



## Dinâmica temporal da cobertura e uso das terras do estado da Paraíba utilizando Mapbiomas<sup>©</sup>

### *Temporal dynamics of coverage and use of land in Paraíba state using Mapbiomas<sup>©</sup>*

Paulo Roberto Megna Francisco<sup>1</sup>, Djail Santos<sup>2</sup>, George do Nascimento Ribeiro<sup>1</sup>, Viviane Farias Silva<sup>1</sup>, Gypson Dutra Junqueira Ayres<sup>1</sup>, Raimundo Calixto Martins Rodrigues<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, Brasil

<sup>3</sup> Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, Brasil

Contato: [paulomegna@gmail.com](mailto:paulomegna@gmail.com)

#### Palavras-Chave

estatística descritiva  
multitemporal  
caatinga  
semiárido

#### Key-word

descriptive statistics  
multitemporal  
caatinga  
semiarid

#### RESUMO

Com a disponibilização de imagens de satélite em altas resoluções e de programas computacionais para a análise ambiental houve um grande avanço nos estudos relacionados à gestão dos recursos naturais. Objetivou-se avaliar os dados temporais da cobertura e uso da terra do Estado da Paraíba utilizando uma série do Mapbiomas<sup>©</sup> entre 1985 a 2021. O tratamento estatístico foi direcionado à aplicação de análise descritiva e de regressão dos dados temporais utilizando o RStudio<sup>©</sup>. A utilização da aplicação Web MapBiomias<sup>©</sup> do Sistema de Informação Geográfica QGIS<sup>©</sup> e do RStudio<sup>©</sup> como ferramentas para mapear e analisar o uso e cobertura dos solos proporcionaram resultados satisfatórios com rapidez e precisão além da simplicidade e a boa qualidade dos resultados obtidos em relação a outras metodologias. Observou-se que ocorreram alterações significativas de áreas na classe Floresta com perda de 9,56% de área, e na classe Agropecuária houve aumento de área em 9,74%. As classes Formação Natural Não Florestal e Agropecuária ocorreram os maiores desvios observados. A distribuição não se apresentou simétrica, a curtose indicou uma distribuição platicúrtica, onde as maiores variações de amplitude e distribuição irregular apresentaram-se nas classes Formação Natural Não Florestal e Agropecuária. Pode-se afirmar que existe a similaridade e concordância entre os testes utilizados neste trabalho e a análise de acurácia elaborada nas imagens pelo Mapbiomas<sup>©</sup>.

#### ABSTRACT

*With the availability of high-resolution satellite images and computer programs for environmental analysis, there was a great advance in studies related to the management of natural resources. The objective was to evaluate the temporal data of land cover and use in the State of Paraíba using a series of Mapbiomas<sup>©</sup> between 1985 and 2021. Statistical treatment was directed to the application of descriptive analysis and regression of temporal data using RStudio<sup>©</sup>. The use of the MapBiomias<sup>©</sup> Web application of the QGIS<sup>©</sup> Geographic Information System and RStudio<sup>©</sup> as tools to map and analyze land use and coverage provided satisfactory results with speed and precision, as well as simplicity and good quality of the results obtained in relation to other methodologies. It was observed that there were significant changes in areas in the Forest class with a loss of 9.56% in area and in the Agricultural class there was an increase in area by 9.74%. The largest deviations were observed in the Non-Forest Natural Formation and Agricultural classes. The distribution was not symmetrical, the kurtosis indicated a platykurtic distribution, where the greatest variations in amplitude and irregular distribution were found in the Non-Forest Natural Formation and Agricultural classes. It can be said that there is similarity and agreement between the tests used in this work and the accuracy analysis performed on the images by Mapbiomas<sup>©</sup>.*

#### Informações do artigo

Recebido: 03 de janeiro, 2023

Aceito: 19 de outubro, 2023

Publicado: 01 de dezembro, 2023

## Introdução

A Caatinga é o bioma menos estudado dentre as regiões naturais brasileiras, sendo também a única cujos limites restringem-se inteiramente ao território nacional (LEAL e SILVA, 2003). Isso faz com que os esforços para a compreensão da dinâmica de uso e ocupação da terra devam ser intensificados no bioma, afim de identificar o padrão de distribuição espacial de cada classe de cobertura da terra e as possíveis causas associadas à sua maior ou menor predominância no bioma ao longo do tempo. Daí vem a importância da classificação automatizada, uma vez que favorece a conservação ambiental a partir da categorização dos pixels da imagem analisada em diferentes classes de uso e ocupação da terra, permitindo identificar seu padrão de distribuição espacial (GANEM et al., 2017).

Conforme Lu et al. (2013), a classificação da cobertura da terra é considerada como pré-requisito para aplicações em sensoriamento remoto, tais como mapeamento temático, monitoramento ambiental, dentre outras. A análise de imagens de sensoriamento remoto é uma excelente ferramenta para detectar focos de incêndio, avaliar o desmatamento, prever desastres ambientais, monitorar a expansão urbana e sua relação com o meio físico (RIDD et al., 1998; GRANEMANN et al., 2009).

Na atualidade, com o desenvolvimento das tecnologias de sensoriamento remoto e da geoinformática, as ferramentas para a realização de inventários e diagnósticos ambientais são facilmente disponíveis e de baixo custo permitindo auxiliar com agilidade, o monitoramento e a gestão de amplos territórios (FLORENZANO, 2002; NOVO, 2008). Conforme Francisco et al. (2012), a disponibilização de imagens de satélite em altas resoluções e de programas computacionais para a análise ambiental houve um grande avanço nos estudos relacionados à gestão dos recursos naturais.

Nos últimos anos, há uma demanda crescente por novas tecnologias ecológicas e as séries temporais de uso e cobertura do solo vêm sendo mais utilizadas, em decorrência da possibilidade de identificar e acompanhar as mudanças nos padrões de uso do solo e vegetação, gerando estimativas de desmatamento (SANTOS, 2011). No entanto, o mapeamento de cobertura vegetal é essencial para verificar a disposição panorâmica no tempo e no espaço (BITENCURTIL et al., 2017).

Os estudos da cobertura florestal ou da cobertura e do uso da terra, sua dinâmica e seus impactos vêm sendo estudados nas últimas décadas como exemplo por Fernandes et al. (2015), quanto a região semiárida do Brasil por Silva et al. (2011; 2013; 2014), e por Cunha et al. (2012), tornando-se uma ferramenta aliada para análise do uso da terra, bem como uma alternativa de averiguar grandes extensões e observar os níveis de degradação.

Na avaliação da mudança espaço-temporal da vegetação semiárida da Paraíba, vários autores vêm estudando este comportamento como Francisco et al. (2012) na bacia do rio Taperoá, Patrício et al. (2013) em Cabaceiras, Gonçalves et al. (2013a; 2013b) em Soledade, Gonçalves et al. (2014a; 2014b) em Esperança e Sumé, Francisco et al. (2013) e Ribeiro et al. (2013; 2014) em

Sumé, Barbosa et al. (2021) em bacia hidrográfica do Alto rio Sucuru.

Atualmente, algumas ferramentas de geotecnologias podem ser acessadas por meio de softwares livres ou plataformas online, em sites e/ou aplicativos. Um dos projetos nacionais no âmbito da classificação da cobertura da superfície terrestre é o Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil (MAPBIOMAS, 2017a). Nesse contexto o projeto MapBiomass<sup>®</sup> desenvolveu um sistema de validação e refinamento de alertas de desmatamento, degradação e regeneração de vegetação nativa com imagens de alta resolução (MAPBIOMAS, 2019).

Esta iniciativa de monitoramento originou-se em 2015 onde foi desenvolvido um algoritmo de classificação de imagens de satélite, que funciona na plataforma Google Earth Engine que é um ambiente para processamento e análise em escala planetária de dados de monitoramento da superfície terrestre. O projeto Mapbiomas<sup>®</sup> utiliza-se das imagens das missões LANDSAT de observação da terra com satélite, sendo processadas em pixels, que são as unidades de trabalho da ferramenta, disponíveis gratuitamente na plataforma Google Earth Engine. Os dados apresentados pela plataforma de monitoramento ajudam a compreender a evolução da ocupação do território e os impactos sobre os biomas no Brasil para uma série histórica de mais de 30 anos de dados de mapeamento do uso e cobertura da terra para todos os biomas brasileiros (MAPBIOMAS, 2021).

A estratégia de mapeamento inclui o uso dos mais avançados métodos de processamento, tecnologia e big data disponíveis, série temporal LANDSAT, fornecidos pelo Google Earth Engine. Mais especificamente, a iniciativa usa métodos empíricos e estatísticos por exemplo, Random Forest e aprendizado de máquina, para contar o histórico recente de pixels e criar mapas de uso e cobertura da terra (ROSA et al., 2019).

As imagens utilizadas pelo projeto são das séries históricas produzidas pelos satélites LANDSAT (com 30 metros de resolução espacial). Todas as imagens disponíveis no ano são usadas para geração de mosaicos, com as bandas de reflectância, índices espectrais, temporais e de textura. Todo o processamento é feito na nuvem e as classificações supervisionadas são feitas por algoritmos de aprendizagem de máquina na plataforma Google Earth Engine (GORELICK, 2016).

Com o crescente desenvolvimento das aplicações Web destinadas à obtenção e visualização dos dados geoespaciais, bem como a disseminação de bases geográficas, o Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil - MapBiomass<sup>®</sup> apresenta uma iniciativa que envolve uma rede colaborativa com especialistas nos biomas, usos da terra, sensoriamento remoto, SIG e ciência da computação que utiliza processamento em nuvem e classificadores automatizados desenvolvidos e operados a partir da plataforma Google Earth Engine para gerar uma série histórica de mapas anuais de uso e cobertura da terra do Brasil (MAPBIOMAS, 2021).

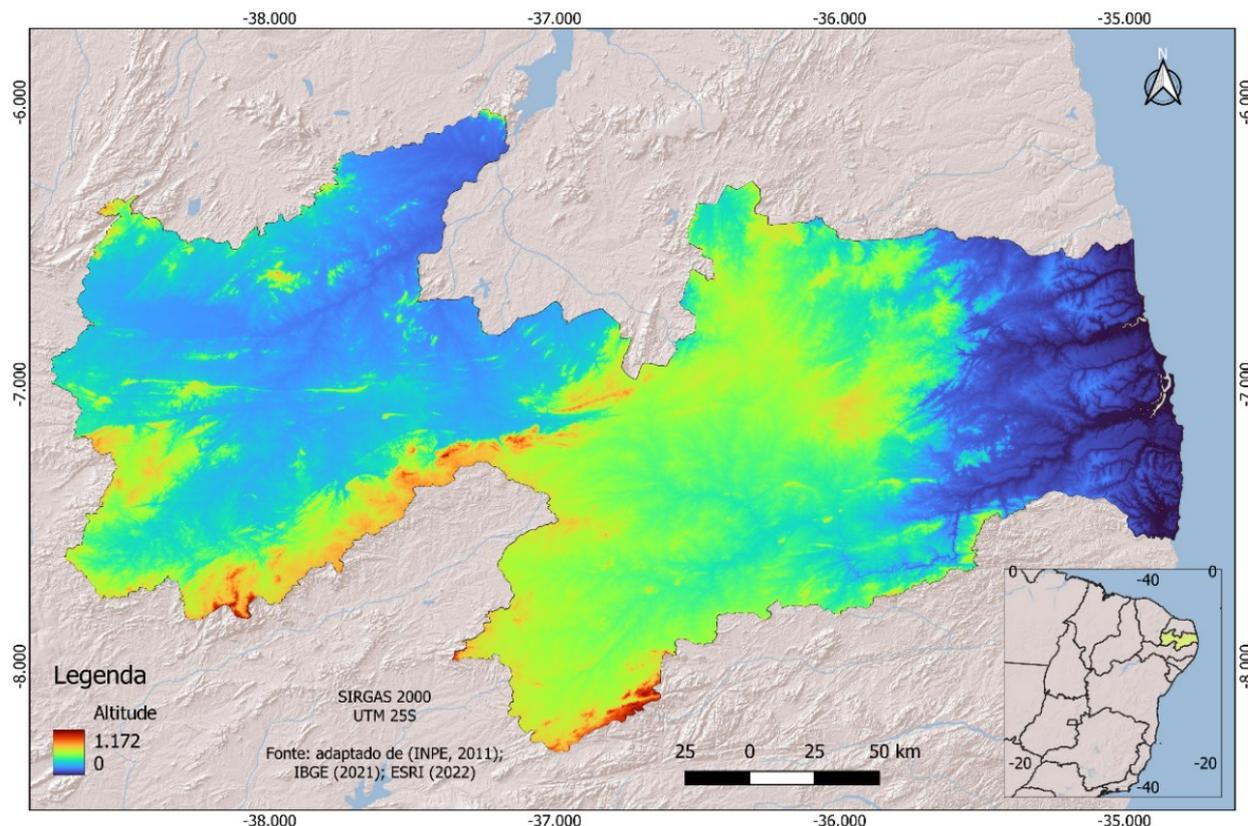
De acordo com Rosa et al. (2019), os produtos e plataforma do MapBiomas<sup>®</sup> estão sendo utilizados em diversas pesquisas aplicadas, em temas como planejamento do uso do solo, conservação incluindo restauração por Crouzeilles et al. (2019), biodiversidade, Vidal et al. (2019), agricultura e mudanças climáticas, Cohn et al. (2019), estimativas de emissões de gases de efeito estufa pelas mudanças no uso da terra e florestas.

Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar dados temporais da cobertura e uso da terra do Estado da Paraíba utilizando uma série do Mapbiomas<sup>®</sup> entre 1985 a 2021.

## Material e Métodos

O Estado da Paraíba, localizado na região Nordeste do Brasil, apresenta uma área de 56.467,24 km<sup>2</sup> (IBGE, 2021). Seu posicionamento encontra-se entre os paralelos 6°02'12" e 8°19'18"S, e entre os meridianos de 34°45'54" e 38°45'45"W (Figura 1). Ao Norte, limita-se com o Estado do Rio Grande do Norte; a Leste, com o Oceano Atlântico; a Oeste, com o Estado do Ceará; e ao Sul, com o Estado de Pernambuco (FRANCISCO, 2010).

Figura 1. Localização e hipsometria da área de estudo



Fonte: Adaptado de INPE (2011); IBGE (2021); ESRI (2022)

O relevo apresenta-se de forma geral bastante diversificado, atuando sob climas distintos e sobre rochas pouco ou muito diferenciadas. No tocante à geomorfologia, existem dois grupos formados pelos tipos climáticos mais significativos do Estado: úmido, subúmido e semiárido. O uso atual e a cobertura vegetal caracterizam-se por formações florestais definidas, como Caatinga Arbustiva Arbórea Aberta, Caatinga Arbustiva Arbórea Fechada, Caatinga Arbórea Fechada, Tabuleiro Costeiro, Mangues, Mata-úmida, Mata semidecidual, Mata Atlântica e Restinga (PARAÍBA, 2006).

O clima caracteriza-se por temperaturas médias elevadas (22 a 30°C) com baixa amplitude térmica anual, em função da baixa latitude e elevações (<700 m). A precipitação varia de 400 a 800mm anuais, nas regiões interiores semiáridas, e no Litoral, mais úmido, pode ultrapassar os 1.600mm (VAREJÃO-SILVA et al., 1984). De acordo com Francisco et al. (2015a) os meses com temperaturas mais baixas são junho, julho e agosto,

enquanto os meses mais quentes são outubro, novembro e dezembro no Estado como um todo, sendo esses os meses com os menores índices de precipitação pluviométrica, pois é o período mais seco da região.

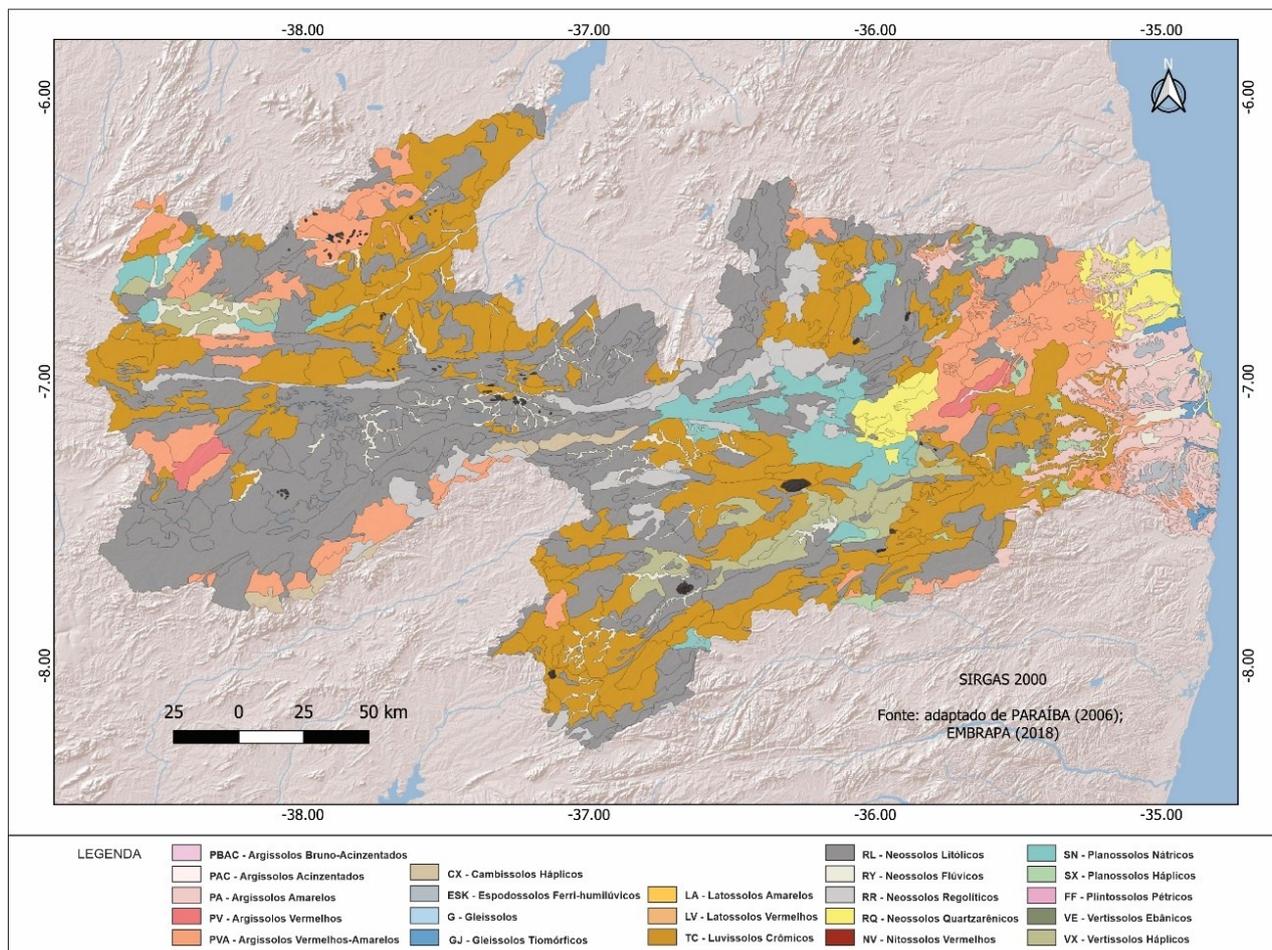
De acordo com Francisco et al. (2015b) a distribuição da precipitação pluviométrica ocorre de forma irregular e com grande variação durante todo o ano e sua distribuição anual demonstra a alta variabilidade espacial de precipitação no setor central do Estado com menores valores em torno de 300 a 500mm; no Sertão e Alto Sertão em torno de 700 a 900mm; no Brejo e Agreste de 700 a 1.200mm; e no Litoral em média de 1.200 a 1.600mm.

Conforme Francisco et al. (2013) as classes predominantes de solos área de estudo (Figura 2) estão descritas no Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba (PARAÍBA, 1978), e estas diferem pela diversidade geológica, pedológica e geomorfológica; atendendo também a uma diversidade de características de solo, relacionadas à morfologia, cor, textura, estrutura,

declividade e pedregosidade e outras características. De uma forma geral os solos predominantes são os Luvisolos crômicos, Neossolos Litólicos, Planossolos Solódicos, Neossolos Regolíticos Distróficos e Eutróficos

distribuídos pela região do sertão e nos cariris, os Vertissolos na região de Souza, e os Argissolos Vermelho Amarelo e os Neossolos Quartzarênicos no litoral do Estado (FRANCISCO, 2010).

Figura 2. Solos do Estado da Paraíba



Fonte: Adaptado de Francisco et al. (2023)

Neste trabalho foi obtido no MapBiomias<sup>®</sup> (2022), para uma série de 37 anos entre 1985 a 2021, um mosaico das imagens de cobertura e uso da terra da região semiárida com suas respectivas áreas classificadas como Floresta, Formação Natural Não florestal, Agropecuária, Área Não Vegetada, Corpos d'água.

Foi utilizado o QGIS<sup>®</sup> 3.28 para importação dos dados e realizado o recorte da área de estudo utilizando os limites de IBGE (2021) e após elaborado os respectivos mapas representativos. Também foi gerado os dados do uso e cobertura do solo da área em hectares utilizando o plugin *r.report* para o cálculo.

No tratamento estatístico foi realizada a análise descritiva dos dados e o teste de normalidade utilizando o software RStudio<sup>®</sup> v.2022. Para avaliação temporal das áreas de cobertura e uso do solo foi utilizado a regressão clássica, conforme o modelo de regressão (Equação 1).

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon_i \quad (\text{Eq.1})$$

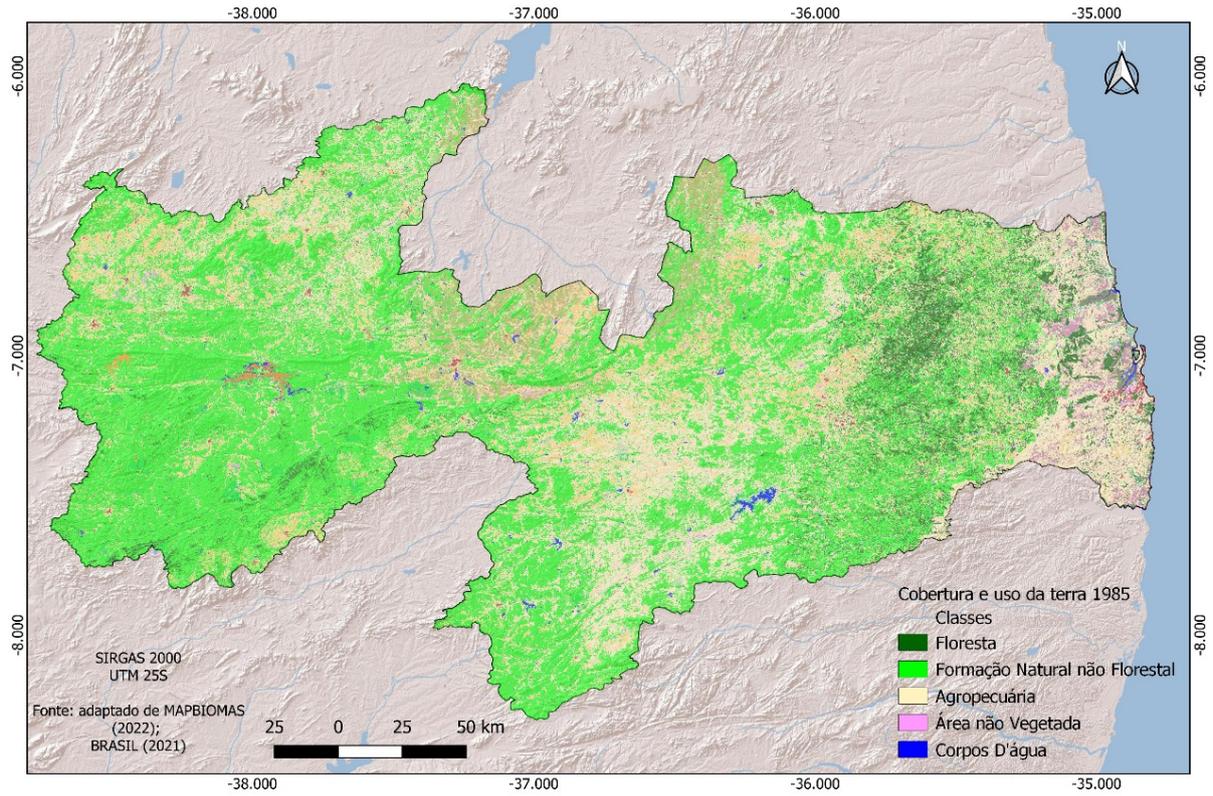
Onde:  $Y_i$  é uma observação da variável dependente;  $X_1, X_2, \dots, X_n$  são as variáveis independentes;  $\beta = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$  são referidos como coeficientes de regressão correspondentes, e  $\varepsilon_i$  é o erro associado às observações da variável dependente.

Para verificar se as amostras procediam de uma determinada distribuição de probabilidade, foram usados os testes de hipóteses não paramétricos Shapiro-Wilk (1965), Anderson-Darling (1954), Lilliefors (1967), Jarque-Bera (1987) e Mann-Kendall (1967; 1945).

## Resultados e Discussão

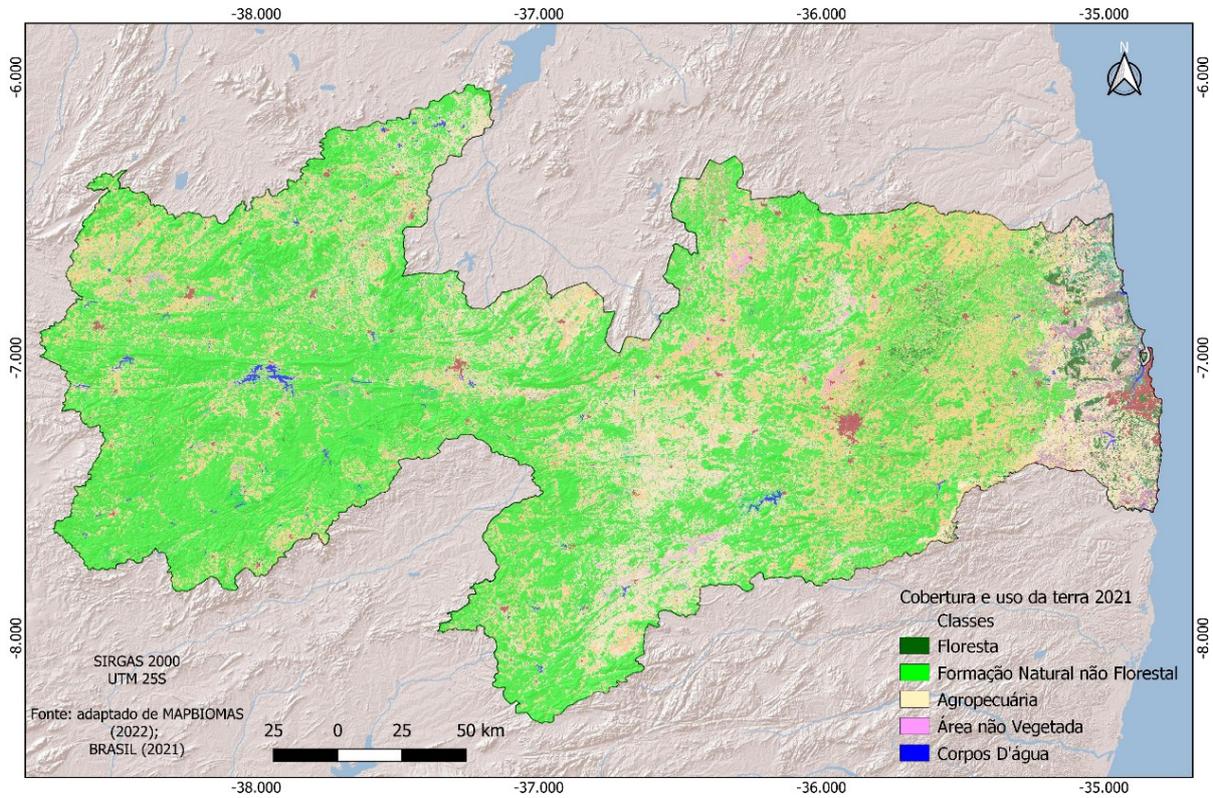
Na Figura 3 pode-se observar a distribuição da cobertura e uso do solo da área de estudo para o ano de 1985 seguido da Figura 4 para o ano de 2021.

Figura 3. Cobertura e uso da terra do ano de 1985



Fonte: Adaptado de IBGE (2021); Mapbiomas (2022)

Figura 4. Cobertura e uso da terra do ano de 2021



Fonte: Adaptado de IBGE (2021); Mapbiomas (2022)

Na Tabela 1, observam-se os dados de ocupação das classes de cobertura e uso da terra e sua mapeamento, os valores em área e percentagem de variação espaço-temporal.

Tabela 1. Variação espaço-temporal da cobertura e uso do solo

Classes	1985 (ha)	(%)	2021 (ha)	(%)
Floresta	3.641.546,97	64,49	3.101.855,39	54,93
Formação Natural Não Florestal	175.030,87	3,10	118.583,51	2,10
Agropecuária	1.720.794,91	30,47	2.270.277,83	40,21
Área Não Vegetada	50.393,40	0,89	121.957,53	2,16
Corpos D'água	58.587,65	1,04	33.557,23	0,59
Não observado	370,41	0,007	492,71	0,009
Total	5.646.724,20	100,00	5.646.724,20	100,00

Para os dados de 1985 e 2021, constata-se do total de 47.298,20 ha que ocorre alterações significativas na classe Floresta, com perda de área de 9,56% (539.691,58 ha). Sousa et al. (2008) e Barbosa et al. (2009), avaliando a vegetação a evolução da cobertura vegetal e o uso agrícola do solo dos municípios de Boa Vista e Lagoa Seca, Estado da Paraíba, observaram que a cobertura florestal sofreu redução também ao longo dos anos estudados, sendo relacionados com o elevado uso das terras para pecuária extensiva e a ocorrência significativa do aumento de áreas exploradas com a pecuária na região, respectivamente.

Observa-se que ocorrem alterações significativas de mudança de área na classe Formação Natural Não Florestal de 175.030,87 ha (3,1%) para 118.583,51 ha (2,1%) em 2021, representando 1% em perda de área em relação ao total. A classe Agropecuária apresenta aumento neste período temporal de 1.720.794,91 ha em 1985 para 2.270.277,83 ha em 2021, representando 9,74%. De acordo com Francisco et al. (2022) este aumento está relacionado ao processo de expansão dessas culturas por meio da conversão de áreas tradicionais de pastagem. No entanto, não é possível afirmar que tais transições tenham ocorrido de forma direta entre uma classe temática para outra ao longo do tempo, conforme Antunes et al. (2019).

Antunes et al. (2019) afirmam que o crescimento na produção agrícola normalmente está associado à incorporação de áreas anteriormente destinadas a pecuária. Fernandes et al. (2015) afirmam que este crescimento de área está relacionado a disponibilidade de áreas potencialmente irrigáveis como um esforço sistemático para aproveitamento dos recursos hídricos. Valle et al. (2012), em um diagnóstico de mudança do uso da terra entre 1978 e 2011 no Triângulo Mineiro, mostraram que a

vegetação nativa reduziu sua área em 19,2%, sendo substituída por agricultura e pastagem. Coelho et al. (2014), avaliando a dinâmica do uso do solo em Pernambuco, observaram que os resultados entre as classes de uso passaram por uma grande transição, com aumento do desmatamento pela retirada da vegetação da Caatinga e substituição rápida e progressiva por áreas com pastagem e agricultura.

Verifica-se um fluxo da classe Floresta convertida para a classe Agropecuária, revelando que essa transição é uma das dinâmicas características da Caatinga (FRANCISCO et al., 2022). De acordo com o IBGE (2021) o bioma caatinga é afetado pela supressão de vegetação nativa para o uso e ocupação de áreas com atividades da agropecuária intensiva.

Para a classe Não Vegetada observa-se que ocorre aumento de 50.393,40 ha em 1985 para 121.957,53 ha em 2021, com acréscimo de 1,27% de área nesta classe, isto devido à urbanização das cidades ocorrida durante os 37 anos de comparação.

A classe Corpos d'água apresenta uma variação negativa em 0,45% durante o período de estudo, isto devido a variação pluviométrica nas últimas décadas. Silva et al. (2021) estudando a bacia hidrográfica do rio Colônia, Bahia observaram uma variação de 0,127% de 1985 a 2020.

Na Tabela 2, da análise estatística descritiva da dinâmica temporal da cobertura e uso das terras, observam-se os valores mínimos e máximos encontradas na variável Floresta entre 3.094.149,00 e 3.641.547,00 ha com uma média 3.360.233,00 ha. A variável Floresta é a que apresenta a maior média entre as demais, seguida da variável Agropecuária.

Tabela 2. Análise descritiva da dinâmica da cobertura e uso das terras (ha)

Variável	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Floresta	3.094.149,00	3.641.547,00	3.360.233,00	159.618,00
Formação Natural Não Florestal	98.234,00	175.031,00	115.770,00	18.699,49
Agropecuária	1.720.795,00	2.288.345,00	2.040.782,00	160.596,90
Área Não Vegetada	50.393,00	121.958,00	82.738,00	17.816,15
Corpos d'água	20.876,00	70.736,00	46.802,00	14.319,32

Legenda: Todos os valores em hectares (ha)

O desvio padrão apresenta menores valores para a variável Água e na Área Não Vegetada e os maiores desvios apresentam-se nas variáveis Floresta e Formação Natural Não Florestal. A média apresenta valores não muito próximos para ambos as variáveis, o que levar a deduzir que não se trata de uma distribuição simétrica.

Nos gráficos de dispersão (Figura 5) da cobertura e uso do solo entre 1985 a 2021 pode-se verificar o comportamento das classes em estudo. Pode-se observar que na classe Floresta ocorre uma diminuição com maior frequência em 1990, 2000 e 2015, talvez devido a

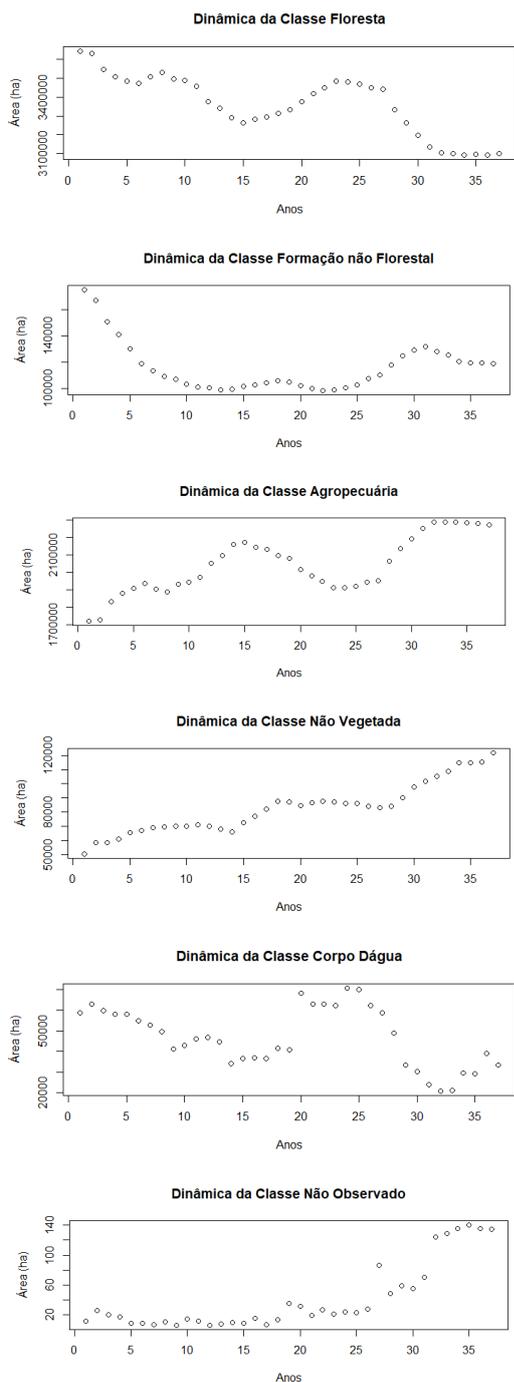
ocorrência de menor pluviosidade entre os anos, situação também observada por Medeiros et al. (2016) realizando comparativo temporal da vegetação na região. Observa-se também a variação na classe Agropecuária, e o inverso nas classes Floresta e Formação Natural Não Florestal. Resultado similar encontrado por Francisco et al. (2021).

Medeiros et al. (2020) afirmam que, no ano de 1985 ocorreu a maior precipitação durante a ocorrência da La Niña. Silva (2017) destaca que, para o mesmo ano teve atuação do Dipolo do Atlântico Negativo aumentando a precipitação, e o ano que registrou a menor precipitação

foi 2013, durante a ocorrência do El Niño. Marengo et al. (2018) enfatiza que durante o período 2012-2013, a precipitação foi entre 100 e 300 mm ano<sup>-1</sup> abaixo da média no semiárido.

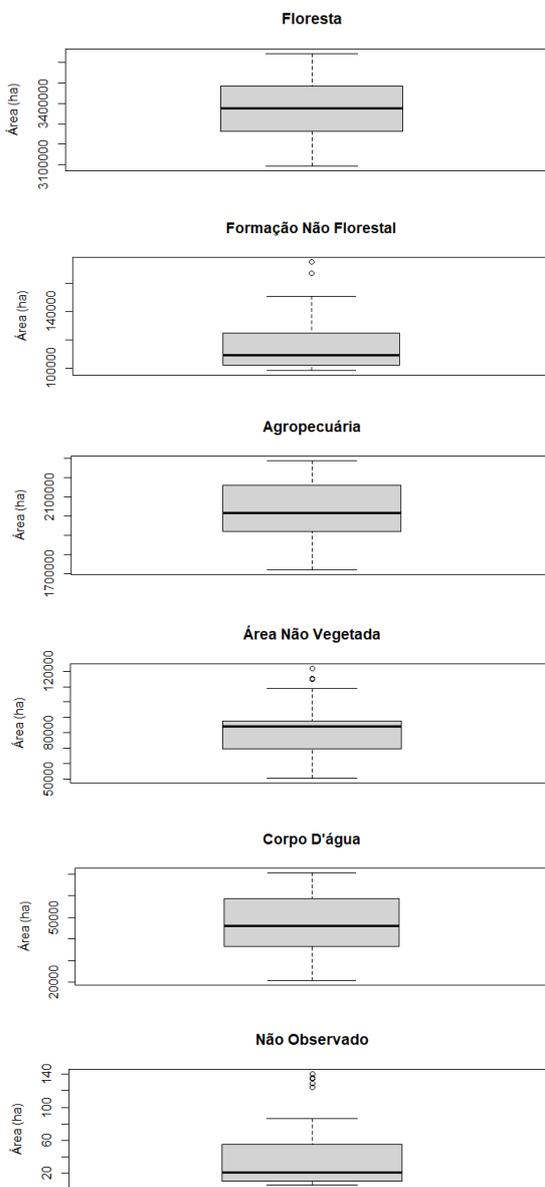
De acordo com Medeiros et al. (2020), os anos de 1985, 1994, 1996, 2008, 2009, registraram a ocorrência da La Niña com intensidade moderada e anos neutros, sendo classificados como muito chuvoso. Ocorrências estas que se pode também verificar por este trabalho no comportamento dinâmico da vegetação neste espaço tempo ocorrido. Após 2012 observa-se uma diminuição das classes Floresta e Formação natural não florestal devido ao crescimento de áreas da classe agropecuária.

Figura 5. Dinâmica da cobertura e uso do solo entre 1985 a 2021



Pelos dados estatísticos, observa-se pela Figura 6 que as menores variações de amplitude se apresentam nas classes Área Não Vegetada e Corpos d'água. Com relação à variabilidade entre classes observadas por meio das caixas interquartílicas do gráfico boxplot para cada classe, observa-se que a classe Floresta apresenta menor variabilidade. Resultado similar encontrado por Francisco et al. (2021).

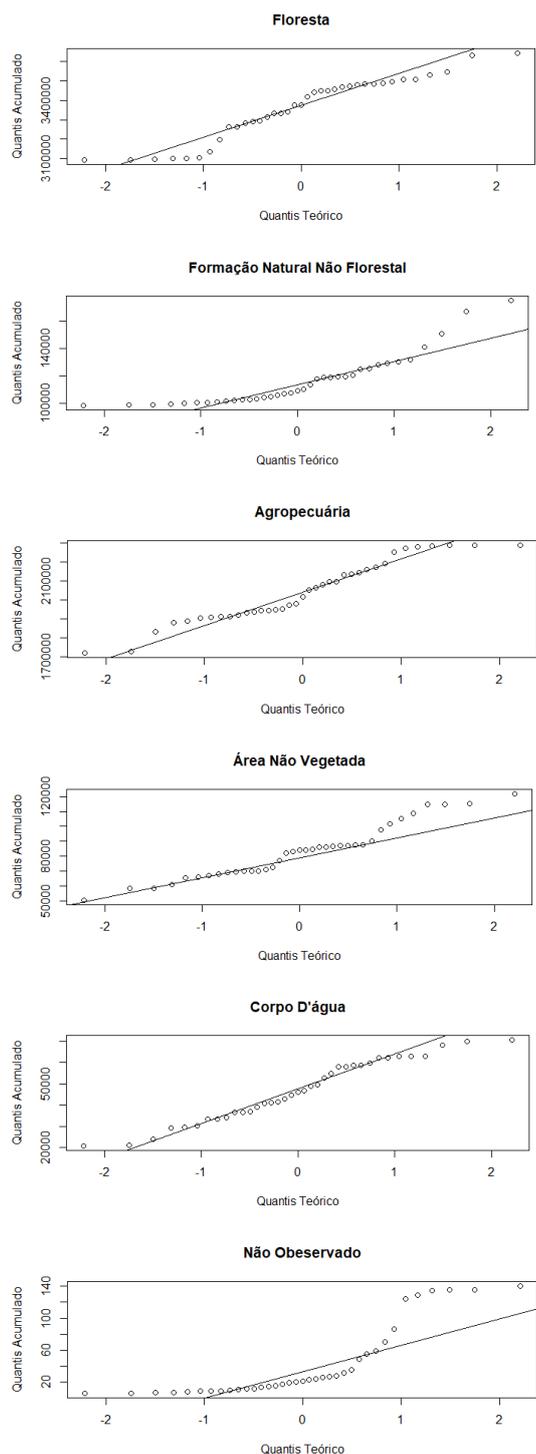
Figura 6. Boxplot das classes de cobertura e uso da terra



No Teste de normalidade (Figura 7) observa-se que a distribuição apresenta irregularidades nas classes Formação Natural Não Florestal, Agropecuária, Área Não Vegetada e Água.

Observou-se que uma maior regularidade foi verificada na classe Agropecuária seguida pela classe Floresta. Resultado similar encontrado por Francisco et al. (2021) avaliando bacia hidrográfica em região de transição semiárida.

Figura 7. Boxplot das classes de cobertura e uso da terra



Na Tabela 3 pode-se observar que os resultados dos testes de normalidade de Shapiro-Wilk, Anderson-Darling, Lilliefors e Jarque-Bera foram semelhantes entre si para a variável Formação Natural Não Florestal e para a variável Agropecuária, o que leva a aceitar a hipótese de normalidade nos dados. Resultado similar observado por Francisco et al. (2021). Para a variável Floresta os testes de Anderson-Darling e Lilliefors são semelhantes entre si, e os testes Shapiro-Wilk e Jarque-Bera apresentam-se semelhantes entre si, mas com valores maiores.

Para a variável Área Não Vegetada os testes de normalidade de Shapiro-Wilk e Anderson-Darling são semelhantes entre si.

Tabela 3. Testes de normalidade

Teste/ Variável	Shapiro- Wilk	Anderson- Darling	Lilliefors	Jarque- Bera
Floresta	0,1838	0,0152	0,0252	0,3578
Formação Natural Não Florestal	0,0003	0,0004	0,0061	0,0001
Agropecuário	0,0495	0,0480	0,0621	0,5275
Área Não Vegetada	0,0986	0,0539	0,0126	0,4154
Água	0,1780	0,2186	0,0427	0,3926

O teste de Jarque-Bera apresenta diferença entre todas as variáveis e os demais testes.

A concordância entre os testes utilizados neste trabalho, conforme o MapBiomass<sup>®</sup> (2021) é devido que a mesma utiliza imagens LANDSAT (TM, ETM+ e OLI) com a técnica Random Forest, onde realiza análise de acurácia, onde os pontos são comparados aos mapas na geração da matriz de confusão e cálculo da acurácia global por bioma, além de erros de omissão e comissão por classe de cobertura e uso da terra, para cada ano estudado (GANEM et al., 2020).

## Conclusão

A utilização da aplicação Web MapBiomass<sup>®</sup>, do Sistema de Informação Geográfica QGIS<sup>®</sup> e do RStudio<sup>®</sup> como ferramentas para mapear e analisar o uso e cobertura dos solos proporcionaram resultados satisfatórios com rapidez e precisão além da simplicidade e com boa qualidade dos resultados obtidos em relação a outras metodologias.

Observou-se que ocorreram alterações significativas de áreas na classe Floresta com perda de 9,56% de área e na classe Agropecuária houve aumento de área em 9,74%.

As classes Formação Natural Não Florestal e Agropecuária ocorreram os maiores desvios observados.

A distribuição não se apresentou simétrica, a curtose indicou uma distribuição platicúrtica, onde as maiores variações de amplitude e distribuição irregular apresentaram-se nas classes Formação Natural Não Florestal e Agropecuária.

Pode-se afirmar que existe a similaridade e concordância entre os testes utilizados neste trabalho e a análise de acurácia elaborada nas imagens pelo Mapbiomas<sup>®</sup>.

## Agradecimentos

Ao apoio do CNPq e da Fapesq-PB.

## Referências Bibliográficas

- ANDERSON, T. W.; DARLING, D. A. A test of goodness of t. **Journal of American Statistical Association**, v.49, p.765-769, 1954.
- ANTUNES, J. F. G.; ESQUERDO, J. C. D. M.; COUTINHO, A. C.; SANTOS, J. L. DOS; PARIZZI, T. N. T.; BERTOLO, L. S. 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.

- BARBOSA, I. S.; ANDRADE, L. A.; ALMEIDA, J. A. P. Evolução da cobertura vegetal e uso agrícola do solo no município de Lagoa Seca, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.5, p.614-622, 2009.
- BARBOSA, R. B. G.; RIBEIRO, G. DO N.; FRANCISCO, P. R. M.; ARRUDA, D. A. DE; ALMEIDA, R. DE S.; LEITE, N. M. G. Geotecnologias aplicadas ao estudo da cobertura vegetal em bacia hidrográfica: uso do software "R". **Scientific Journal of Environmental Sciences and Biotechnology**, v.7, n.1, p.33-42, 2021.
- BITENCURTIL, D. P.; MELO, F. P.; GOIS, D. V.; RUIZ-ESPARZA, J.; RIBEIRO, A. S.; FERRARI, S. F.; SOUZA, R. M. Análise multitemporal do desmatamento nos municípios de Canindé do São Francisco e Poço Redondo, SE. **Geosul**, v.32, n.63, p.117-137, 2017.
- COELHO, V. H. R.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ALMEIDA, C. N.; LIMA, V. E. R.; RIBEIRO, A. N.; MOURA, G. S. S. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.1, p.64-72, 2014.
- COHN, A. S.; BHATTARAI, N.; CAMPOLO, J.; CROMPTON, O.; DRALLE, D.; DUNCAN, J.; THOMPSON, S. Forest loss in Brazil increases maximum temperatures within 50 km. **Environmental Research Letters**, v.14, n.8, 2019.
- CROUZEILLES, R.; SANTIAMI, E.; ROSA, M.; PUGLIESE, L.; BRANCALION P. H. S.; RODRIGUES, R. R.; METZGER, J. P.; CALMON, M.; SCARAMUZZA, C. A. DE M.; MATSUMOTO, M. H.; PADOVEZI, A.; BENINI, R. DE M.; CHAVES, R. B.; METZKER, T.; FERNANDES, R. B.; SCARANNO, F. R.; SCHMITT, J.; LUI, G.; PINTO, S. There is hope for achieving ambitious Atlantic Forest restoration commitments. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v.17, n.2, p.80-83, 2019.
- CUNHA, J. E. B. L.; RUFINO, I. A. A.; SILVA, B. B.; CHAVES, I. B. 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, n.5, p.539-548, 2012.
- FERNANDES, M. R. DE M.; MATRICARDI, E. A. T.; ALMEIDA, A. Q. DE; FERNANDES, M. M. Mudanças do uso e de cobertura da terra na região semiárida de Sergipe. **Floresta Ambient.**, v.22, n.4, p.472-482, 2015.
- FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. Oficina de Texto. São Paulo, 2002. 97p.
- FRANCISCO, P. R. M. **Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas**. 122f. Dissertação (Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.
- FRANCISCO, P. R. M. **Modelo de mapeamento da deterioração do Bioma Caatinga da bacia hidrográfica do Rio Taperoá, PB**. 97f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2013.
- FRANCISCO, P. R. M.; AYRES, G. D. J.; SILVA, V. F.; OLIVEIRA, F. P. DE; SANTOS, D.; PEDROZA, J. P. **Dinâmica temporal da cobertura e uso da terra da região do médio curso do rio Paraíba**. In: (Org). FRANCISCO, P. R. M.; SILVA, V. F.; SANTOS, D.; RIBEIRO, G. DO N. **Tecnologias aplicadas às pesquisas: GEO 21**. EPTEC, 2021.130p.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; LIMA, E. R. V. DE. Classificação de terras para mecanização agrícola e sua aplicação para o Estado da Paraíba. **Revista Educação Agrícola Superior**, v.28, n.1, p.30-35, 2013.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; LIMA, E. R. V. DE; BANDEIRA, M. M.; SILVA, B. B. DA. Mapeamento da caatinga com uso de geotecnologia e análise da umidade antecedente em bacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.3, p.676-693, 2012.
- FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M. DE; SANTOS, D.; MATOS, R. M. DE. Classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.8, n.4, p.1006-1016, 2015a.
- FRANCISCO; P. R. M.; MEDEIROS; R. M. DE; MATOS, R. M. DE; SANTOS; D. Variabilidade espaço-temporal das precipitações anuais do período úmido e seco no Estado da Paraíba. In: **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, 2, 2015, Fortaleza. Anais... Fortaleza, 2015b.
- FRANCISCO, P. R. M.; SILVA, V. F.; BORGES, I. M. S.; PESSOA, D. DE S. Space-temporal dynamics of coverage and use of agricultural settlement land in semi-arid region. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v.12, n.5, p.359-368, 2022.
- FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D.; OLIVEIRA, F. P. DE; RIBEIRO, G. DO N. SILVA, V. F.; SILVINO, G. DA S. Atualização do mapa de solos do Estado da Paraíba utilizando geotecnologias. **Scientific Journal of Environmental Sciences and Biotechnology**, v.9, n.2, p.20-28, 2023.
- GANEM, K. A.; BAPTISTA, G. M. DE M.; ROCHA, W. DE J. S. DA F.; VASCONCELLOS, R. N.; ROSA, M. R.; SOUZA, D. T. M. DE. Comparação entre dados com e sem correção atmosférica na classificação da cobertura da terra de uma área da caatinga utilizando o google Earth Engine. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.69, n.6, p.1053-1074, 2017.
- GANEM, K. A.; DUTRA, A. C.; OLIVEIRA, M. T. DE; FREITAS, R. M. DE; GRECCHI, R. C.; VIEIRA, R. M. DA S. P.; ARAI, E.; SILVA, F. B.; SAMPAIO, C. B. V.; DUARTE, V.; SHIMABUKURO, Y. E. Mapeamento da vegetação da caatinga a partir de dados ópticos de observação da terra – oportunidades e desafios. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.72, n. esp, p.829-854, 2020.
- GONÇALVES, J. L. G.; FRANCISCO, P. R. M.; GONÇALVES, D. K. O.; VIEIRA, E. N. DE L. Análise temporal do índice de vegetação no semiárido paraibano através do geoprocessamento. In: **Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação**, 9, 2014, São Luís. Anais...São Luís, 2014a.
- GONÇALVES, J. L. G.; FRANCISCO, P. R. M.; MORAES NETO, J. M. Identificação de áreas degradadas na região semiárida utilizando imagens multiespectral e NDVI. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, 42, 2013, Fortaleza. Anais...Fortaleza, 2013.
- GONÇALVES, J. L. G.; FRANCISCO, P. R. M.; MORAES NETO, J. M.; ARAGÃO, K. P. Análise temporal da vegetação de caatinga utilizando NDVI. In: **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, 1, 2014, Teresina. Anais...Teresina, 2014b.
- GONÇALVES, J. L. G.; FRANCISCO, P. R. M.; VIEIRA, E. N. DE L. Identificação de áreas degradadas através de técnicas de detecção de mudanças. In: **Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação**, 8, 2013, Salvador. Anais...Salvador, 2013b.
- GORELICK, N.; GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S.; THAU, D.; MOORE, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, v.202, p.18-27, 2016.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 10 de abril de 2022.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **TOPODATA. Banco de dados geomorfométricos do Brasil**. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>. Acesso em: novembro de 2022.
- JARQUE, C. M.; BERA, A. K. A test for normality of observations and regression residuals. **International Statistical Review**, v.55, p.163-172, 1987.
- KENDALL, M. A.; STUART, A. **The advanced theory of statistics**. 2nd ed. Londres: Charles Griffin, 1967.
- LEAL, I. R.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária UFPE, 2003.

- 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.
- LU, Z.; YU, X.; ZHANG, Z.; WANG, G. Automatic remote sensing image classification method based on spectral angle and spectral distance. In: **Geoscience and Remote Sensing Symposium**, 2013, Anais...2013.
- MANN, H. B. Non-parametric tests against trend. **Econometrica**, v.13, n.3, p.245-259, 1945.
- MAPBIOMAS. Projeto MapBiomias. **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: 10 de agosto de 2021.
- MAPBIOMAS. Projeto MapBiomias. Coleção 2 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. 2017. Disponível em: <http://mapbiomas.org>. Acesso em: 30 de abril de 2017.
- MAPBIOMAS. Projeto MapBiomias. **Relatório Anual do Desmatamento no Brasil. 2019**. 49p. Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/alerta.mapbiomas.org/relatorios/MBI-relatoriodesmatamento-2019-FINAL5.pdf>.
- MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; ALVALA, R.; CUNHA, A. P.; BRITO, S.; MORAES, O. L. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.90, n.2, p.1973-1985, 2018.
- MEDEIROS, B. M.; LISBOA, F. D. S.; DUARTE, I. G.; SILVINO, G. DA S. Análise temporal comparativa do comportamento da vegetação em área semiárida na região da bacia hidrográfica do rio Farinhas, Patos – PB. In: **Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido**, 1, 2016, Campina Grande. Anais...Campina Grande, 2016.
- MEDEIROS, S. A. DE; NÓBREGA, R. A. DA; MORAES NETO, J. M. DE; 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.1, p.336-349, 2020.
- NOVO, E. M. L. DE M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 3 ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2008. 308p.
- PARAÍBA. Governo do Estado. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. CEPA-PB. **Zonamento Agropecuário do Estado da Paraíba**. Relatório ZAP-B-D-2146/1. UFPB-Eletrô Consult Ltda., 1978. 448p.
- PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. **PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo & Atlas**. Brasília, DF, 2006. 112p.
- PATRÍCIO, M. DA C. M.; FRANCISCO, P. R. M.; DANTAS, R. T. Análise da degradação ambiental do município de Cabaceiras-PB. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, 42, 2013, Fortaleza. Anais...Fortaleza, 2013.
- QGIS. Development Team. 2022. QGIS Geographic Information System. **Open Source Geospatial Foundation Project**. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>.
- RStudio. Posit Software. Disponível em: <https://posit.co/download/rstudio-desktop/>.
- RIBEIRO, G. DO N.; FRANCISCO, P. R. M.; MORAES NETO, J. M. DE. Detecção de mudança de vegetação de caatinga através de geotecnologias. **Revista Verde**, v.9, n.5, p.84-94, 2014.
- RIBEIRO, G. DO N.; FRANCISCO, P. R. M.; MORAES NETO, J. M. DE. Uso do geoprocessamento na detecção de mudança de cobertura vegetal de região semiárida. In: **Reunião Nordestina de Ciência do Solo**, 1, 2013, Areia. Anais...Areia, 2013.
- RIDD, M. K.; LIU, J. A. Comparison of four algorithms for change detection in an urban environment. **Remote Sensing of Environment**, v.63, p.95-100, 1998.
- ROSA, M.; SHIMBO, J. Z.; AZEVEDO, T. **MapBiomias - Mapeando as transformações do território brasileiro nas últimas três décadas**. In: BARBOSA, L. M. (Org). **Restauração Ecológica: Desafio do processo frente à crise ambiental**. São Paulo: Instituto de Botânica. 2019. 278p.
- SANTOS, R. M. **Environmental Analysis and temporal and spatial patterns of land use changes in São Félix do Araguaia municipality (MT, Brazil)**. Tese (Doutorado em Recursos Naturais Natural em Ecologia). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2011.
- SHAPIRO, A. S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v.52, n.3/4, p.591-611, 1965.
- 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, 2021. 193p.
- SILVA, E. A.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; SÁ, I. B.; DUARTE, S. M. A. Dinâmica do uso e cobertura da terra do município de Floresta-PE. **Floresta**, v.43, n.4, p.611-620, 2013.
- SILVA, J. M. O. Utilização de Anos-Padrão no Estudo da Variabilidade Pluviométrica no Município do Crato/Ceará. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v.1, p.2060-2072, 2017.
- SILVA, R. M. P.; LIMA, J. R.; MENDONÇA, I. F. C. Alteração da cobertura vegetal na sub-bacia do rio Espinharas de 2000 a 2010. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.2, p.202-209, 2014.
- SILVA, V. A.; MOREAU, M. S.; MOREAU, A. M. S. S.; REGO, N. A. C. Uso da terra e perda de solo na bacia hidrográfica do rio Colônia, Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.3, p.310-315, 2011.
- SOUSA, R. F.; BARBOSA, M. P.; SOUSA, S. P. JR.; NERY, A. R.; LIMA, A. N. Estudo da evolução espaço-temporal da cobertura vegetal do município de Boa Vista-PB, utilizando geoprocessamento. **Revista Caatinga**, v.21, n.3, p.22-30, 2008a.
- 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.
- VAREJÃO-SILVA, M. A.; BRAGA, C. C.; AGUIAR M. J. N.; NIETZCHE, M. H.; SILVA, B. B. **Atlas Climatológico do Estado da Paraíba**. UFPB, Campina Grande. 1984.
- VIDAL, M. M.; BANKS-LEITE, C.; TAMBOSI, L. R.; HASUI, É.; DEVELEY, P. F.; SILVA, W. R.; METZGER, J. P. Predicting the non-linear collapse of plant-frugivore networks due to habitat loss. **Ecography**, v.42, n.10, p.1765-1776, 2019.