2024). O conceito de paisagem, por sua vez, evoluiu ao longo do tempo e atualmente é entendido como a integração entre paisagens naturais e culturais, abrangendo aspectos socioambientais voltados à preservação e ao desenvolvimento. Já os estudos sobre uso e cobertura do solo tratam, respectivamente, da descrição das características naturais que compõem a paisagem em uma determinada área e da forma como as atividades humanas utilizam a terra (Santos; Souza; Almeida Júnior, 2025).

As alterações na paisagem, muitas vezes decorrentes de práticas relacionadas ao uso e à cobertura do solo, têm no desmatamento de áreas naturais uma de suas principais causas. Fernandes et al. (2015) destacam que os estudos sobre o uso e a cobertura do solo, sua dinâmica e os respectivos impactos se intensificaram nas últimas décadas, sobretudo diante das transformações ambientais observadas no semiárido brasileiro.

De acordo com Braga et al. (2018), a supressão da vegetação nativa compromete a funcionalidade dos ecossistemas, interfere nos habitats da fauna silvestre, reduz a densidade da cobertura vegetal e favorece a extinção de espécies endêmicas. Adicionalmente, a exposição do solo a processos erosivos

e intempéricos aumenta os riscos de assoreamento dos mananciais, agravando os desafios relacionados à gestão dos recursos naturais (Brejão et al., 2021; Garcia e Garcia, 2022).

A análise desses componentes é essencial para a gestão territorial, considerando o planejamento, o monitoramento e o ordenamento (Francisco et al., 2023). O uso de ferramentas de sensoriamento remoto, como imagens de satélite, possibilita a estimativa de parâmetros biofísicos, entre os quais se destacam a temperatura da superfície, o albedo e a precipitação pluviométrica (PP), que possuem influência direta sobre a dinâmica do solo, da vegetação e da atmosfera (Bezerra et al., 2019). No Brasil, desde 2015, o projeto Mapbiomas exerce papel central no monitoramento dos biomas ao disponibilizar bases de dados e metodologias que favorecem a compreensão das mudanças no uso e na cobertura do solo e de seus respectivos impactos (Projeto Mapbiomas, 2021).

Entre os biomas brasileiros, destaca-se a Caatinga, caracterizada por condições ambientais adversas. Grande parte de seus solos apresenta fragilidade em virtude dos regimes hídricos negativos e do relevo irregular, tornando-a especialmente suscetível a alterações antrópicas e naturais. A Caatinga está localizada principalmente na região Nordeste do Brasil (NEB), ocupando uma área de 862.818 km², o que corresponde a aproximadamente 10,1% do território nacional. Ela se estende pelos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Sergipe e pelo norte de Minas Gerais (IBGE, 2019; MMA, 2024). A agropecuária é sua principal atividade econômica, e mais de 25% da área do bioma — cerca de 210 mil km² — está ocupada por pastagens (Projeto Mapbiomas, 2022).

As intensas modificações na paisagem do semiárido potiguar, motivadas pelo avanço das atividades agropecuárias e pelas variabilidades hidroclimáticas, tendem a comprometer a estabilidade ecológica e a disponibilidade de recursos naturais, especialmente no município de Campo Grande (RN). A base econômica da região, cuja atividade principal é a pecuária de corte e leite, é a pecuária. A substituição da vegetação nativa por pastagens e áreas agrícolas impacta diretamente a dinâmica dos ecossistemas locais (IBGE, 2017; IBGE, 2022). Compreender os efeitos dessas transformações é fundamental para avaliar os padrões de uso da terra, os fatores que geram degradação ambiental e as pressões impostas aos biomas semiáridos, sobretudo à Caatinga, cuja fragilidade ecológica exige monitoramento contínuo e sistematizado.

Nesse contexto, a presente pesquisa justifica-se pela necessidade de se analisar, em escala espaço-temporal, as transformações na cobertura do solo ao longo das últimas duas décadas (2000-2020), associando-as às influências hidroclimáticas e às práticas antrópicas predominantes. A aplicação de geotecnologias, como os produtos do projeto Mapbiomas integrados à plataforma Google Earth Engine, representa um avanço metodológico significativo ao possibilitar análises precisas e de alta resolução, fundamentais para a tomada de decisões estratégicas. Os resultados obtidos poderão subsidiar políticas públicas voltadas ao ordenamento territorial, à mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e ao uso sustentável dos recursos naturais, reforçando o papel da pesquisa científica como instrumento essencial para o planejamento ambiental em regiões vulneráveis.

Assim, o objetivo desta pesquisa consistiu em analisar as influências das variabilidades hidroclimáticas sobre as transformações no uso e na cobertura dos solos no semiárido potiguar, entre os anos de 2000 e 2020, com base em dados climáticos, hidrológicos e de cobertura da terra, utilizando a plataforma *Google Earth Engine* e técnicas de sensoriamento remoto.

MATERIAL E MÉTODOS

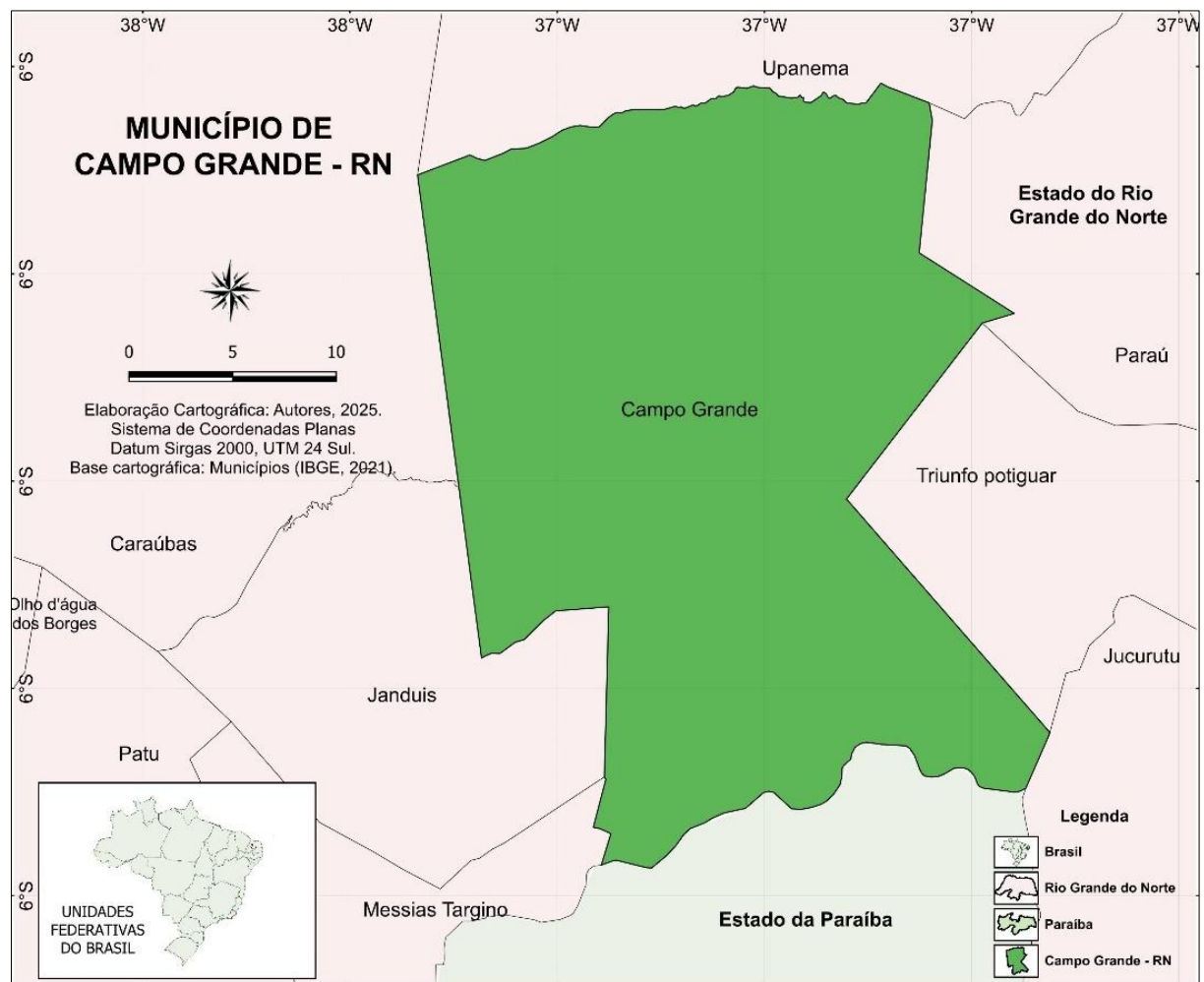
Caracterização da área de estudo

Com sede geográfica nas coordenadas 05°51'50" S e 37°18'36" W, o município está inserido no Semiárido Brasileiro e apresenta extensão territorial de 896,95 km² e temperatura média anual de 28 °C (IBGE, 2022), além de precipitação pluviométrica anual (PP) de 765,25 mm para o ano de 2020 (EMPARN, 2020), concentrada nos primeiros meses do ano. Segundo a classificação de Köppen, o

clima é do tipo BSw'h', caracterizado como semiárido quente, com chuvas no verão e inverno seco (Beck et al., 2018). Bioclimaticamente, o município é coberto majoritariamente pela Floresta Caducifólia Espinhosa, com predominância de espécies xerófitas adaptadas às condições do bioma caatinga (Gomes et al., 2020).

O município está situado na Mesorregião Oeste Potiguar e apresenta a maior área territorial e a segunda maior densidade populacional da Microrregião do Médio Oeste Potiguar (IBGE, 2022). A economia local é predominantemente baseada na agropecuária (com oscilações entre agricultura familiar e pecuária caprina extensiva), no terceiro setor e no funcionalismo público (IBGE, 2020). O município tem sua área distribuída sobre dois tipos de relevo: a Depressão Interplanáltica de Piranhas Açu e a Depressão Interplanáltica do Apodi Mossoró, na Microrregião do Médio Oeste Potiguar (Diniz et al., 2017).

Figura 1 - Campo Grande (RN): Localização do município, 2025



Fonte: IBGE, 2021; Elaboração dos autores, 2025.

Abordagem metodológica

O presente estudo configura-se como uma pesquisa aplicada, com abordagem quantitativa, conforme a tipologia de Gil (2010). Essa natureza investigativa proporciona a obtenção de conhecimento por meio da aplicação prática, fundamentada na coleta e análise de dados numéricos. O delineamento metodológico adotado possui caráter exploratório e descritivo, com o propósito de compreender o contexto das transformações da paisagem e possibilitar uma análise sistemática da dinâmica espaço-temporal do uso e da cobertura do solo no município de Campo Grande - RN. A estrutura da pesquisa compreendeu as seguintes etapas: levantamento de dados orbitais e pluviométricos, processamento das informações e análise dos resultados.

Levantamento de dados

Inicialmente, foram coletados e sistematizados dados, com base em uma revisão de literatura voltada ao embasamento conceitual e metodológico da pesquisa. Abordaram-se temas como mudanças na paisagem do semiárido potiguar, uso e cobertura do solo, dinâmica pluviométrica no Nordeste brasileiro e aplicação da plataforma Google Earth Engine (GEE) em estudos ambientais. As principais fontes de pesquisa foram o Google Acadêmico e a Scientific Electronic Library Online (SciELO). Para dados estatísticos e ambientais regionais, foram utilizados o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN). Os dados orbitais foram obtidos por meio do GEE e do projeto MapBiomass.

Dados Orbitais

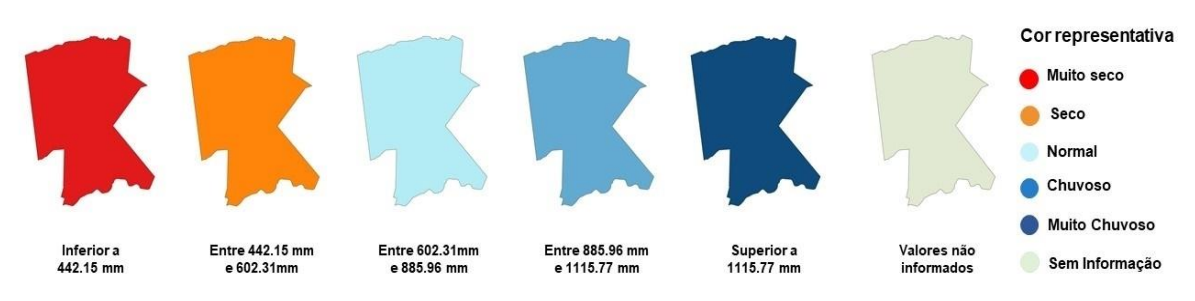
O recorte temporal estabelecido para a análise espaço-temporal abrangeu vinte anos, de 2000 a 2020, com cinco marcos representativos: 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020. Esse intervalo quinquenal possibilitou a identificação de alterações relevantes no padrão de uso e cobertura do solo, bem como a análise das mudanças antrópicas e naturais ao longo do período (Santos; Souza; Almeida Júnior, 2025).

As imagens orbitais utilizadas foram capturadas pelo sensor Sentinel-2, com resolução espacial de 10 metros, e estão disponíveis na plataforma GEE. A seleção das imagens foi condicionada à presença de cobertura de nuvens inferior a 1%, garantindo, assim, maior precisão nas classificações, conforme recomendam Bezerra et al. (2019). As imagens, pertencentes à órbita 21KYT, foram reprojetadas para o sistema geodésico SIRGAS 2000, fuso 24 Sul (EPSG: 31984), visando garantir a padronização espacial e a compatibilidade com os procedimentos subsequentes de classificação temática.

Aspectos Pluviométricos

A caracterização da PP no município de Campo Grande (RN) baseou-se em dados históricos obtidos da estação meteorológica Augusto Severo, vinculada à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e integrante do sistema hidrometeorológico da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN). Os quantis foram gerados automaticamente pelo sistema, considerando um valor específico de precipitação para cada município do estado, calculado a partir da média histórica municipal. Os mapas de quantis anuais de precipitação representam a distribuição estatística dos volumes de chuva por classes de intensidade categorizadas por um padrão de cores (Figura 2), considerando a variabilidade espacial e temporal das chuvas, conforme a metodologia descrita no portal institucional da EMPARN. Os mapas resultantes foram inseridos no software PowerPoint e organizados por quinquênios, correspondentes aos anos de 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020. Em seguida, os mapas dos anos anteriores a cada quinquênio foram utilizados para espacializar os padrões de precipitação no município e subsidiar a análise integrada com as transformações da paisagem.

Figura 2 - Sistema de categorização por cores dos Quantis anuais de (PP), conforme classificação da EMPARN



Fonte: Adaptado de EMPARN, 2023; Elaboração dos autores, 2025.

Os dados de PP foram extraídos dos relatórios pluviométricos da EMPARN. Posteriormente, eles foram exportados e organizados em uma planilha eletrônica do Microsoft Excel, e então foi elaborado um gráfico de colunas para representar os volumes anuais de PP e a média histórica do período (Figura 3). Para aprimorar a interpretação visual, as colunas foram personalizadas segundo um sistema de cores relacionado à classificação dos quantis anuais de PP, o que garante maior distinção dos padrões pluviométricos ao longo do tempo.

Processamento de dados

Na fase de processamento, as imagens orbitais disponibilizadas no GEE foram pré-processadas no software QGIS, versão 3.22.8, e, em seguida, foi aplicado o algoritmo de classificação temática do Projeto MapBiomass — Coleção 9, que possibilitou a segmentação da superfície terrestre em diferentes classes de uso e cobertura, compatíveis com a realidade ambiental do semiárido do Médio Oeste potiguar. Para melhor representar as feições locais, foram realizadas adaptações nas classes temáticas, considerando as particularidades edafoclimáticas e os padrões de cobertura do município de Campo Grande (RN). A Tabela 1 apresenta a estrutura adotada para a categorização das classes, com ênfase nas características naturais e antrópicas predominantes.

Tabela 1 - Classes de uso do solo e cobertura dos solos no município de Campo Grande - RN, nos anos de 2000 a 2020

Classes Temáticas	Descrição
Formação Florestal	Incluem tipos de vegetação que apresentam predominância de espécies arbóreas com formação de dossel contínuo, como Mata ciliar, Mata de Galeria, Mata seca e Cerradão.
Formação Savânica	Formações com extrato arbóreo e arbustivo-herbáceo bem definidos, como Cerrado sentido restrito, cerrado ralo, cerrado denso, cerrado típico e cerrado rupestre.
Formação Campestre	Formações campestres com predominância de estrato herbáceo (campo sujo, campo limpo e campo rupestre) e algumas áreas de formações savânicas como o Cerrado rupestre.

Pastagens	Área de pastagem, predominantemente plantadas, vinculadas a atividade agropecuária. As áreas de pastagem natural são predominantemente classificadas como formação campestre que podem ou não ser pastejadas
Mosaico de Usos	Áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem, agricultura e silvicultura.
Área Urbanizada	Áreas com significativa densidade de edificações e vias, incluindo áreas livres de construções e infraestrutura.
Outras áreas não vegetadas	Áreas de superfícies não permeáveis (infraestrutura, expansão urbana ou mineração) não mapeadas em suas classes e regiões de solo exposto em área natural ou em áreas de cultura em entressafrá.
Corpos D'Água	Rios, lagos, represas, lagos artificiais, reservatórios e outros corpos d'água.
Outras Lavouras Temporárias	Áreas ocupadas com cultivos agrícolas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a colheita necessitam de novo plantio para produzir.
Outras Lavouras Perenes	Áreas ocupadas com cultivos agrícolas de ciclo vegetativo longo (mais de um ano), que permitem colheitas sucessivas, sem necessidade de novo plantio. Nessa versão, o mapa abrange majoritariamente áreas de caju, no litoral do Nordeste.

Fonte: Mapbiomas, 2024; Elaboração dos autores, 2025.

As métricas das classes de uso e cobertura do solo, obtidas no Google Earth Engine e referentes ao período de 20 anos, foram exportadas para uma planilha eletrônica no Microsoft Excel, a fim de se realizar a estatística descritiva. De acordo com Bezerra et al. (2019), essa análise permite identificar tendências e padrões de dispersão espacial das classes de cobertura do solo. Os fragmentos foram quantificados em quilômetros quadrados (km²) e em valores percentuais (%).

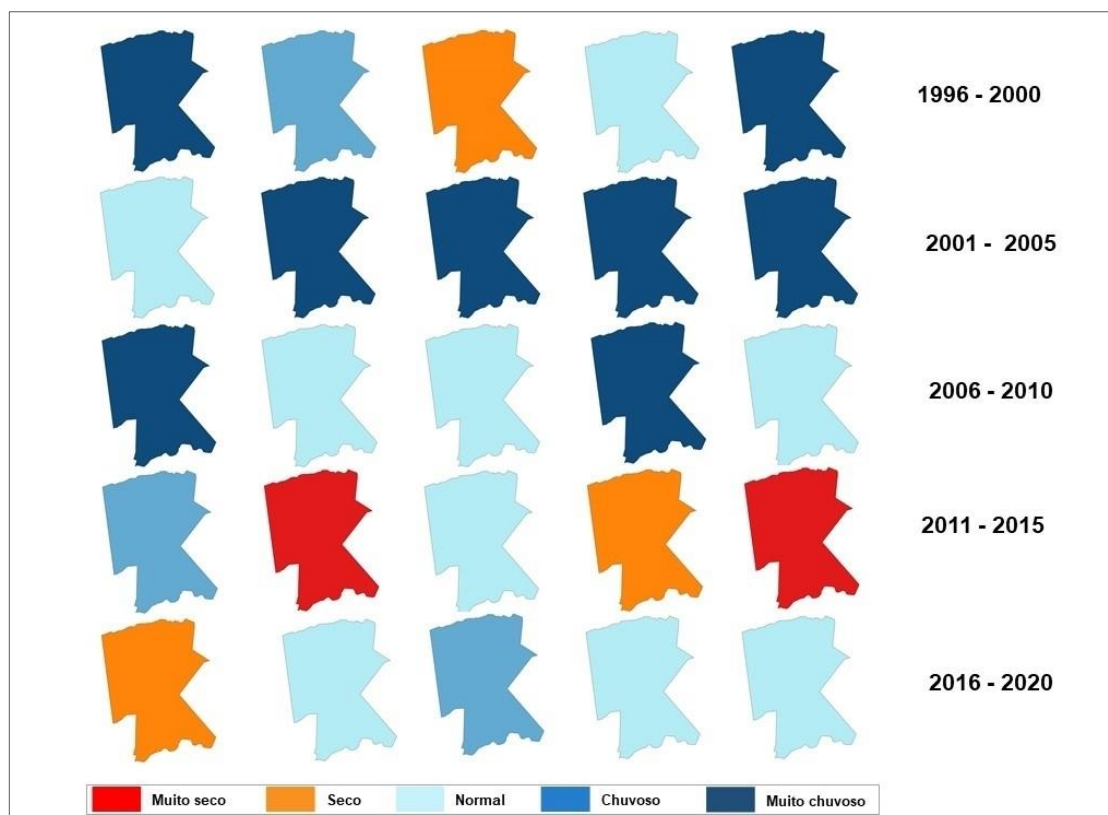
O diagrama de Sankey foi gerado automaticamente na plataforma MapBiomas com base na metodologia proposta por Schmidt (2008). Essa ferramenta permite visualizar, de forma dinâmica, as transições entre as classes de uso e de cobertura do solo ao longo do tempo. O sistema compila os dados da série temporal selecionada e organiza os fluxos entre os anos. Dessa forma, é possível evidenciar a persistência, a conversão e a substituição das classes analisadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O monitoramento dos padrões pluviométricos do município de Campo Grande-RN, foi estabelecido a partir das análises dos quinquênios dos Quantis de PP (Figura 3), identificando períodos com maiores incidências de anos classificados como muitos quentes, quentes, normais, chuvosos e muitos chuvosos.

A análise dos padrões de variação pluviométrica observados nos quinquênios (Figura 3) mostra uma forte associação com a ocorrência do fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS). Períodos com maior incidência de anos "muito chuvosos", como 2001-2005 e 2008-2011, coincidiram com fases de La Niña, caracterizadas por anomalias positivas de precipitação no Nordeste brasileiro (Medeiros et al., 2020). Esses volumes elevados favoreceram a expansão da classe Corpos D'Água, perceptível no aumento da área ocupada pela Barragem Umari e no surgimento de pequenos açudes, em comparação com o cenário de 2000 (Figura 4).

Figura 3 - Mapa dos Quantís anuais de (PP) acumulado anteriores aos quinquênios no município de Campo Grande - RN, nos anos de 2000 a 2020

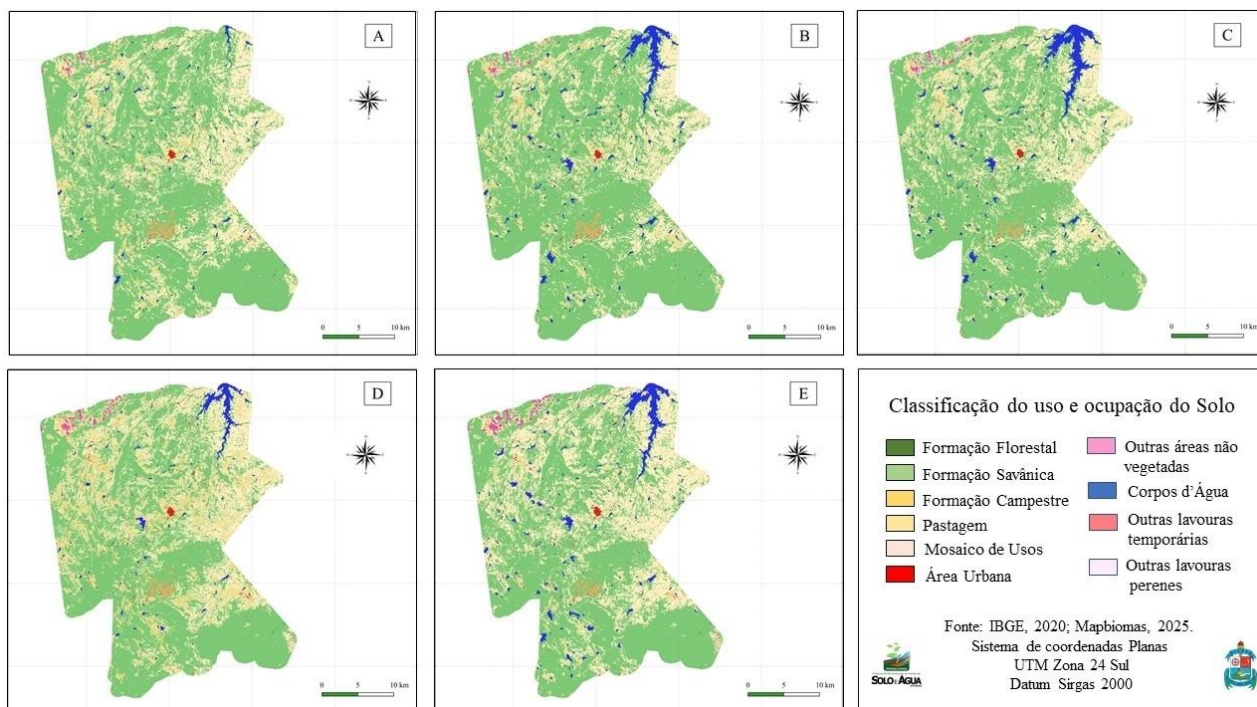


Fonte: EMPARN, 2023; Elaboração dos autores, 2025.

Por outro lado, quinquênios dominados por anos "secos" e "muito secos", como o período de 2011 a 2015, ocorreram sob forte influência de eventos El Niño, que limitam o aporte de umidade para o semiárido brasileiro (Lucena et al., 2011; Palharini; Vila, 2017). Nesses períodos, destacam-se 2012 e 2015, classificados como "muito secos", e 2014 e 2016, como "secos", com baixos índices pluviométricos (EMPARN, 2023). Essa interação entre padrões oceânicos e atmosféricos explica parte das oscilações apresentadas na Figura 6, refletindo-se diretamente na retração e expansão das classes Corpos D'Água e Formações Vegetais. Estudos de Francisco et al. (2023) corroboram essa relação ao associarem a variação dessas classes às flutuações pluviométricas de anos anteriores. Fernandes et al. (2015) complementam que a combinação entre a precipitação anual e a prática cultural de represamento de rios contribui para a ampliação das áreas hídricas.

Santos e Negri (1997) destacam que as transições entre os períodos seco e úmido, bem como as oscilações de PP e temperatura da superfície terrestre, exercem influência direta sobre o comportamento fenológico das plantas e sobre a dinâmica da paisagem. Entre 2000 e 2020, observou-se redução na cobertura vegetal da classe Formação Savânica, paralelamente ao aumento da distribuição, volume e número de Corpos D'água, além da expansão das áreas de Pastagem, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 4 - Classificação do uso e cobertura dos solos no município de Campo Grande - RN, de 2000 à 2020

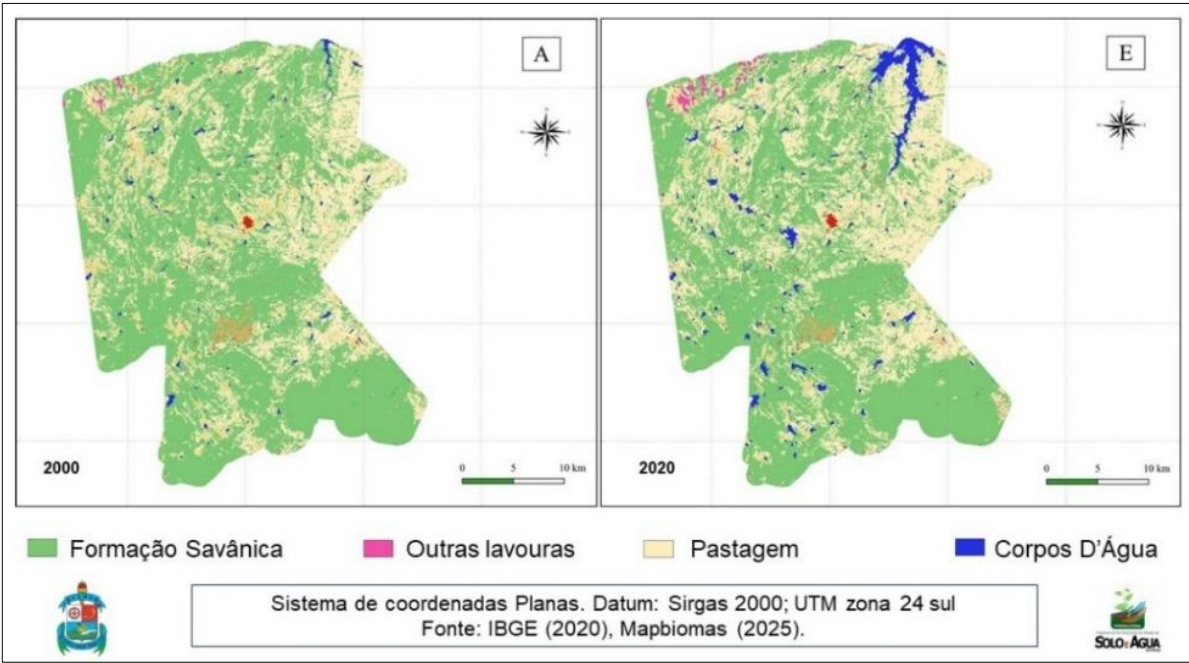


Fonte: Mapbiomas, 2022; Elaboração dos autores, 2025; Legenda: (A) Ano 2000; (B) Ano 2005; (C) Ano 2010; (D) Ano 2015; (E) Ano 2020.

A Figura 5 ilustra as transformações espaço-temporais no uso e na cobertura da terra no município de Campo Grande (RN) entre 2000 e 2020, evidenciando alterações marcantes na paisagem local. A Tabela 2, por sua vez, apresenta os dados quantitativos e percentuais das classes temáticas, totalizando uma área mapeada de 890,89 km². A interpretação conjunta desses dados permite identificar relações entre a cobertura do solo e a variabilidade pluviométrica. Percebe-se que os períodos de maior escassez hídrica coincidiram com o avanço de classes antrópicas, como "Outras Lavouras Temporárias" e "Outras Áreas Não Vegetadas", o que reflete a substituição de vegetação nativa por usos produtivos.

Na Tabela 2, a formação savânica destacou-se como a classe predominante na paisagem do município de Campo Grande (RN), mantendo a maior extensão territorial durante o período analisado (2000-2020). No entanto, essa classe sofreu uma leve redução de 4,95% em sua área, refletindo os impactos diretos das atividades antrópicas, como a intensificação da agricultura e o avanço de lavouras temporárias. A remoção da vegetação nativa, motivada por demandas econômicas locais, comprometeu a integridade ecológica do bioma caatinga, resultando em uma diminuição significativa de sua cobertura verde. Esse panorama corrobora os achados de Silva et al. (2021), que também identificaram retrações semelhantes em áreas de vegetação natural no semiárido baiano, evidenciando a vulnerabilidade dos biomas savânicos frente às pressões humanas. Apesar da resistência ecológica inerente a essa formação, o declínio percentual registrado indica a urgência de estratégias de manejo sustentável mais eficazes e da implementação de políticas públicas voltadas à conservação ambiental.

Figura 5 - Dinâmica da formação Savânica e Corpos D’água no município de Campo Grande – RN, nos 2000 a 2020



Fonte: Mapbiomas, 2022; Elaboração dos autores, 2025; Legenda: (A) 2000; (E) 2020.

Tabela 2 - Dinâmica espaço-temporal da cobertura da terra, no município de Campo Grande - RN, nos 2000 a 2020

CLASSES	Área em km²					Representação (%)		Variação (%)
	2000	2005	2010	2015	2020	2000	2020	(2000-2020)
Formação Florestal	7.00	6.31	6.10	6.88	7.15	0,786%	0,803%	2,14%
Formação Savânica	404.68	425.64	430.60	402.41	384.67	45,424%	43,178%	-4,95%
Formação Campestre	3.19	1.10	0.36	1.04	0.85	0,358%	0,095%	-73,35%
Pastagem	255.89	170.82	181.72	359.82	306.35	28,723%	34,388%	19,72%
Mosaico de Usos	208.48	257.63	237.44	101.68	153.64	23,401%	17,246%	-26,31%
Área Urbanizada	1.00	1.02	1.05	1.16	1.26	0,112%	0,141%	26,00%
Outras Áreas não Vegetadas	0.87	0.88	0.61	0.39	1.09	0,098%	0,122%	25,29%
Corpo D'água	8.22	25.10	29.79	13.82	31.82	0,923%	3,572%	287,11%

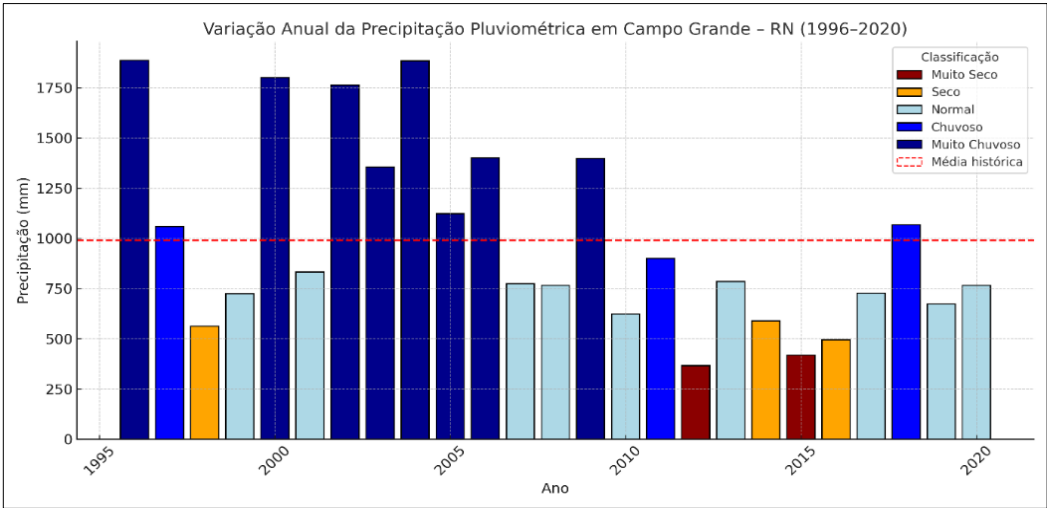
Outras Lavouras Temporárias	1.15	1.64	1.95	3.09	4.03	0,129%	0,452%	250,41%
Outras Lavouras Perenes	0.41	0.75	1.27	0.60	0.03	0,046%	0,003%	-92,68%
TOTAL	890.89	890.89	890.89	890.89	890.89	100,00%	100,00%	

Fonte: Mapbiomas, 2022; Elaboração dos autores, 2025.

No período de estudo, foram identificadas dinâmicas semelhantes nas classes Área Urbana e Outras Áreas Não Vegetadas (Tabela 2), marcadas por oscilações que indicam tanto processos naturais quanto ações antrópicas. A classe "Área Urbana" apresentou crescimento contínuo, passando de 1,00 km² para 1,26 km², o que representa um aumento de 26%. Tal expansão possivelmente reflete o avanço da malha urbana, impulsionado pelo crescimento populacional, que passou de 9.024 habitantes em 2000 para 9.743 em 2022, segundo o IBGE. De forma semelhante, foi constatado um aumento de 25,29% na classe "Outras Áreas Não Vegetadas", que passou de 0,87 km² para 1,09 km². Essas alterações sugerem pressões antrópicas crescentes e reforçam a importância do monitoramento contínuo do uso e da cobertura do solo para a elaboração de políticas públicas de ocupação territorial sustentável no semiárido.

A classe "Formação Florestal" apresentou um discreto aumento de 2,14% em sua área (Tabela 2). Esse crescimento pode ter decorrido, em parte, das variações nos padrões pluviométricos e dos elevados acumulados de chuva, conforme evidenciado na Figura 6. No entanto, o aumento das áreas florestadas não deve ser interpretado exclusivamente como um sinal de recuperação ambiental, pois também pode resultar da proliferação de vegetações secundárias em áreas anteriormente degradadas ou abandonadas. Por sua vez, Silva et al. (2021) identificaram um crescimento de 0,52% em áreas florestadas no semiárido baiano, o que ressalta as particularidades dos processos ambientais e de uso do solo em Campo Grande (RN). O incremento florestal observado evidencia a influência de variáveis climáticas sobre o equilíbrio da cobertura do solo e reforça a necessidade de monitoramento contínuo e sistemático para avaliar a sustentabilidade dessas transformações no longo prazo.

Figura 6 - Variação de (PP) acumulada e média histórica do município de Campo Grande - RN (1995 a 2020)



Fonte: EMPARN, 2023; Elaboração dos autores, 2025.

A Figura 6 mostra uma oscilação acentuada nos volumes pluviométricos anuais entre 1996 e 2020, com predominância de anos abaixo da média histórica. O regime pluviométrico do Nordeste brasileiro é fortemente influenciado por fenômenos atmosféricos oceânicos, especialmente o ENOS (El Niño e La Niña) (Lucena et al., 2011; Palharini; Vila, 2017). O El Niño é caracterizado por anomalias positivas de temperatura na superfície do mar (TSM) no Pacífico equatorial central e leste, enquanto a La Niña apresenta anomalias negativas (Nóbrega; Santiago, 2016; Medeiros et al., 2020).

Destacam-se os períodos de seca severa nos anos de 2012, 2014, 2015 e 2016, cujos volumes pluviométricos foram classificados como "muito secos" (menores que 442,15 mm) e "secos" (entre 442,15 e 602,31 mm). Esses anos estavam condicionados ao El Niño, que, segundo Santos, Ferreira e Santana (2023), ocasiona déficits hídricos no semiárido brasileiro. Adicionalmente, a presença do El Niño compromete a regularidade das chuvas e amplia a vulnerabilidade climática e ambiental da região. Essa instabilidade pluviométrica refletiu-se diretamente na dinâmica da paisagem, conforme demonstrado na Figura 4.

Em 2015, ano de estiagem crítica, observou-se uma notável redução dos corpos hídricos em comparação com 2010, com recuperação apenas em 2020, ano que apresentou um aumento expressivo dessa classe (Tabela 2). Tal relação direta entre PP e uso do solo evidencia a sensibilidade do meio físico às variações climáticas (Nascimento et al., 2020).

Entre 2000 e 2020, identificou-se uma ampliação expressiva da classe "Corpos D'Água", cuja área passou de 8,22 km² (0,923%) para 31,82 km² (3,572%), correspondendo a um incremento percentual de 287,11% (Tabela 2). Esse crescimento, o mais acentuado entre todas as classes analisadas, reflete alterações significativas na configuração da paisagem, com destaque para o restabelecimento parcial da rede hídrica superficial. Essa expansão parece ter resultado de um período de estabilidade pluviométrica favorável na segunda metade da década de 2010, conforme indicam os registros de precipitação acumulada (Figura 6). A Figura 4 corrobora essa tendência ao evidenciar o aumento do número e da extensão das manchas hídricas em 2020, superando os registros visuais obtidos em 2015. Essa recuperação hídrica não apenas indica uma resposta do sistema ambiental a condições climáticas mais favoráveis, mas também a resiliência da paisagem semiárida diante das oscilações hidrológicas históricas.

Um dos fatores preponderantes para a ampliação da classe "Corpos D'Água" foi a construção, em 2022, do reservatório Umari, o terceiro maior do Rio Grande do Norte. Ele foi originado pelo barramento do rio do Carmo e tem uma bacia hidrográfica de 1.533 km² (ANA, 2016). Além desse reservatório, pequenos açudes sazonais, perceptíveis na Figura 6, contribuíram para a ampliação da classe Corpos D'Água, cuja ocorrência está diretamente relacionada ao aumento do volume pluviométrico entre 2002 e 2010. Esse intervalo contou ainda com a presença do fenômeno La Niña. Um período com anomalias pluviométricas positivas favorece a expansão sazonal de corpos hídricos e o adensamento da biomassa, particularmente em formações savânicas. Trata-se de um bioma em que as espécies florísticas e faunísticas apresentam grande resiliência hídrica (Ropelewski; Halpert, 1987).

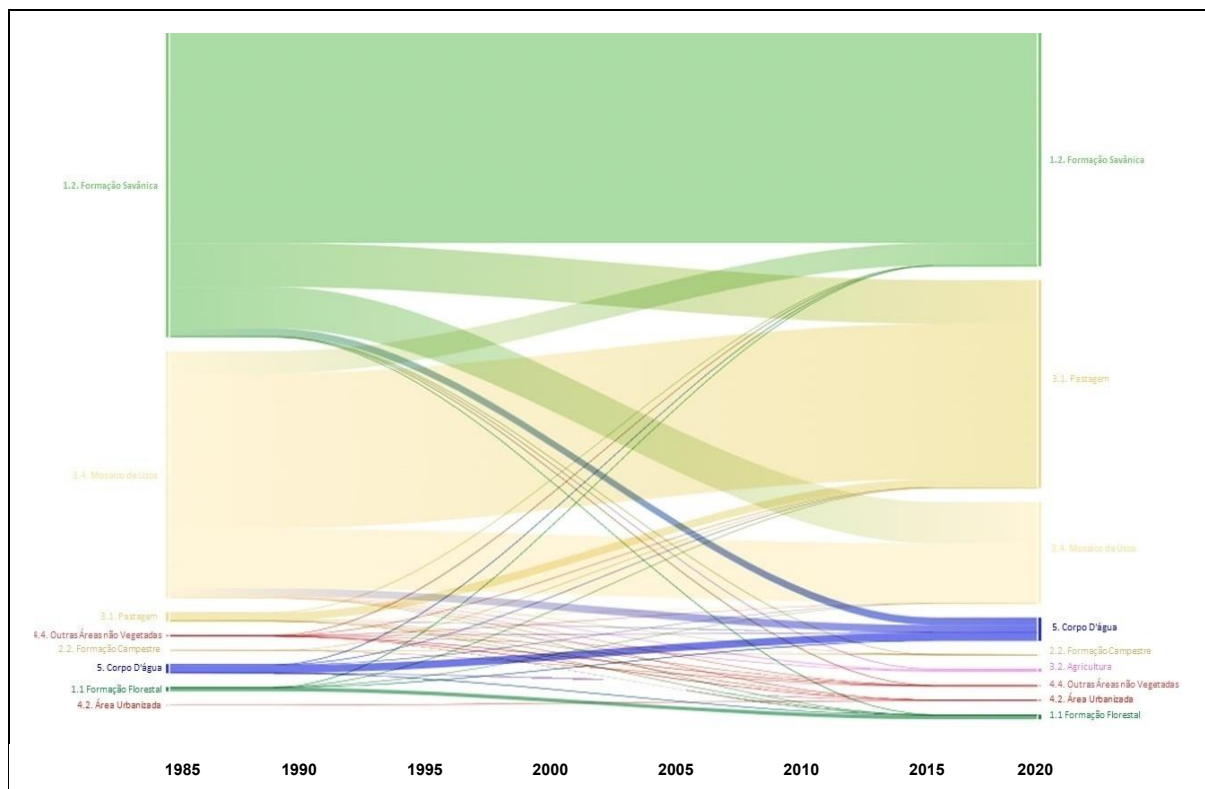
A maior disponibilidade hídrica observada nos anos mais recentes parece ter favorecido a expansão de classes produtivas como pastagens e outras lavouras temporárias. Entre 2000 e 2020, essas categorias aumentaram de 255,89 km² (28,723%) para 306,35 km² (34,388%) e de 1,15 km² (0,129%) para 4,03 km² (0,452%), representando aumentos de 250,41% e 19,72%, respectivamente. Esse avanço pode refletir o uso mais eficiente dessas áreas, beneficiado por melhores condições climáticas e hídricas. Em contraste, as classes "Mosaico de Usos" e "Outras Lavouras Perenes" apresentaram retrações, com reduções percentuais de 26,31% e 92,68%, passando de 208,48 km² para 153,64 km² e de 0,41 km² para 0,03 km², nessa respectiva ordem. Isso indica uma possível conversão entre classes de uso do solo ao se comparar as perdas e os ganhos das classes que compõem a grande classe "Agropecuária". Em pesquisa similar realizada em Patos (PB), Francisco et al. (2023) identificaram, em tempo equivalente de estudo, um pequeno acréscimo nas áreas de pastagens e uma redução nas áreas agrícolas, apontando para uma divergência de resultados, apesar de se tratar do mesmo bioma em condições similares.

A expansão observada na classe Pastagens pode ter ocorrido em função da retração das áreas agrícolas, especialmente da classe Mosaico de Usos, conforme demonstrado na Tabela 2 e ilustrado na Figura 5.

Essas mudanças refletem a substituição de práticas de agricultura familiar por sistemas agrícolas mais intensivos nas comunidades rurais. Francisco et al. (2023) ressaltam que essas transformações no meio rural resultam de processos de diversificação e reorganização do uso do solo, geralmente associados à conversão entre atividades agropecuárias. Outro viés que pode ser utilizado para justificar valores anteriores da dimensão das classes de uso é o fato de a classe "Mosaico de Usos" abranger áreas de uso agropecuário em que não foi possível distinguir áreas cobertas por pastagens e/ou atividades agrícolas em determinado momento (SOUZA et al., 2020). Embora os dados absolutos indiquem possíveis transições entre as classes temáticas, é imprescindível aplicar metodologias complementares de validação, como inspeções em campo, para confirmar a precisão das transformações espaciais ao longo do tempo (Antunes et al., 2019).

A Figura 7 apresenta o diagrama de Sankey multitemporal gerado pela plataforma MapBiomas. A análise desse diagrama permite aprofundar o entendimento das transições entre as classes de uso e de cobertura do solo ao longo do período avaliado. O cruzamento entre os mapeamentos anuais revela os fluxos de mudança mais relevantes na paisagem local e permite a identificação de padrões de substituição e persistência de categorias temáticas.

Figura 7 - Diagrama de Sankey da transição espaço-temporal dos fluxos das classes de uso e cobertura dos solos, Campo Grande-RN (1985 – 2020)



Fonte: MapBiomas, 2025.

Conforme observado no Diagrama de Sankey, a principal transição registrada entre 2000 e 2020 corresponde à conversão da classe "Formação Savânica e Mosaico de Usos" para "Pastagem". Francisco et al. (2023) encontraram comportamentos distintos em pesquisas desenvolvidas no semiárido brasileiro em período análogo, onde foram constatados fluxos expressivos de perda de áreas da classe pastagem para mosaico de agricultura, resultado de processos de substituição de práticas de pecuária extensiva por sistemas agrícolas mais intensivos. O aumento de 19,72% na área de pastagens em Campo Grande (RN) entre 2000 e 2020 (Tabela 2) reforça essa tendência regional e cultural de transição das práticas de uso do solo.

A Tabela 3 apresenta a análise descritiva da dinâmica espaço-temporal das classes de uso e cobertura do solo, detalhando os valores mínimo, máximo, média e desvio padrão das áreas ocupadas por cada categoria temática ao longo do período de estudo.

Tabela 3 - Análise descritiva da dinâmica de cobertura e uso dos solos (km²), no município de Campo Grande – RN, entre 2000 e 2020

Classes	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio padrão
	----- Km ² -----				
Formação Florestal	6.05	7.31	6.65	6.63	0.42
Formação Savânica	384.55	431.42	413.47	413.53	13.02
Formação Campestre	0.21	3.55	1.22	1.02	0.92
Pastagem	157.26	359.84	247.41	231.48	73.93
Mosaico de Usos	101.68	277.16	195.64	213.64	62.62
Área Urbana	1.00	1.25	1.09	1.05	0.09
Outras áreas não vegetadas	0.39	0.99	0.73	0.72	0.21
Corpos D'Água	7.01	33.16	21.66	24.41	8.44
Outras Lavouras Temporárias	1.02	4.17	2.34	2.07	1.08
Outras Lavouras Perenes	0.15	1.27	0.73	0.71	0.37

Fonte: Mapbiomas, 2022; Elaboração dos autores, 2025.

A análise descritiva da dinâmica de uso e cobertura dos solos, a partir dos dados apresentados na Tabela 3, revela que a classe "Pastagem" apresentou a maior oscilação de valores mínimos (157,26 km²), máximos (359,84 km²) e média (247,41 km²), indicando uma instabilidade significativa, com um desvio padrão de 73,93 km². Esse comportamento reflete a intensificação e a retração das atividades agropecuárias ao longo do período. Apesar de sua relevância territorial, a classe Formação Savânica também apresentou uma variação notável, com média de 413,47 km² e desvio padrão de 13,02 km², evidenciando os impactos das alterações no uso e na cobertura dos solos e das pressões humanas sobre essa formação natural. A classe Mosaico de Uso, composta por outras classes agropecuárias de grande importância econômica para a região, demonstrou uma tendência consistente de queda ao longo dos anos de estudo, com um desvio padrão de 62,62 km² (Tabela 3). A interpretação visual do Diagrama de Sankey (Figura 7) permite identificar, em determinados períodos, a substituição das classes Mosaico de Uso e Formação Savânica por pastagem sobre áreas que possuíam cobertura vegetal da classe Formação Savânica. Em consonância, o IBGE (2021) informa que o bioma caatinga

é diretamente afetado pela supressão da vegetação nativa para dar lugar a práticas de agropecuária intensiva.

Por outro lado, classes como "Área Urbana", "Outras áreas não vegetadas", "Outras lavouras perenes" e "Formação florestal" apresentaram valores significativamente menores de variação, com desvio padrão de 0,09 km², 0,21 km², 0,37 km² e 0,42 km², respectivamente. Esse comportamento sugere que as alterações nessas categorias são mais estáveis e podem estar relacionadas a processos pontuais, como a expansão controlada de áreas urbanizadas e de culturas agrícolas de longo período de vida. Além disso, a classe "Corpos D'Água" apresentou crescimento de destaque, com valores mínimos de 7,01 km² e máximos de 33,16 km², e desvio padrão de 8,44 km², sinalizando a influência direta das variabilidades pluviométricas e das políticas de manejo hídrico adotadas na região. Esses dados são consistentes com os achados de Francisco et al. (2023), que identificaram correlações entre a redução de formações naturais e a conversão de áreas para atividades agrícolas e pastoris em regiões semiáridas do Nordeste brasileiro. Essas dinâmicas reforçam a importância de políticas públicas voltadas para o manejo sustentável da terra, especialmente em contextos semiáridos, onde as condições climáticas exercem influência direta sobre o uso e a cobertura do solo.

CONCLUSÃO

A utilização da plataforma Google Earth Engine, aliada à aplicação Web MapBiomass, mostrou-se uma ferramenta eficiente para a análise do uso e da cobertura do solo, fornecendo resultados precisos em tempo hábil.

A pesquisa evidenciou a influência das variabilidades hidroclimáticas nas transformações do uso e da cobertura do solo no semiárido potiguar, demonstrando correlação direta entre os padrões pluviométricos e a dinâmica da paisagem.

Períodos de maior pluviosidade e a construção de grandes reservatórios, como a Barragem Umari, favoreceram o aumento da classe "Corpos D'Água", enquanto a vegetação nativa, especialmente a formação savânica, apresentou retração, refletindo a vulnerabilidade da caatinga frente às pressões antrópicas e climáticas.

As análises multitemporais e o Diagrama de Sankey indicaram a reconfiguração da matriz agropecuária, com a expansão de pastagens e lavouras temporárias em detrimento de classes como mosaico de usos, sinalizando a intensificação agrícola e a substituição de sistemas tradicionais.

Essas dinâmicas resultam da interação entre forçantes climáticas e intervenções humanas, ressaltando a necessidade de políticas públicas integradas para o manejo sustentável e a conservação dos recursos naturais no semiárido potiguar.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento ao Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água – PPGMSA, Universidade Federal Rural do Semi-árido – UFERSA e Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento - CNPq, pelo incentivo à pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALVES, L. L. P. et al.. Estado de conservação da paisagem no município matogrossense de Juara, Brasil. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 25, n. 97, p. 1 – 20, 2024.

<https://doi.org/10.14393/RCG259762486>.

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. 2016. **Reservatórios do Semiárido Brasileiro: hidrologia, balanço hídrico e operação, Relatório Final**. Disponível em: https://portal1.snirh.gov.br/arquivos/semiarido/204res/Apodi_Umari.pdf. Acesso em: 29 abr. 2025.

ANDERSON, T. W.; DARLING, D. A. **A test of goodness of fit**. *Journal of American Statistical Association*, v. 49, p. 765 – 769, 1954. <http://dx.doi.org/10.48550/arXiv.2209.08050>

ANTUNES, J. F. G. et al.. Análise das mudanças do uso e cobertura da terra no Estado de Mato Grosso por meio do Geoportal TerraClass. In: Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto, 19, 2019. Santos. **Anais...**Santos. 2019.

ARAÚJO, A. N. et al.. Dinâmica da Paisagem no Estudo da Fragilidade Ambiental Potencial e Emergente das Sub-Bacias do Rio Itacaiúnas - Município de Marabá (PA). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 03, p. 1586 – 1599, 2023. <http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v16.3.p1586-1599>.

BECK, H. E. *et al.* Data descriptor: Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific Data**, v. 5, n. 1, p. 1-12, 2018. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>

BEZERRA, H. N. et al.. Variabilidade espaço-temporal das variáveis biofísicas no Semiárido do Rio Grande do Norte, Brasil. **GEOSUL (UFSC)**, v. 34, p. 184 – 201, 2019. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v34n72p184>

BRAGA, W. T. et al.. Análise das métricas dos fragmentos florestais e dos padrões espaciais morfológicos no município de São Paulo – SP. **Espaço & Geografia**, v. 21, n. 1, p. 139 – 166, 2018. <https://doi.org/10.26512/2236-56562018e40127>

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudanças do Clima (MMA). Disponível em: [https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-ecossistemas/ecossistemas/biomas/caatinga#:~:text=A%20Caatinga%20ocupa%20uma%20%C3%A1rea,nacional%20\(IBGE%2C%202019](https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-ecossistemas/ecossistemas/biomas/caatinga#:~:text=A%20Caatinga%20ocupa%20uma%20%C3%A1rea,nacional%20(IBGE%2C%202019). Acesso em 03 de jun. 2024.

BREJÃO, G. L. et al.. Taxonomic and functional turnover of Amazonian stream fish assemblages is determined by deforestation history and environmental variables at multiple scales. **Neotropical Ichthyology**, v. 19, n. 3, p. 1 – 20, 2021. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2021-0042>

CARVALHO, W. S; MAGALHÃES FILHO, F. J. C.; SANTOS, T. L. Uso e cobertura do solo utilizando a Plataforma *Google Earth Engine* (GEE): Estudo de caso em uma Unidade de Conservação. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 15280 – 15300, 2021. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n2-243>

CUNHA, J. E. B. L. 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. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000500010>

DINIZ, M. T. M. et al.. Geomorphological mapping of the state of Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. São Paulo-SP. v. 18, n. 4, p. 689 – 701, 2017. <https://doi.org/10.20502/rbg.v18i4.1255>

EMPARN. Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte S/A. Relatório de variáveis meteorológicas. Disponível em: <https://meteorologia.emparn.rn.gov.br/relatorios/relatorios-pluviometricos>. Acesso em 30 set. 2023.

EMPARN. Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte S/A. Relatório pluviométrico. 2020. Disponível em: <https://meteorologia.emparn.rn.gov.br/relatorios/relatorios-pluviometricos> . Acesso em 20 abr. 2025.

FACCO, D. S. et al.. Avaliação da dinâmica do uso e cobertura da terra no município de Faxinal do Soturno no Estado do Rio Grande do Sul. In: Congresso Nacional de Geografia Física, 1. 2017, Campinas. **Anais...**Campinas. 2017. <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.1876>

FERNANDES, M. R. DE M. et al.. Mudanças do uso e de cobertura da terra na região semiárida de Sergipe. **Floresta Ambiental**, v. 22, n. 4, p. 472 – 482, 2015. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.121514>

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3. Ed. ampl. e atual. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

FRANCISCO, P. R. M. et al.. Avaliação da dinâmica temporal da cobertura e uso das terras do município de Patos - PB utilizando Mapbiomas©. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, v. 42, p. E66971, 2023. <https://doi.org/10.12957/geouerj.2023.66971>

GARCIA, P. S.; GARCIA, C. S. Análise de fragmentos florestais por métrica de paisagem na microrregião de Redenção no Sudeste do Pará (Brasil). **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v. 3, n. 2 p. 14 – 25, 2022. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7117873>

GARDA, E. C. **Atlas do meio ambiente do Brasil**. 2. ed. Brasília: Terra Viva/EMBRAPA, 1996. 138p.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 4. Ed São Paulo: Atlas, 1994. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2010.

GOMES, J. F. et al.. A importância da aula de campo como metodologia de ensino de geomorfologia do Semiárido: Relato de experiência nos Sertões da Paraíba e do Rio Grande do Norte. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**. v. 21, n. 2, p. 784 – 794, 2020. <https://doi.org/10.35701/rcgs.v21n2.561>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2019. Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatíveis com a escala 1:250.000. Rio de Janeiro, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 168 p. (Relatórios metodológicos, v. 45).

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **IBGE**. 2020 Campo Grande - RN. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/campo-grande/pesquisa/18/16459>. Acesso em: 23 ago. 2023.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **IBGE**. 2021. Malha municipal - Campo Grande - RN. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?edicao=33087>. Acesso em: 23 ago. 2023.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **IBGE**. 2022. Censo Agropecuário- 2017. Campo Grande - RN. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/campo-grande/pesquisa/24/76693>. Acesso em: 23 ago. 2023.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **IBGE**. 2022. Panorama das cidades. Campo Grande - RN. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/campo-grande/panorama>. Acesso em: 23 ago. 2023.

JARQUE, C. M.; BERA, A. K. **A test for normality of observations and regression residuals**. **International Statistical Review**, v. 55, p. 163172, 1987. <http://dx.doi.org/10.2307/1403192>

LILLIEFORS, H. W. On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown. **Journal of the American Statistical Association**, v. 62, n. 318, p. 399 – 402. 1967. Disponível em: <http://links.jstor.org/sici?sici=0162-1459%28196706%2962%3A318%3C399%3AOTKTFN%3E2.0.CO%3B2-G>. Acesso em 22 dez. 2024.

LUCENA, D. B., FILHO, M. F. G., SERVAIN, J. Avaliação do Impacto de Eventos Climáticos Extremos nos Oceanos Pacífico e Atlântico Sobre a Estação Chuvosa no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 2, p. 297 – 312, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862011000200013>

MANN, H. B. Non-parametric tests against trend. **Econometrica**, v. 13, n. 3, p. 245-259, 1945. <https://doi.org/10.2307/1907187>

MAPBIOMAS. Códigos da Legenda – Coleção 9. – **Coleção 2024 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil 2024** Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2024/08/Legenda-Colecao-9-Descricao-Detalhada-PDF-PT.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2025.

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to the time scales. In: Conference on Applied Climatology, 8, 1993, Anaheim, CA. Proceedings. **Boston: American Meteorological Society**, 1993. p. 179 -184.

- MEDEIROS, S. A. et al.. Investigação da influência do El Niño e da La Niña sobre a variabilidade da precipitação na cidade de Patos, Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 01, p. 336 – 349, 2020. <https://doi.org/10.26848/rbpf.v13.1.p336-349>
- NASCIMENTO, K. R. P. et al.. Impacto da precipitação e do uso e ocupação do solo na cobertura vegetal na Caatinga. **Journal of Environmental Analysis and Progress**. v. 5 n. 2, p. 221-231, 2020. <https://doi.org/10.24221/jeap.5.2.2020.3058.221-231>
- NÓBREGA, R. S., SANTIAGO, G. A C. F. Tendências do controle climático oceânico sob a variabilidade temporal da precipitação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia Norte Grande**. n. 63, p. 9 – 26, 2016. <https://doi.org/104067/S0718-34022016000100002>
- PALHARINI, R. S. A., VILA, D. A. Climatological behavior of precipitating clouds in the northeast region of Brazil. **Advances in Meteorology**. v. 2027. p. 12, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/5916150>
- ROCHA, Y.T. Rocha teoria geográfica da paisagem na análise de fragmentos de Paisagens urbanas de Brasília, São Paulo e Rio de Janeiro. **Revista Formação**, v. 1, n. 15, p. 19 – 35. 2008. <https://doi.org/10.33081/formacao.v1i15.733>
- ROMEIRO, A. C. C. et al.. Mapeamento do uso e ocupação do solo da micro bacia hidrográfica do Ribeirão Forquilha- Goianésia-GO. **Ype Agronomic journal**. Goianésia- GO. v 4, n. 2, p. 1-9, 2020. <http://dx.doi.org/10.37951/2595-6906.2020v4i2.5729>
- ROPELEWSKI, C. F., & HALPERT, M. S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. **Monthly Weather Review**, v. 115, n. 8, p. 1606 – 1626, 1987. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1987\)115%3C1606:GARSPP%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1987)115%3C1606:GARSPP%3E2.0.CO;2)
- SANTOS, P.; NEGRI, A. J. A comparison the normalized difference vegetation index and rainfall for the Amazon and northeastern Brazil. **Journal of Applied Meteorology**, v.36, n.7, p.958- 965, 1997. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1997\)036%3C0958:ACOTND%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1997)036%3C0958:ACOTND%3E2.0.CO;2)
- SANTOS, A. C. S.; SOUZA, N. S.; ALMEIDA JUNIOR, M. V. C. Análise espaço-temporal do uso e ocupação da terra da zona costeira de Esplanada, Bahia. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**. v. 27, n. 1, p. 181-203, 2025. <https://doi.org/10.35701/rcgs.v27.1025>
- SANTOS, P. H.N.; FERREIRA, W. S.; SANTANA, B. L. P. Repercussões do El Niño e La Niña na precipitação do estado de Sergipe - Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 33, n. 19, p. 409– 437, 2023. <https://doi.org/10.55761/abclima.v33i19.17395>
- SCHMIDT, M. The Sankey diagram in energy and material flow management: Part I: History. **Journal of Industrial Ecology**, v. 12, n. 1, p. 82 - 94, 2008. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1530-9290.2008.00004.x>
- SILVA, A. R. S. et al.. Dinâmica do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Itapicuru-Mirim, no nordeste baiano. In: Engenharia, Agronomia e Geociência 2014-2021. (Org) FRANCISCO P. R. M.; FURTADO, D. A.; FERREIRA, A. C. Campina Grande: **EPTEC**, v. 49, p. 80 – 90. 2021.
- SILVA, B.F. et al.. Análise espaço-temporal do índice de vegetação ajustado ao solo para a bacia hidrográfica do rio Piranhas - Açu (Rio Grande do Norte/Paraíba). **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v.1, n. 2, p. 2 – 10, 2020. <http://dx.doi.org/10.5281/ZENODO.3969100>
- SOUZA, C. M. et al.. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Sensores Remotos**. v. 12, n. 17, p. 2735, 2020. <https://doi.org/10.3390/rs12172735>.

Recebido em: 04/02/2025

Aceito para publicação em: 20/08/2025