

INFLUÊNCIAS HIDROCLIMÁTICAS NAS TRANSFORMAÇÕES DO USO DA TERRA DO MUNICÍPIO DE APODI-RN

Caetano Alves de Lima Neto¹, Douglas Pereira Ferreira², Francisco Éder Rodrigues de Oliveira³, Jéssica Paloma Pinheiro da Silva⁴, Erlen Kaline Avila do Nascimento⁵, João Luiz Lima⁶

RESUMO: Estudos sobre uso e cobertura das terras tratam da descrição das características da paisagem em determinada área e o uso humano de seus recursos. A pesquisa teve como objetivo analisar a influência das variabilidades hidroclimáticas nas mudanças de uso e cobertura das terras em Apodi-RN, entre 2000 e 2020, com base em dados pluviométricos e de sensoriamento remoto via *Google Earth Engine (GEE)*. Os dados pluviométricos foram adquiridos no sistema hidrometeorológico da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), posteriormente e processados na *Microsoft Excel*. Para a confecção dos mapas de uso e cobertura, foi aplicado o algoritmo de classificação supervisionada disponível na plataforma GEE, com base na coleção 9 do projeto Mapbiomas, e intervalos de cinco anos. Foi constatado significativas oscilações na cobertura dos solos, com aumento das classes Agricultura e Corpos D'água, em 140,84 km² (66,95%) e 16,41km² (211,14%), respectivamente, e redução das Mosaico de Usos e áreas Formação Savânica, em 101,90² (53,62%) e 60,24² (6,15%), respectivamente. Foi constatado que as variações dos padrões pluviométricos, subsidiaram oscilações das coberturas vegetais, como Formação Florestal e Formação Savânica e aumento da disponibilidade de água.

PALAVRAS-CHAVE: Caatinga. Sensoriamento remoto. Multitemporal.

¹ Graduando em Agronomia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Caixa Postal 137, CEP: 59625-900, Mossoró, RN, Fone: (84) 996928825, E-mail: caetano.neto@alunos.ufersa.edu.br

² Mestre em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN.

³ Doutorando em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN.

⁴ Doutoranda em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN.

⁵ Doutoranda em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN.

⁶ Doutorando em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN.

HYDROCLIMATIC INFLUENCES ON LAND USE TRANSFORMATIONS IN THE MUNICIPALITY OF APODI, RIO GRANDE DO NORTE

ABSTRACT: Land use and land cover address the description of landscape characteristics in a given area and the human utilization of its resources. This research aimed to analyze the effects of hydroclimatic variabilities on land use and land cover changes in Apodi, Rio Grande do Norte, Brazil, between 2000 and 2020, based on pluviometric data and remote sensing via *Google Earth Engine*. Pluviometric data were acquired from the hydrometeorological system of the Agricultural Research Company of Rio Grande do Norte (EMPARN), subsequently processed using *Microsoft Excel*. For the creation of land use and land cover maps, the supervised classification algorithm available on the GEE platform was applied, based on Collection 9 of the Mapbiomas project, and at five-year intervals. Significant oscillations in land cover were observed, with increases in the Agriculture and Water Bodies classes, by 140.84 km² (66.95%) and 16.41 km² (211.14%), respectively, and reductions in the Mosaic of Uses and Savanna Formation areas, by 101.90 km² (53.62%) and 60.24 km² (6.15%), respectively. It was observed that variations in pluviometric patterns contributed to oscillations in vegetation cover, such as Forest Formation and Savanna Formation, and an increase in water availability

KEYWORDS: Caatinga. Remote sensing. Multitemporal.

INTRODUÇÃO

Estudos sobre uso e cobertura das terras tratam da descrição das características da paisagem em determinada área e o uso humano de seus recursos (Santos; Souza & Almeida Junior, 2025). A análise dos componentes ambientais é essencial para a gestão territorial, pois o planejamento, o monitoramento e o ordenamento adequados podem influenciar significativamente os recursos naturais (Ferreira; Oliveira & Silva, 2025).

Na abordagem contemporânea de gestão territorial, qualquer ação de planejamento, ordenamento ou monitoramento espacial deve considerar a análise integrada dos diversos componentes ambientais (Francisco et al., 2023). Em projetos ambientais, o geoprocessamento exige a aplicação intensiva de técnicas de integração de dados, aliando ferramentas de análise espacial, processamento digital de imagens e geoestatística (Câmara & Medeiros, 1998). A avaliação temporal de imagens de sensoriamento remoto permite identificar transformações nas

atividades agropecuárias, principal base econômica da população rural, assim como alterações em áreas de vegetação nativa protegidas por legislação ambiental (Facco et al., 2017). Entre as plataformas que vêm otimizando tempo, recursos e ampliando a capacidade analítica nas pesquisas destaca-se o *Google Earth Engine (GEE)*, que possibilita a detecção eficiente de mudanças na superfície terrestre, nos oceanos e na atmosfera (Vale, 2019).

No Brasil, desde 2015, o monitoramento dos biomas é realizado pelo projeto Mapbiomas, cujas bases de dados são disponibilizadas pela plataforma do projeto (Mapbiomas, 2021). Entre os biomas monitorados, destaca-se a Caatinga, que é particularmente vulnerável a mudanças naturais, principalmente relacionadas a oscilações de balanço hídrico, e ações antrópicas (Bezerra et al., 2019). A Caatinga, localizada majoritariamente no Nordeste brasileiro, abrange 862.818 km², compreende cerca de 10,1% do território nacional, distribuída entre os estados Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Sergipe e o norte de Minas Gerais (IBGE, 2019). Sua principal atividade econômica é a agropecuária, com pastagens ocupando mais de 25% da área, totalizando cerca de 210 mil km² (Mapbiomas, 2022; Ferreira; Oliveira & Silva, 2025).

No contexto do Nordeste brasileiro, as atividades agropecuárias promovem mudanças significativas na paisagem e dinâmica do uso e cobertura do solo (Ferreira; Oliveira e Silva, 2025). O município de Apodi-RN tem experimentado crescimento econômico impulsionado por atividades agropecuárias, onde a produção agrícola do meloeiro, apresentou no ano de 2020, representando 58,23% da produção nacional (IBGE, 2022). Diante do exposto, o objetivo da pesquisa foi analisar a influência das variabilidades hidroclimáticas nas mudanças de uso e cobertura das terras em Apodi-RN, entre 2000 e 2020, com base em dados pluviométricos e de sensoriamento remoto via *Google Earth Engine*.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Apodi, no Rio Grande do Norte, integra o Semiárido brasileiro, com sede situada nas coordenadas 5°39'50,4" S e 37°47'56,4" W. Possui área de 1.569,15 km² (IBGE, 2022) e temperatura média anual de 28 °C (Oliveira et al., 2021). O regime pluviométrico é concentrado no início do ano, com total de 807,5 mm em 2020 (EMPARN, 2020). O clima, segundo Köppen, é BSw'h', Semiárido quente com chuvas de verão e inverno seco (Beck et al., 2018). A vegetação predominante é a Floresta Caducifolia Espinhosa, composta por espécies xerófitas típicas do Bioma Caatinga (Gomes et al., 2020).

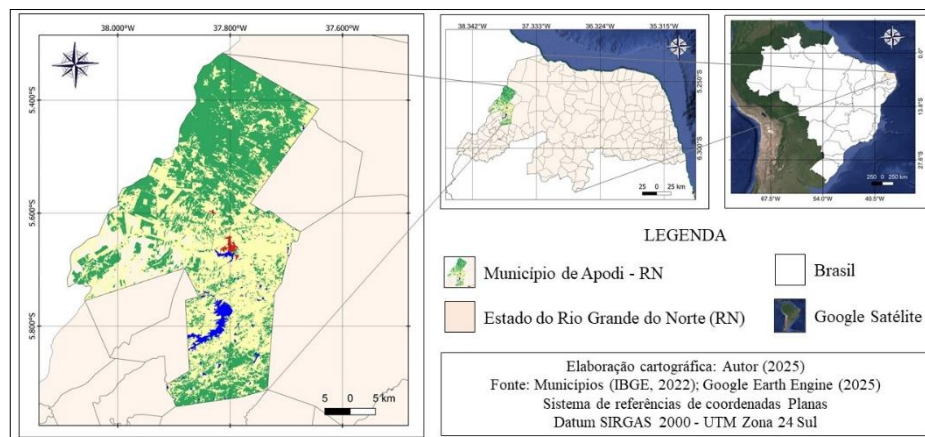


Figura 1. Localização do município de Apodi-RN.

Fonte: Autores (2025); IBGE (2020); Mapbiomas (2025).

O estudo analisou mudanças no uso e cobertura das terras em Apodi-RN entre 2000 e 2020, em recortes de cinco anos. Para a classificação do uso e cobertura do solo foram utilizadas imagens orbitais originais do satélite *Sentinel-2* (órbita 21KYT, resolução 10 m, composição RGB 4-3-2, cobertura de nuvens <1%), processadas no software QGIS 3.28.12 e reprojatadas para o sistema SIRGAS 2000 (EPSG: 31984).

Os dados de pluviométricos foram adquiridos no sistema hidrometeorológico da EMPARN e processados no *Microsoft Excel*, organizados em quinquênios (2000 a 2020), onde os valores anuais de PP estão representados em mapas de quantis, com categorias de intensidade definidas por cores (Figura 2). Também foi considerado os anos anteriores a cada quinquênio, visando correlacionar os padrões pluviométricos às alterações na paisagem. A fim de correlacionar precipitação acumulada e transformações da paisagem (Bezerra et al. (2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O monitoramento dos padrões pluviométricos do município de Apodi-RN foi estabelecido através da análise dos quinquênios dos Quantis PP (FIGURA 3). Distinguindo os períodos com menores e maiores ocorrências de anos classificados como: muitos quentes, quentes, normais, chuvosos e muitos chuvosos.

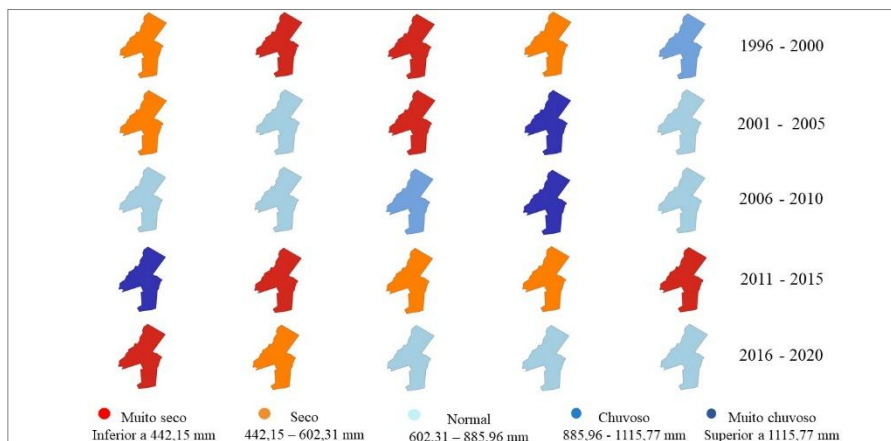


Figura 3 - Mapa dos Quantís anuais de precipitação pluviométrica (PP) acumulado antecedente aos Quinquênios, no município de Apodi – RN, nos 2000 a 2020.

Fonte: EMPARN, 2025; Elaboração autores, 2025.

A imagem mostra variações pluviométricas em Apodi-RN entre 1996 e 2020 (FIGURA 3). Os períodos 2006 - 2010 e 2000 - 2005 destacam-se com a presença de anos considerados “chuvosos” e “mais chuvosos”, o que pode ter favorecido diretamente o volume dos Corpos d’água, o que possibilita maiores volumes disponíveis para subsidiar atividades de irrigação, contribuindo para aumento da classe Agricultura (figura 4). Já os quinquênios 2001 - 2005 e 2011 - 2015, mais secos, indicam possível retração da vegetação nativa e corpos d’água, visível na Figura 4. O último período (2016 - 2020) revela estabilidade pluviométrica nos últimos três anos, refletindo condições favoráveis ao crescimento de vegetação, manutenção de corpos d’água e uso produtivo do solo.

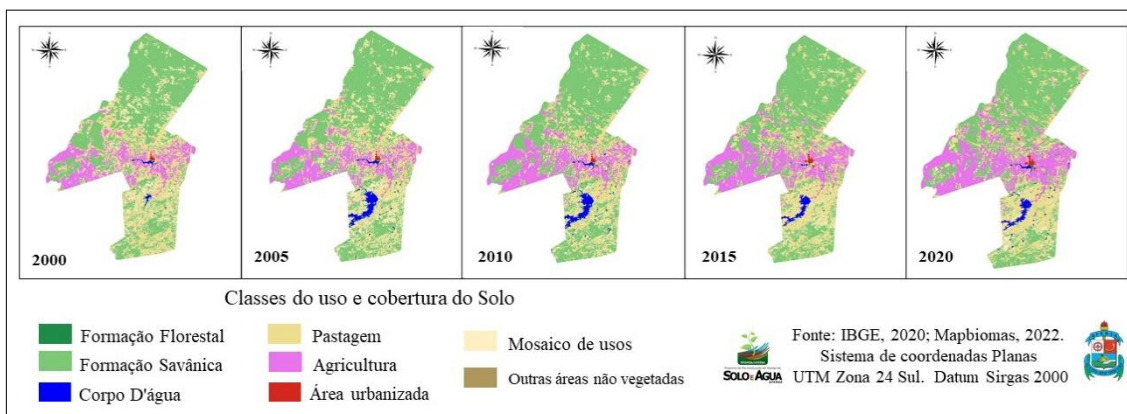


Figura 4. Classificação do uso e cobertura das terras no município de Apodi– RN.

Fonte: Autores (2025); IBGE (2020); Mapbiomas (2025).

As mudanças entre as estações seca e úmida e as oscilações de precipitação e a temperatura da superfície terrestre, influenciam de maneira direta no comportamento fenológico das plantas (Santos & Negri, 1997). Dentre as alterações constatadas entre os anos

de 2000 a 2020, estão a redução da cobertura vegetal (Formação Savânica) e o aumento das Corpos D'água e Agricultura (Figura 5).

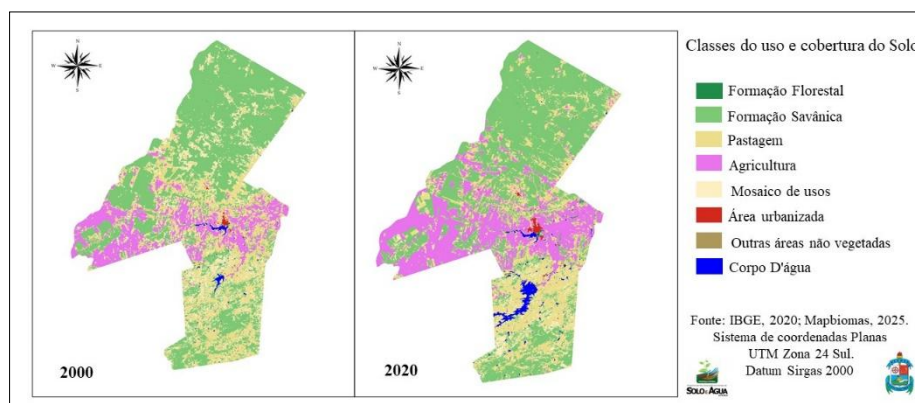


Figura 5. Dinâmica das classes de uso e cobertura das terras no município de Apodi – RN, (2000 a 2020).

Fonte: Autores (2025); IBGE (2020); Mapbiomas (2025).

Os dados do mapeamento na Tabela 2 apresentam valores das áreas das classes em quilômetro quadrado (km²) e variações em quilômetro quadrado (km²) e percentual (%), entre os anos 2000 e 2020.

Tabela 1 - Dinâmica espaço-temporal da cobertura das terras, no município de Apodi – RN, nos 2000 a 2020.

Classe	Área em Km ²		Representação		Variação	
	2000	2020	2000	2020	km	%
Formação Florestal	1,30	3,25	0,08%	0,21%	1,95	153,44%
Formação Savânica	811,77	751,53	50,66%	47,54%	-60,24	-6,15%
Pastagem	372,83	372,59	23,27%	23,57%	-0,24	1,31%
Agricultura	217,74	358,58	13,59%	22,68%	140,84	66,95%
Mosaico de Usos	187,83	85,93	11,72%	5,44%	-101,90	-53,62%
Área Urbanizada	2,94	5,93	0,18%	0,38%	2,99	104,48%
Outras Áreas não Vegetadas	0,35	0,54	0,02%	0,03%	0,19	56,41%
Corpo D'água	7,77	24,18	0,48%	1,51%	16,41	211,14%
TOTAL	1.602,53	1.602,53	100,00%	100,00%		

Constataram-se oscilações significativas no uso das terras em Apodi-RN, com aumento nas classes Agricultura (66,95%). Essas mudanças refletem a substituição da agricultura familiar por sistemas mais tecnificados e a influência da variabilidade pluviométrica (Francisco et al., 2023). O aumento da classe Corpos D'Água em (211,14%), também notada na Figura 5, está diretamente ligada a criação do reservatório Santa Cruz do Apodi no ano de 2002, o reservatório detém volume máximo de 599,71 m³ (ANA, 2016).

Ainda na tabela 1, foi verificado a redução das áreas das classes Mosaico de Usos (53,62%) e Formação Savânica (6,15%). No mesmo período de estudo, Silva et al. (2021),

também observaram reduções semelhantes em áreas de vegetação nativa no semiárido baiano, ressaltando a fragilidade dos biomas savânicos diante das pressões antrópicas.

A FIGURA 6 demonstra a dinâmica de oscilações de PP anuais e média histórica em Apodi-RN, entre os anos de 1996 e 2020.

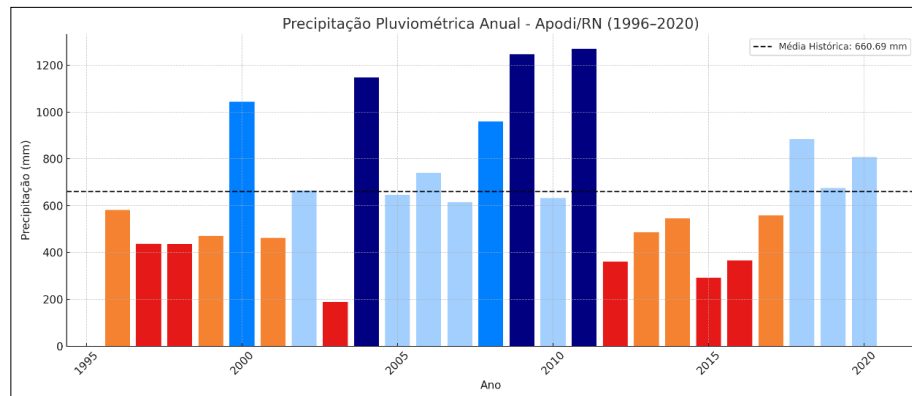


Figura 6 - Variação pluviométrica e média histórica do município de Apodi - RN (1995 a 2020).

Fonte: EMPARN, 2025; Elaboração autores, 2025.

Na Figura 6, é destacado as oscilações de PP, com predomínio de anos abaixo da linha da média histórica, enfatizando os dois períodos de secas severas de 1996 a 1999 e 2012 a 2017, anos com a presença do *El Niño* onde de acordo com os volumes pluviométricos observados, os anos foram classificados como “Muito secos” (< 442,15 mm) e “Secos” (entre 442,15 e 602,31 mm). Segundo Santos; Ferreira & Santana (2023) o *El Niño* é como responsável por anos de déficits pluviométricos no Semiárido brasileiro. A sua ocorrência implica na regularidade pluviométrica negativa e intensifica a vulnerabilidade climática da região (Medeiros et al., 2020).

Em contrapartida, durante os anos de 2005 a 2011, foram constadas anos considerados normais, chuvosos e muitos chuvosos, favorecendo positivamente a expansão das classes Agricultura, Formação Florestal e Corpos D’Água. De acordo com Medeiros et al. (2020), durante os anos de 2008 e 2009, ocorreu no hemisfério sul o fenômeno *La Niña*, que ocasionou chuvas moderadas no nordeste brasileiro, classificando os anos como chuvosos e muito chuvosos.

CONCLUSÕES

A integração do *Google Earth Engine* com a aplicação *Web MapBiomas* mostrou-se uma ferramenta eficiente e precisa para analisar o uso e cobertura das terras.

A variação dos padrões pluviométricos do município de Apodi-RN, subsidiaram as oscilações nas coberturas vegetais, como Formação Florestal e Formação Savânica.

Ainda, foi constatado mudanças significativas no uso das terras, influenciadas pelo aumento das disponibilidades de Água.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. Agência Nacional de Águas e saneamento básico, 2016. **Reservatórios do Semiárido Brasileiro: hidrologia, balanço hídrico e operação, Relatório Final**. Brasília, 88p. Disponível em: https://portal1.snirh.gov.br/arquivos/semiarido/204res/Apodi_Santa_Cruz_do_Apodi.pdf. Acesso em: 29 abr. 2025
- BECK, H. E.; ZIMMERMANN, N. E.; MCVICAR, T. R.; VERGOPOLAN, N.; BERG, A.; WOOD, E. 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://www.nature.com/articles/sdata2018214>
- BEZERRA, H. N.; BEZERRA, J. M.; PEREIRA, A. C. S.; MATTOS, A. 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>
- CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. DE. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. 2. ed. INPE. São José dos Campos, 1998. 194p.
- Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte S/A - EMPARN. **Relatório pluviométrico**. 2020. Disponível em:

<https://meteorologia.emparn.rn.gov.br/relatorios/relatorios-pluviometricos> . Acesso em 20 abr. 2025.

FACCO, D. S.; BENEDETTI, A. C.; KAISER, E. A.; PEREIRA FILHO, W. Avaliação da dinâmica do uso e cobertura da terra no município de Faxinal do Soturno no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 59, n. 2, p. 127 – 135. 2017. <http://dx.doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.1876>

FRANCISCO, P. R. M.; MORAES NETO, J. M.; SILVA, V. F.; RIBEIRO, G. N.; SANTOS, D. 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>

FERREIRA, DOUGLAS PEREIRA; OLIVEIRA, FRANCISCO ÉDER RODRIGUES de; SILVA, JÉSSICA PALOMA PINHEIRO da. Dinâmica da cobertura e uso das terras do município de Campo Grande-RN utilizando Mapbiomas. In: Anais do Simpósio Internacional Selper: Além do dossel – Tecnologias e Aplicações de Sensoriamento Remoto. **Anais...Belém (PA) UFPA**, 2024. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/xxi-selper-2024/880312-dinamica-da-cobertura-e-uso-das-terras-do-municipio-de-campo-grande-rn-utilizando-mapbiomas/> Acesso em: 02 fev. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, **IBGE**. 2022. Censo Agropecuário- 2017. Apodi - RN. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/apodi/pesquisa/24/27745?>. Acesso em: 23 fev. 2025

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250.000*. Rio de Janeiro. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 168 p. v. 45. **IBGE** 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **IBGE**. 2022. *Panorama das cidades*. Apodi - RN. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/apodi/panorama>. Acesso em: 23 jan. 2025.

MAPBIOMAS. **Projeto Mapbiomas – Coleção 2022 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil 2021**. Disponível em: <https://mapbiomas.org/visao-geral-da-metodologia> . Acesso em: 01 Mai. 2025.

MEDEIROS, S. A.; NÓBREGA, R. A.; MORAES NETO, J. M.; BARRETO, A. B.; VASCONCELOS, G. N.; DINIZ, R. R. S. 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/rbgf.v13.1.p336-349>

OLIVEIRA, M. K. S. DE; FERREIRA, E. A.; ALMEIDA, N. V.; SILVA, E. F. DA; VASCONCELOS, A. A. (2021). Dinâmica Espaço-Temporal da Paisagem Semiárida no Município de Apodi/RN e seus Condicionantes Socioeconômicos e Ambientais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 4, p. 2446 - 2464. 2021. <http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v14.4.p2446-2464>

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>

SILVA, A. R. S.; D'ESQUIVEL, K. S.; ALMEIDA, L. D. S.; LIMA, M. A. C.; FIGUEIREDO, R. M. 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

VALLE, R. F. JR; SIQUEIRA, H. E.; GUIDOLINI, J. F.; ABDALA, V. L.; MACHADO, M. F. Diagnóstico de mudanças e persistência de ocupação do solo entre 1978 e 2011 no IFTM-Campus Uberaba, utilizando o Land Change Modeler (LCM). **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n. 15, p. 672-681, 2012.