



UEPB

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA

CAMPUS - I

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

LUCAS NUNES DE ARAUJO

**INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO E DO USO DE TERRAS NA DINÂMICA DE
COBERTURA DA VEGETAÇÃO DO CARIRI PARAIBANO: UM PROJETO PELD
RIPA**

CAMPINA GRANDE, PB

2022

LUCAS NUNES DE ARAUJO

**INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO E DO USO DE TERRAS NA DINÂMICA DE
COBERTURA DA VEGETAÇÃO DO CARIRI PARAIBANO: UM PROJETO PELA
RIPA**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado a/ao Coordenação /Departamento do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de graduado em Ciências Biológicas.

Orientador(a): Profa. Dra. Dilma Maria de Brito Melo Trovão

Coorientador(a): Dra. Fernanda Kelly Gomes da Silva

**CAMPINA GRANDE, PB
2022**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

A663i Araujo, Lucas Nunes de.
Influência da precipitação e do uso de terras na dinâmica de cobertura da vegetação do cariri paraibano [manuscrito] : um projeto pela rípa / Lucas Nunes de Araujo. - 2022.
29 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2022.

"Orientação : Profa. Dra. Dilma Maria de Brito Melo Trovão, Coordenação de Curso de Biologia - CCBS."

"Coorientação: Profa. Dra. Fernanda Kelly Gomes da Silva, Coordenação de Curso de Biologia - CCBS."

1. Análise temporal. 2. Sensoriamento remoto. 3. Dinâmica de uso e cobertura. 4. Semiárido. 5. Caatinga. I. Título

21. ed. CDD 570.7

LUCAS NUNES DE ARAUJO

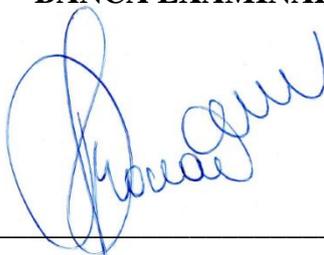
**INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO E DO USO DE TERRAS NA DINÂMICA
DE COBERTURA DA VEGETAÇÃO DO CARIRI PARAIBANO: UM PROJETO
PELD RIPA**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo)
apresentado a Coordenação do Curso de
Ciências biológicas da Universidade Estadual
da Paraíba, como requisito parcial à obtenção
do título de graduado em Ciências biológicas.

Área de concentração: Ecologia.

Aprovada em: 30 de novembro de 2022

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Dilma Maria de Brito Melo Trovão (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dra. Julia Caram Sfair
Universidade Estadual da Paraíba (PPGEC/UEPB)



Prof. Dra. Érica Caldas Silva de Oliveira
Projeto PELD RIPA (UEPB)

As minhas professoras e minha
namorada, Mariana, pela dedicação,
companheirismo e apoio, DEDICO.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Municípios de Aroeiras, Boqueirão e Congo localizados na bacia hidrográfica do Rio Paraíba.....	15
Figura 2 –	Exemplos de regiões de interesse selecionadas	17
Figura 3 –	Dinâmica da cobertura da vegetação e solo exposto associada à precipitação anual para o município do Congo.....	18
Figura 4 –	Percentual de uso do solo no município do Congo - PB nos anos de 1995, 2006 e 2017, dados do Censo Agropecuário- IBGE.....	20
Figura 5 –	Dinâmica da cobertura da vegetação e solo exposto associada à precipitação anual para o município de Boqueirão – PB.....	21
Figura 6 –	Percentual de uso do solo no município de Boqueirão- PB nos anos de 1995, 2006 e 2017, dados do Censo Agropecuário- IBGE.....	22
Figura 7 –	Dinâmica da cobertura da vegetação e solo exposto associada à precipitação anual para o município de Aroeiras- PB.....	23
Figura 8 –	Percentual de uso do solo no município de Aroeiras - PB nos anos de 1995, 2006 e 2017, dados do Censo Agropecuário- IBGE.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Informações das imagens coletadas nos municípios do Cariri Paraibano.....	16
Tabela 2 –	Média e desvio padrão os percentuais de cobertura das classes mapeadas de acordo com a precipitação, município do Congo-PB.....	19
Tabela 3 –	Percentuais de cobertura das classes mapeadas de acordo com a precipitação, município do Boqueirão-PB.....	21
Tabela 4 –	Percentuais de cobertura das classes mapeadas de acordo com a precipitação, município de Aroeiras-PB	23

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA.

FTSS FLORESTAS TROPICAIS SAZONALMENTE SECAS.

IBGE INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.

IDEME INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO MUNICIPAL E ESTADUAL.

NASA NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION.

PELD PROGRAMA DE PESQUISAS ECOLÓGICAS DE LONGA DURAÇÃO.

REM RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA.

RIPA RIO PARAÍBA INTEGRADO.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	MATERIAIS E MÉTODOS	12
2.1	Local de estudo	12
2.2	Coleta de dados	13
2.3	Processamento de imagens e Mapeamento	14
3	RESULTADOS	15
3.1	Uso e cobertura da terra do município do Congo	15
3.2	Uso e cobertura da terra do município de Boqueirão.....	18
3.3	Uso e cobertura da terra do município de Aroeiras.....	20
4	DISCUSSÃO	22
5	CONCLUSÕES	23
	REFERÊNCIAS	23

INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO E DO USO DE TERRAS NA DINÂMICA DE COBERTURA DA VEGETAÇÃO DO CARIRI PARAIBANO: UM PROJETO PELD RIPA

INFLUENCE OF RAINFALL AND LAND USE ON THE VEGETATION COVER DYNAMIC IN THE CARIRI PARAIBAN: A PELD RIPA PROJECT

Lucas Nunes de Araujo^{*}
Dilma Maria de Brito Melo Trovão^{**}
Fernanda Kelly Gomes da Silva^{***}

RESUMO

As Florestas tropicais sazonalmente secas tem apresentado uma perda considerável de cobertura em todo o globo. As atividades agropecuárias e as variações climáticas exercem influência determinante na dinâmica da cobertura florestal. No entanto, fatores como expansão urbana, questões sociais e culturais podem ser importantes para explicar as variações na dinâmica de cobertura da vegetação. A região do Cariri Paraibano é considerada de alta susceptibilidade à desertificação e atividades antrópicas como a agropecuária realizada de maneira indevida pode acelerar tal processo. Objetivou-se analisar a dinâmica de uso da terra e de cobertura vegetal nos municípios de Aroeiras, Boqueirão e Congo, entre 1995 e 2017, e investigar se a dinâmica da vegetação nativa apresenta alguma relação com a dinâmica de uso da terra e variações da precipitação anual. Foram utilizadas imagens de satélite Landsat 5 e 8 em conjunto com dados do Censo Agropecuário do IBGE nos anos de 1995, 2006 e 2017 e volumes anuais de precipitação entre 1994 e 2017. Observou-se que as áreas de vegetação fechada, para dois dos três municípios estudados aumentou em percentual de área total, acompanhado da diminuição do uso de terras, assim como a tendência de que em anos com a precipitação anual muito abaixo da média histórica, a vegetação fechada apresenta menor cobertura sobre o solo e crescem as áreas com solo exposto, para o município do Congo e Aroeiras. O contrário ocorre em anos com precipitação superiores à média histórica. Para o município de Boqueirão, as áreas de vegetação fechada diminuem em anos secos, podendo este fator estar associado ao êxodo rural. Concluímos que a análise da dinâmica de uso e de cobertura vegetal no semiárido representa uma tarefa complexa, envolvendo desde fatores regionais, como o clima, caracterizado por oscilações interanuais da precipitação, até fatores locais, como a intensidade de uso das terras e aspectos demográficos.

Palavras-chave: Análise temporal. Sensoriamento remoto. Dinâmica de uso e cobertura. Semiárido. Caatinga

ABSTRACT

*Graduando em Ciências Biológicas – Licenciatura pela Universidade Estadual da Paraíba – UEPB; lucas.nunes.araujo@aluno.uepb.edu.br.

**Professora Doutora em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande; dilmatrovao@servidor.uepb.edu.br.

*** Doutora em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Federal do Ceará; kelly.biologaeupb@hotmail.com.

Seasonally dry tropical forests have shown considerable loss of cover across the globe. Agricultural activities and climate variations have a decisive influence on the dynamics of forest cover. However, factors such as urban sprawl, social and cultural issues may be important to explain variations in vegetation cover dynamics. The region of Cariri Paraíba is considered highly susceptible to desertification and anthropic activities such as agriculture and livestock improperly carried out can accelerate this process. The objective was to analyze the dynamics of land use and vegetation cover in the municipalities of Aroeiras, Boqueirão and Congo, between 1995 and 2017, and to investigate whether the dynamics of native vegetation is related to the dynamics of land use and rainfall variations. Yearly Landsat 5 and 8 satellite images were used together with data from the IBGE Agricultural Census in the years 1995, 2006 and 2017 and annual volumes of precipitation between 1994 and 2017. It was observed that the areas of closed vegetation, for two of the three municipalities studied, increased in percentage of the total area, accompanied by the decrease in land use, as well as the trend that in years with annual precipitation well below the historical average, the Closed vegetation has less ground cover and areas with exposed soil grow, for the municipalities of Congo and Aroeiras. The opposite occurs in years with precipitation above the historical average. For the municipality of Boqueirão, the areas of closed vegetation decrease in dry years, and this factor may be associated with the rural exodus. We conclude that the analysis of the dynamics of use and vegetation cover in the semi-arid region is a complex task, involving regional factors such as climate, characterized by interannual fluctuations in precipitation, and local factors such as the intensity of land use and demographic aspects.

Keywords: Temporal analysis. Remote sensing. Dynamics of use and coverage. Semi-arid. Caatinga

1 INTRODUÇÃO

As Florestas tropicais sazonalmente secas (FTSS) são regiões com variadas fitofisionomias, incluindo florestas altas em locais mais úmidos e uma vegetação rica em plantas suculentas nos locais mais secos (PENNINGTON, 2009). Apresentam, de acordo com Bullock et al. (1995), vegetação predominantemente caducifólia durante a estação seca, e essa condição aumenta com o declínio das chuvas. As FTSS diferenciam-se das florestas tropicais úmidas, dentre outros fatores, por possuírem um dossel e área basal mais baixos (MURPHY & LUGO, 1986) além de serem submetidas ao clima semiárido, com precipitação abaixo de 1.800mm por ano, e longos períodos de estiagem, que varia de 3 a 6 meses, onde o volume de chuva pode chegar a 100 mm ao mês (PENNINGTON, 2009; BULLOCK et al., 1995; MURPHY & LUGO, 1986).

Em termos de cobertura global, as FTSS compreendem cerca de 42% da área de floresta tropical e subtropical do planeta, sendo consideradas o segundo tipo de floresta mais importante do mundo, englobando o noroeste do México ao norte a Argentina e sudoeste do Brasil, além de outras porções da África, Eurásia, Austrália e Sudeste Asiático (LINNARES-PALLOMINO et al., 2011; HASNAT e HOSSAIN, 2020). Estudos têm demonstrado que as FTSS, na década passada, apresentaram uma perda de cobertura vegetal nativa numa velocidade mais alarmante que as florestas tropicais úmidas na América latina (AIDE et al., 2010). Entre 2001 e 2010, houve perda de cobertura de floresta seca de 3,8 por cento da área em quilômetros quadrados, enquanto as florestas úmidas perderam 1,9 por cento (AIDE et al., 2010). As mudanças de cobertura da terra apresentam múltiplas causas, como variações climáticas, avanço da agricultura e pecuária, exploração de produtos madeireiros, expansão urbana, estrutura fundiária, fatores culturais, dentre outros.

As atividades agropecuárias e as variações climáticas exercem influência determinante na dinâmica da cobertura florestal e representam os fatores mais estudados (AQUINO et al., 2018; AQUINO et al., 2021; GRAU et al., 2005, 2008; SCHULZ, et al., 2010; DUBREUIL, 2011). No município de Tauá, Estado do Ceará, observou-se que nos anos com precipitação pluviométrica acima da média histórica houve significativo acréscimo de áreas degradadas, decorrentes do avanço de terras incorporadas à agricultura de subsistência. Por outro lado, em períodos de estiagem, constatou-se comportamento inverso, caracterizado pela regeneração natural do estrato arbustivo-arbóreo em decorrência do abandono das áreas agrícolas (AQUINO et al., 2018).

Analisando a dinâmica de cobertura e uso do solo no município de Quixadá, no Ceará, Aquino e colaboradores (2021) constataram que nos anos de seca severa, houve diminuição de Caatinga conservada e crescimento de áreas antropizadas, com modificação do estrato herbáceo e arbustivo. Para esses autores, a precipitação não exerce tanta influência sobre a dinâmica vegetacional, e está mais estritamente correlacionada com as áreas antropizadas do que com a regeneração natural da cobertura florestal uma vez que as plantas nativas da Caatinga possuem adaptações para lidar com o estresse hídrico (MAYFIELD, 2010). A regeneração das florestas foi associada às práticas de pousio e êxodo rural cada vez mais frequente na região nordeste, e não necessariamente a precipitação acima da média, o que configurou resultados divergentes aos encontrados por Aquino et al. (2018).

A agricultura e pecuária atuam em sinergia com as variações climáticas e influenciam a dinâmica da cobertura vegetal, podendo inclusive levar ao processo de desertificação (PRIMAVESI, 2016), porém é imaturo pensar que não seja necessário usar estes dois meios de produção. Nas florestas secas do Chile, por exemplo, a expansão urbana e agrícola, criação de gado, extração de madeira para lenha e introdução de espécies exóticas persistem em toda a região e tem ocasionado a degradação dos solos (SCHULZ, et al., 2010). Em dois estudos realizados no Chaco semiárido no nordeste da Argentina, Grau e colaboradores (2005,

2008) estimaram uma perda de 588.900 hectares (20%) de floresta seca, da década de 1970 aos anos 2000, e afirmam que o desflorestamento vem aumentando em 28.000 hectares ao ano desde 1997, associadas principalmente ao aumento da população humana e a expansão agrícola para o plantio de soja visada para exportação.

Nas florestas secas brasileiras, as pesquisas existentes realizadas na sub-bacia do alto rio Paraíba, nos municípios de São Sebastião do Umbuzeiro, São João do Tigre e Camalaú, demonstraram através de mapeamento, dados coletados do IBGE e entrevistas semiestruturadas uma relação notória entre áreas desertificadas ou em processo de desertificação com a criação pecuarista (bovino e caprino) e a extração de madeira para fabricação de lenha (TRAVASSOS, et al., 2014; SOUZA, 2008; LEAL, 2005). Essa exploração de recursos é feita, na maioria dos casos, sem critérios técnicos para atender a demanda de subsistência da população local e de mercados de consumidores externos, acarretando na redução do crescimento, reprodução, diversidade vegetal e modificação na estrutura da comunidade clímax em muitas áreas desse tipo de vegetação no Brasil. Além disso, as perturbações crônicas ligadas a estes tipos de explorações também têm proporcionado redução na biodiversidade e comprometido a cobertura do solo (TABARELLI et al., 2018).

É importante ressaltar que a dinâmica de cobertura vegetal e de uso nas FTSS, bem como suas causas, ainda carecem de um melhor entendimento, pois há múltiplas causas envolvidas. Estudos multitemporais sobre mudanças de uso e cobertura dos solos ainda são incipientes (LAMBIN et al., 2003; Oliveira et al., 2022). Uma melhor compreensão sobre esse tema é importante para buscar melhores estratégias de conservação e alternativas menos deletérias ao meio ambiente, sem que isso signifique atraso no desenvolvimento econômico dos povos que habitam essas regiões. Portanto, a importância de pesquisas nessa área vai além dos aspectos ambientais, perpassando a esfera social, já que as mudanças no uso/cobertura do solo também determinam, em parte, a vulnerabilidade de lugares e pessoas a perturbações climáticas, econômicas e sociopolíticas (KASPERSON et al., 1995; LAMBIN et al., 2003; BANAN, 2008; BACCINI et al., 2017).

O sensoriamento remoto representa uma ferramenta essencial no monitoramento da dinâmica de uso e de cobertura florestal em todo o globo (GRINAND et al., 2013; GIRI, 2011; MARGONO, 2012). O uso de imagens de satélites baseia-se no fato de que cada elemento da paisagem (água, vegetação, solo, etc) interage de um determinado modo com a radiação eletromagnética (REM) que é, posteriormente, captada pelos sensores remotos (PONZONI, 2002). Essas diferenças decorrem das propriedades físico-químicas e biológicas dos diferentes elementos da paisagem (MOREIRA, 2011).

No caso da vegetação, as folhas constituem o principal elemento que interage com a REM. Ao longo do espectro eletromagnético, observa-se que há uma maior absorção da radiação pelas folhas nas regiões do azul e vermelho, devido aos pigmentos fotossintetizantes, e uma maior reflectância nas regiões do verde e principalmente no infravermelho próximo, devido à estrutura do mesófilo foliar (MOREIRA, 2011; PONZONI, 2002). Além da interação foliar com a REM, características como densidade e distribuição de indivíduos, biomassa e fenologia interferem na resposta espectral da vegetação, permitindo diferenciar fisionomias vegetacionais (FERREIRA et al., 2008). Quanto maior a densidade de indivíduos, e conseqüentemente, de folhas, maior a absorção e reflectância da REM, a depender da região do espectro eletromagnético (PONZONI & REZENDE, 2004; PONZONI, 2002; WILLSTATER & STOLL, 1918; GATES et al., 1965).

O domínio das Caatingas (ANDRADE-LIMA, 1981) representa um dos grandes núcleos de FTSS da América do Sul (MORO et al., 2016) e caracteriza-se pelo clima semiárido, predominante na região Nordeste do Brasil (NIMER, 1989). Nesse domínio, predomina precipitação anual média geralmente menor que 1000 mm (MORO et al., 2016), altas taxas de evapotranspiração e temperaturas médias anuais elevadas, predominantemente entre 24°C e

26°C (ALVARES et al., 2014). Na região Nordeste do Brasil, as chuvas apresentam alta variabilidade intra e interanual, o que impõe à vegetação uma dinâmica fortemente relacionada à disponibilidade de água (BARBOSA et al., 2006; MARENGO, 2011).

A Caatinga apresenta um histórico de uso crônico ao longo dos séculos. As alterações na vegetação tiveram início com o processo de colonização do Brasil, como consequência da pecuária bovina, associada a práticas agrícolas rudimentares (ANDRADE, et al., 2005). Ao longo do tempo, essas atividades agropecuárias e extrativistas diversificaram-se e temos, atualmente, outras atividades significativas para o uso das terras, como o extrativismo vegetal (TRAVASSOS, 2014) e a caprinocultura que está diretamente associada aos processos de desertificação e aos efeitos do nanismo em diversas espécies de plantas (LEAL, 2005; SILVA et al., 2017; TABARELLI et al., 2018). Um mapeamento realizado pelo Map Biomas (2020) revelou que 63% do bioma ainda é coberto por vegetação nativa, enquanto 35,2% do território refere-se a atividades agropecuárias. Dentro desse percentual de vegetação nativa, houve um aumento de 23% nos últimos 35 anos de áreas antropizadas e a perda de 10% de cobertura de caatinga. (MAP BIOMAS, 2020)

O Cariri paraibano possui um dos menores índices de precipitação do país, com totais anuais acumulados entre 300 e 800 mm, aproximadamente (MEDEIROS et al. 2016; SENA et al., 2019), e concentrados nos meses de fevereiro a abril ou março a maio, a depender do município (NIMER, 1989). O Cariri paraibano possui grande susceptibilidade à desertificação, devido às condições climáticas severas, uso dos solos, exploração dos recursos naturais baseado principalmente em sistemas agropastoris, modelo de povoamento e causas socioculturais (TRAVASSOS, 2012; ARAÚJO E BARBOSA, 2019; SOUZA et al., 2011; VENDRUSCOLO et al., 2020). O processo de desertificação relaciona-se com a degradação da terra, redução ou perda de produtividade biológica ou econômica (SILVA, 2013). Para o Estado da Paraíba, cerca de 48% do território apresenta nível alto de degradação das terras, constituindo-se em áreas suscetíveis à desertificação (ALVES, et al., 2009). É no Cariri Ocidental onde estão situados os maiores níveis de degradação de terras (ALVARES et al., 2014; SILVA, 2013; VENDRUSCOLO et al., 2020)

Considerando que a região do Cariri paraibano compreende áreas suscetíveis à desertificação (TRAVASSOS, 2012; ARAÚJO & BARBOSA, 2019; SOUZA et al., 2011, VENDRUSCOLO et al., 2020) e que a dinâmica de cobertura e uso em FTSS carece de um melhor entendimento (LAMBIN et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2022), pretende-se neste estudo, a partir de dados do censo agropecuário e de imagens de satélite, analisar a dinâmica de uso da terra e de cobertura vegetal em três municípios do Cariri paraibano, entre 1995 e 2017, e investigar se a dinâmica da vegetação nativa apresenta alguma relação com a dinâmica de uso da terra e variações da precipitação anual.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

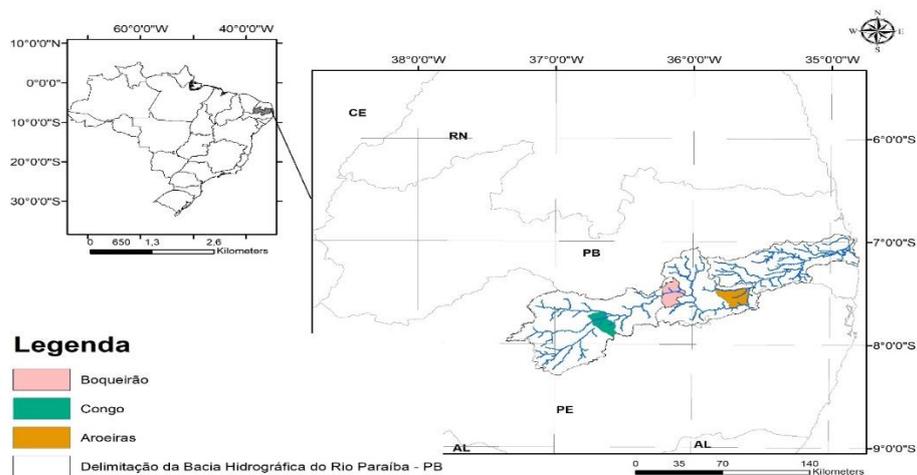
2.1 Local de estudo

O local do estudo compreende os municípios de Aroeiras e Boqueirão, localizados na Microrregião do Cariri Oriental e o município do Congo, localizado no Cariri Ocidental, Estado da Paraíba, Brasil (Figura 1). A escolha se deu a partir da noção estabelecida que essa região se configura como a área de vegetação nativa de Caatinga mais degradada da Paraíba nos últimos anos (ALVES, 2009; VENDRUSCOLO et al., 2020) e pelo fato do Cariri paraibano configurar uma região suscetível à desertificação (TRAVASSOS, 2012; ARAÚJO e BARBOSA, 2019; SOUZA et al., 2011). Os municípios aqui analisados localizam-se no Alto e Médio curso do Rio Paraíba (Figura 1) (XAVIER, 2012; ESTEVAN & ALMEIDA, 2013) e estão contemplados no Programa de Pesquisas Projeto Ecológicas de Longa Duração (PELD) Rio Paraíba Integrado

(RIPA), que propõe estudos relacionados à Bacia do Rio Paraíba, visando o recebimento das águas do Rio São Francisco, mudanças climáticas e a integração de pesquisas com foco na sustentabilidade socioambiental e econômica.

Os municípios de Aroeiras, Boqueirão e Congo caracterizam-se pelo clima semiárido de baixa latitude e altitude (BSh) (ALVARES et al., 2014), com precipitação média anual de 526, 426 e 411 mm, respectivamente (série histórica entre 1994 e 2017), concentrada de fevereiro a abril (AESA, 2022) e temperaturas médias anuais em torno de 26°C (ALVARES et al., 2014). Estes municípios estão inseridos na região semiárida e no Domínio das Caatingas (ANDRADE-LIMA, 1981) onde há, segundo Alves (2007) adaptação à semi-aridez do clima, que se faz essencialmente pela perda das folhas, permitindo às plantas economizar água durante a estação desfavorável, espinescência, porte raquítico de espécies lenhosas e acúmulo de água nos tecidos como ocorre nas Cactáceas e Bromeliáceas. A vegetação do Cariri caracteriza-se pela fisionomia, arbórea fechada e arbustiva com predominância de espécies leguminosas e de uma vegetação herbácea sazonal pouco conhecida mais citada como amplamente diversa por quem a estuda (ALVES, 2007; ALVES, 2009; BARBOSA, 2007; ARAÚJO et al., 2011; MORO et al., 2014).

Figura 01. Municípios de Aroeiras, Boqueirão e Congo localizados na bacia hidrográfica do Rio Paraíba. Fonte: AESA, IBGE.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

2.2 Coleta de dados

O estudo foi realizado através da análise de imagens de satélite Landsat 5 e 8 (Land Remote Sensing Satellite), obtidas do sensor OLI, com resolução espacial e temporal de 30 m e 16 dias, respectivamente. Realizamos buscas no site <https://earthexplorer.usgs.gov/> da NASA (National Aeronautics and Space Administration) e selecionamos 18 imagens no nível de refletância de superfície e com baixa cobertura de nuvens referentes aos municípios de Aroeiras, Boqueirão e Congo, entre 1995 e 2017 (Tabela 1). Como a precipitação pode interferir no uso da terra e na regeneração da vegetação, procuramos imagens nos anos com precipitação anual em torno da média histórica (1994-2017) e naqueles com precipitação muito acima/abaixo da média histórica. Também selecionamos imagens nos anos do Censo Agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (1995/96, 2006 e 2017). As imagens

foram obtidas preferencialmente no período seco, pois, no período chuvoso há muitas nuvens, o que impossibilita a visualização dos elementos da paisagem.

Tabela 1. Informações das imagens coletadas dos municípios do Cariri Paraibano.

Municípios	Data das imagens coletadas			Órbita ponto	Produto - Landsat
Aroeiras	14/06/1997	04/06/1999	10/02/2004	214/65	Landsat 5 e 8
	26/08/2006	04/01/2014	14/12/2017		
Boqueirão	29/04/1995	14/10/1998	17/12/2004	214/65	Landsat 5 e 8
	07/04/2007	04/08/2013	19/11/2017		
Congo	29/04/1995	14/10/1998	02/11/2005	215/65	Landsat 5 e 8
	19/04/2009	14/04/2013	19/11/2017		

Adicionalmente ao uso de imagens de satélites, realizamos consultas no site do IBGE, especificamente na base de dados do Censo Agropecuário e Coletamos dados dos três municípios nos Censos de 1995-1996, 2006 e 2017, com o objetivo de verificar principalmente a dinâmica das áreas de agricultura e pecuária.

2.3 Processamento de imagens e Mapeamento

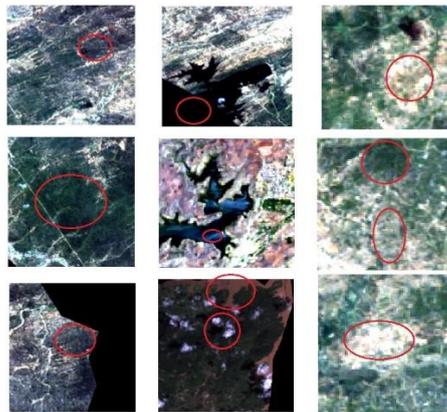
Após a aquisição das cenas, realizamos a reprojeção para o hemisfério Sul, Datum WGS 1984 UTM Zona 24/25S, pois, as mesmas são disponibilizadas com projeção para o hemisfério Norte. Em seguida, para cada município e ano, realizamos a combinação das bandas da região do visível (azul, verde e vermelho) em uma única imagem colorida, denominada de cor verdadeira, tendo em vista que as imagens de satélite são separadas em diversas bandas, de acordo com o comprimento de onda de cada sensor. A partir da ferramenta *extract by mask*, delimitamos as composições coloridas de acordo com o *shapefile* de cada município.

A classificação das composições coloridas foi obtida a partir do método de Classificação Supervisionada Máxima Verossimilhança, baseado em regiões de interesse pré-estabelecidas: Vegetação fechada ou conservada, Vegetação esparsa ou antropizada, Solo exposto, Corpos hídricos e nuvens e sombras (quando existentes), de acordo com os critérios de cor, forma e textura (Figura 2). Em relação ao uso das terras, é importante ressaltar que as áreas de pastagem ocorrem principalmente nessas áreas de vegetação esparsa. Em relação às áreas de agricultura, sabe-se que estas são, em sua maioria, de subsistência e pequenas e ocorrem predominantemente no período chuvoso e neste, inexitem imagens com baixa cobertura de nuvens. Devido à dificuldade de delimitar as áreas de agricultura temporária e de pastagem, até mesmo pela resolução espacial das imagens, escolhemos mapear apenas a vegetação em duas classes (aberta e fechada) e utilizar os dados do Censo Agropecuário para avaliar as atividades agropecuárias. Em relação às áreas de agricultura permanente, geralmente presentes nas margens dos rios ou açudes, buscamos realizar a vetorização manual dessas áreas, com o

objetivo de não as incluir junto da vegetação fechada. Essas áreas foram identificadas pela geometria bem definida (quadráticas ou retangulares) e cor.

De posse dos polígonos selecionados (regiões de interesse) durante o processo de classificação obtivemos matrizes de erros, que correspondem a um arranjo de números dispostos em linhas e colunas que expressam o número de amostras associadas a uma determinada classe em relação ao número de amostras associadas a uma classe em um documento de referência (Congalton e Green, 2008). Com base nessa matriz, foi calculado o coeficiente de concordância Kappa (k) para avaliar o desempenho do método de classificação. Consideramos os intervalos sugeridos por Congalton e Green (2008), onde k menor que 0,4 é considerado ruim, k entre 0,4 e 0,8 é razoável e k maior que 0,8 é excelente. Todas as classificações foram satisfatórias, com K entre 0,8 e 0,9. Todos esses processamentos foram realizados no ArcMap 10.6 (licença trial de 21 dias).

Figura 02. Exemplos de regiões de interesse selecionadas. Os recortes da primeira coluna representam fragmentos de vegetação fechada. Os recortes da segunda coluna representam corpos hídricos, nuvens e sombras. Os recortes da última coluna apresentam fragmentos da vegetação fechada, vegetação antropizada e solo exposto.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

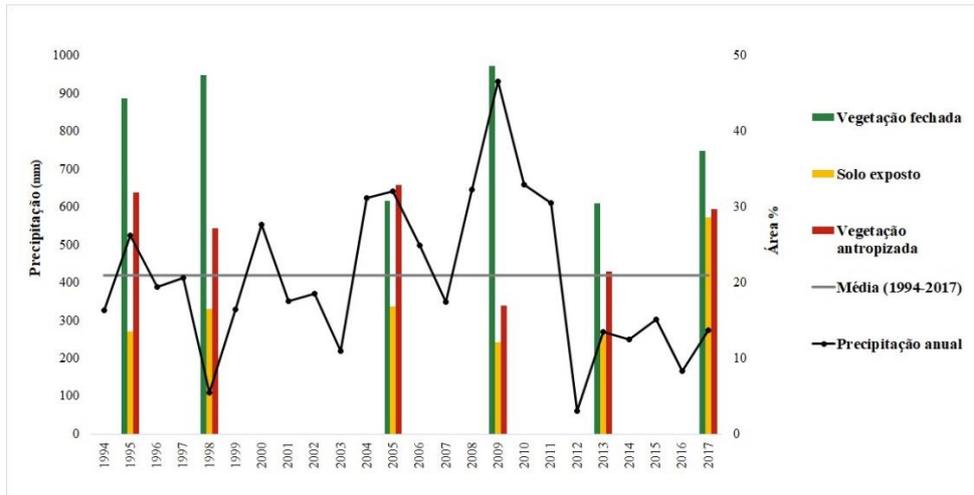
A partir do mapeamento, calculamos o percentual de cobertura de cada classe em relação à área total de cada município. Para visualizar melhor os resultados, disponibilizamos os dados de percentual de uso (Censo Agropecuário), cobertura da vegetação, solo e de precipitação em gráficos.

3 RESULTADOS

3.1 Uso e cobertura da terra do município do Congo

A variação na cobertura vegetal e da exposição de solo associada a precipitação no município do Congo-PB estão apresentados na Figura 3. A análise foi realizada considerando um período de aproximadamente duas décadas (1994 a 2017).

Figura 03. Dinâmica da cobertura da vegetação e solo exposto associada à precipitação anual para o município do Congo - PB. As colunas representam os percentuais de cobertura da vegetação fechada, antropizada e solo exposto. A linha de cor cinza representa a média histórica da precipitação anual entre 1994 e 2017. A linha de cor preta indica os valores de precipitação total anual entre 1994 e 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Observamos que a vegetação fechada apresentou os percentuais de cobertura mais elevados, acima de 40%, nos anos de 1995, 1998 e 2009 e os menores valores, entre 30 e 40%, nos anos de 2005, 2013 e 2017 (Figura 3). Para a vegetação antropizada ou esparsa, observamos percentuais entre 25% e 30% nos anos de 1995, 1998, 2005 e 2017. Os menores percentuais de cobertura para essa classe foram observados em 2009 e 2013, entre 15 e 20%. Em relação à exposição do solo, o maior percentual observado foi de 28% para o ano de 2017 (Figura 3). Nos anos anteriores, a exposição do solo exposto variou entre 12 e 16% (Figura 3).

Quando analisamos os percentuais de cobertura em conjunto com os valores de precipitação, considerando os anos mais chuvosos e os anos mais secos (Figura 3, Tabela 2), observamos que os anos com precipitação anual muito abaixo da média histórica tendem a apresentar uma menor cobertura da vegetação fechada e uma maior exposição do solo. Por outro lado, nos anos mais chuvosos, observamos uma maior cobertura da vegetação fechada e uma menor exposição do solo exposto. Um outro fator observado a partir da análise da Figura 3 é que os percentuais de cobertura vegetal não respondem apenas a precipitação do ano correspondente, mas sofrem influência da precipitação dos anos anteriores. Assim é possível verificar que no ano de 2009, quando é percebido os maiores índices de vegetação fechada, havia um período de seis anos de disponibilidade hídrica, pois apenas em 2007 a precipitação havia sido abaixo da média. Em 2017, quando verificamos o maior índice de exposição do solo (aproximadamente 30% da área) o município vinha enfrentando sucessivos anos (seis) de precipitações abaixo da média. Para a vegetação antropizada, observamos que os anos mais chuvosos tendem a apresentar percentuais mais elevados (Tabela 2).

Tabela 2. Média e desvio padrão os percentuais de cobertura das classes mapeadas de acordo com a precipitação, município do Congo-PB.

Classes	Anos muito secos (1998,2013 e 2017)	Anos muito chuvosos (1995, 2005 e 2009)
Vegetação fechada	38,44 ± 5,97	41,26 ± 6,99

Solo exposto	19,39 ± 6,17	14,14 ± 1,82
Vegetação antropizada	26,13 ± 3,14	27,25 ± 6,90

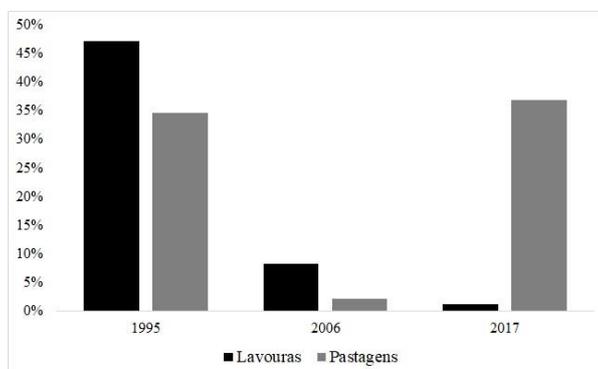
Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Na Figura 4 são apresentados os percentuais de uso do solo, com os diferentes meios de cultivo com objetivos agropastoris, obtidos a partir dos censos agropecuários realizados no período de interesse do estudo. A nossa compreensão é de que nesta figura, onde são representados os dados do IBGE (1995, 2006 e 2017), as áreas de pastagens naturais e artificiais estão incluídas nas Caatingas ralas e áreas de pastejo para rebanhos.

Observamos que as lavouras compreendem cerca de 47% do território do município do Congo em 1995, decrescendo consideravelmente nos anos de 2006 e 2017, com percentuais de 8% e 1%, respectivamente. As áreas de pastagens apresentaram uma dinâmica diferente das lavouras, com valores elevados em 1995, em torno de 34%, decrescendo bastante em 2006 e retornando a percentuais elevados em 2017. Considerando as atividades de lavouras e pastagens em conjunto, observamos que estas correspondem a 81% do território do município em 1995, o que nos sugere que estas atividades eram desenvolvidas não somente nas Caatingas ralas ou sem vegetação, mas também na vegetação densa.

Em 2006, a agropecuária correspondia a 10% do território, demonstrando uma diminuição muito significativa dessas atividades no município, entre 1995 e 2006. Em 2017, observa-se que as lavouras e pastagens compreenderam cerca de 38% de cobertura. Esse aumento das atividades agropastoris entre 2006 e 2017 é acompanhado do aumento da vegetação antropizada e do solo exposto, entre 2009 e 2017, sugerindo que a dinâmica de uso nesse período está relacionada com a dinâmica das áreas de solo exposto e vegetação antropizada. O aumento da área de Pastagens (Figura 4) revela um aumento de área sem cobertura vegetal densa, o que denota maior atividade de pastejo ou de não presença de lâminas foliares que proporcionem maior cobertura de solo. É possível analisar, com base nos dados obtidos, que a relação entre a dinâmica do uso de terras e das áreas de vegetação fechada não é muito clara, ou não apresenta uma relação direta significativa. Como já foi abordado anteriormente, observou-se uma relação direta entre a precipitação e a vegetação fechada.

Figura 04. Percentual de uso do solo no município do Congo - PB nos anos de 1995, 2006 e 2017, dados do Censo Agropecuário-IBGE.

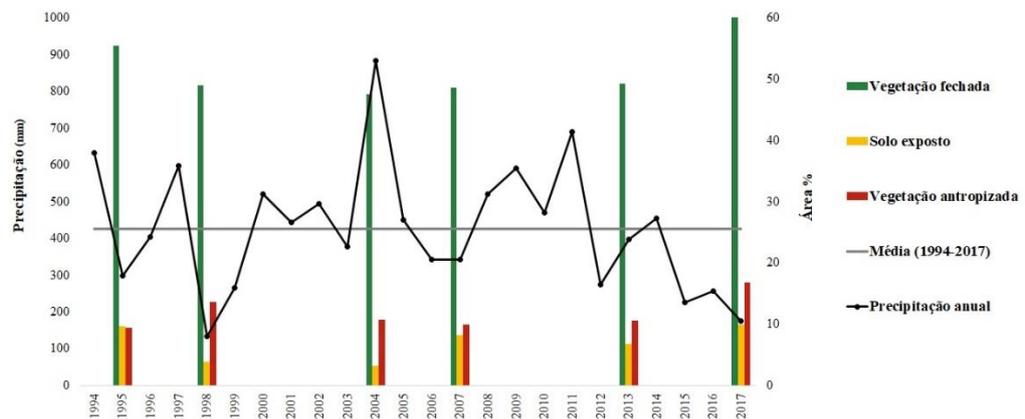


Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

3.2 Uso e cobertura da terra do município de Boqueirão

A variação na cobertura vegetal e da exposição de solo associada a precipitação no município do Boqueirão-PB estão apresentados na Figura 5, entre os anos de 1995 e 2017. Observamos que a vegetação fechada apresentou os percentuais de cobertura mais elevados nos anos de 1995 e 2017, entre 55% e 60%. Nos demais anos, o percentual de cobertura da vegetação fechada oscilou entre 47% e 49% (Figura 5). Para a classe de solo exposto, observamos em 1995 um percentual de 9%, decrescendo em 1998 e 2004 (3%) e com tendência de aumento nos anos seguintes, chegando a 10% em 2017. A vegetação antropizada ou esparsa apresentou percentuais de 9, 13 e 10% nos anos de 1995, 1998 e 2004, respectivamente. Nos anos seguintes, houve um aumento dessas áreas, chegando ao percentual de 17% em 2017 (Figura 5).

Figura 05. Dinâmica da cobertura da vegetação e solo exposto associada à precipitação anual para o município de Boqueirão - PB. As colunas representam os percentuais de cobertura da vegetação fechada, antropizada e solo exposto. A linha de cor cinza representa a média histórica da precipitação anual entre 1994 e 2017. A linha de cor preta indica os valores de precipitação total anual entre 1994 e 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Tabela 3. Percentuais de cobertura das classes mapeadas de acordo com a precipitação, município do Boqueirão-PB. Os anos muito secos compreendem a média e desvio-padrão.

Classes	Anos muito secos (1995, 1998, 2007 e 2017)	Ano muito chuvoso (2004)	Ano com precipitação próxima a média (2013)
Vegetação fechada	53,29 ± 4,47	47,59	49,31
Solo exposto	7,90 ± 2,04	3,2	6,8

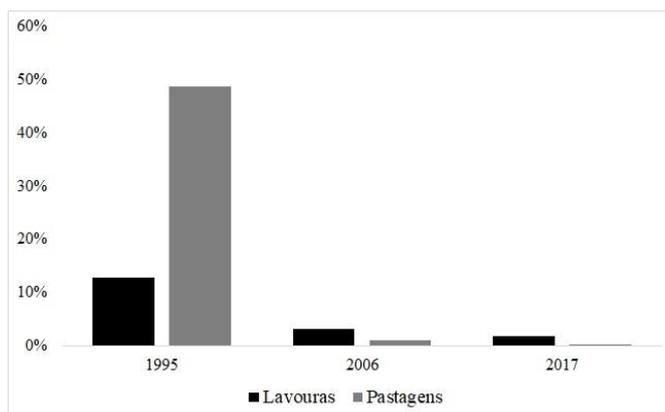
Vegetação antropizada	12,43 ± 2,77	10,65	10,59
-----------------------	--------------	-------	-------

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Quando analisamos os percentuais de cobertura em conjunto com a variação de precipitação anual (Figura 5, Tabela 3), observamos que os anos com precipitação anual próxima a média, e principalmente, os anos mais secos tendem a apresentar percentuais maiores de vegetação fechada e de solo exposto. Em relação à cobertura da vegetação antropizada ou esparsa, observa-se que os percentuais entre os anos se sobrepõem, considerando a amplitude dos percentuais nos anos mais secos, entre 9,6 e 15,2 %.

Na Figura 6 abaixo são apresentados os percentuais de uso do solo, com os diferentes meios de cultivo com objetivos agropastoris, obtidos a partir dos censos agropecuários realizados no período de interesse do estudo.

Figura 06. Percentual de uso do solo no município de Boqueirão- PB nos anos de 1995, 2006 e 2017, dados do Censo Agropecuário- IBGE.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

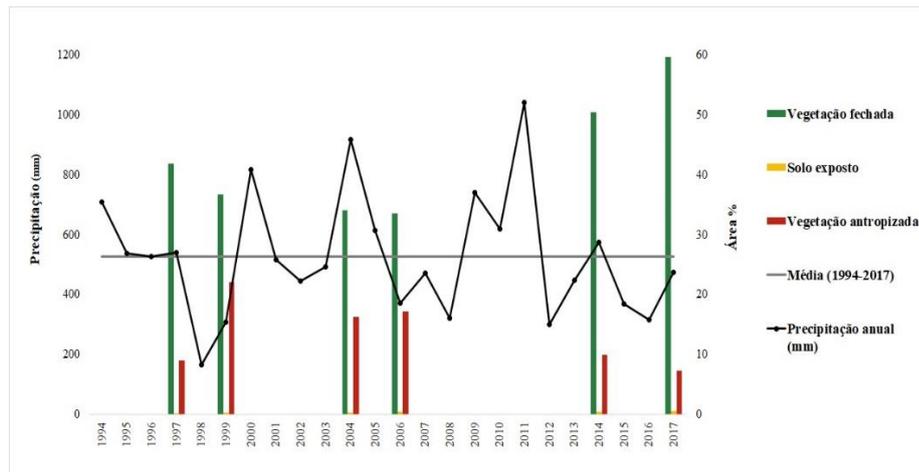
Observa-se que as atividades de agropecuária apresentaram percentuais maiores no ano de 1995, decrescendo consideravelmente em 2006 e 2017 (Figura 06). As lavouras compreendem cerca de 12% do território do município de Boqueirão em 1995, decrescendo nos anos seguintes, com percentuais de 3% e 1,7%. As pastagens apresentaram uma dinâmica semelhante, porém, com um decréscimo mais acentuado, com 48% de cobertura em 1995 e cerca de 1% nos anos seguintes.

Ao analisar em conjunto os dados do mapeamento com os dados de uso, é possível detectar que o aumento da vegetação fechada nos últimos anos é precedido de uma redução muito acentuada das atividades agropecuárias, sugerindo que o incremento de cobertura vegetal se deve ao abandono das terras e, conseqüente, regeneração da vegetação. Quando analisamos a evolução dos percentuais de vegetação antropizada, observa-se uma tendência de aumento nos últimos anos, mesmo após a diminuição das atividades de uso. No entanto, é importante observar que entre 2012 e 2017, há um período longo de baixa precipitação anual, o que nos sugere um efeito do clima nas taxas de natalidade e mortalidade das populações de plantas lenhosas.

3.3 Uso e cobertura da terra do município de Aroeiras

A variação na cobertura vegetal e da exposição de solo associada a precipitação no município de Aroeiras-PB estão apresentados na Figura 7, entre os anos de 1997 e 2017. Em relação à exposição do solo, observou-se baixíssimos percentuais dessa classe, abaixo de 1% em todos os anos analisados. Entre 1997 e 2006, os percentuais de vegetação fechada apresentaram uma queda, variando de 41,8% a 33,5%. Nos anos posteriores, 2014 e 2017, observou-se uma tendência de aumento, com percentuais de 50% e 60%, respectivamente. Para a vegetação antropizada ou esparsa, observamos uma tendência inversa da vegetação fechada, com um aumento nos anos iniciais, 1997 e 1999, e uma diminuição nos anos de 2014 e 2017, chegando ao percentual de 7% (Figura 7).

Figura 07. Dinâmica da cobertura da vegetação e solo exposto associada à precipitação anual para o município de Aroeiras- PB. As colunas representam os percentuais de cobertura da vegetação fechada, antropizada e solo exposto. A linha de cor cinza representa a média histórica da precipitação anual entre 1994 e 2017. A linha de cor preta indica os valores de precipitação total anual entre 1994 e 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

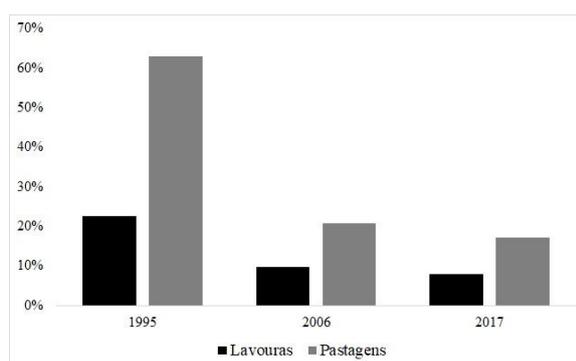
Quando analisamos os percentuais de cobertura em conjunto com a variação da precipitação anual (Figura 7, Tabela 4), encontramos percentuais sobrepostos de vegetação fechada, solo exposto e vegetação antropizada/esparsa nas diferentes condições de precipitação, sugerindo não haver diferenças entre os anos. No entanto, observamos fato semelhante ao observado no município do Congo: séries de anos chuvosos podem resultar no incremento do percentual de cobertura da vegetação fechada dos anos subsequentes. O ano de 1997 (Figura 7), por exemplo, foi antecedido por um período de chuvas acima ou próximo à média histórica e, nesse mesmo ano, a vegetação fechada apresentou um percentual de 42%, aproximadamente. Em 1998 e 1999, observa-se que a precipitação anual caiu consideravelmente, acompanhando uma queda para 36% de vegetação fechada em 1999.

Tabela 4. Percentuais de cobertura das classes mapeadas de acordo com a precipitação, município de Aroeiras-PB. Os anos mais secos e chuvosos são representados pela média e desvio-padrão.

Classes	Anos mais secos (1999, 2006 e 2017)	Anos mais chuvosos (2004 e 2014)	Ano com precipitação próxima a média (1997)
Vegetação fechada	43,3 ± 10,92	42,23 ± 8,2	41,87
Solo exposto	0,4 ± 0,09	0,36 ± 0,08	0,1
Vegetação antropizada	15,5 ± 5,44	13,10 ± 3,19	8,94

Na Figura 8 são apresentados os percentuais de uso do solo, com os diferentes meios de cultivo com objetivos agropastoris para o município de Aroeiras. Assim como foi observado em Boqueirão, as atividades de agropecuária apresentaram percentuais maiores no ano de 1995, decrescendo em 2006 e 2017 (Figura 8). As lavouras compreendem cerca de 22% do território do município em 1995, decrescendo nos anos seguintes, com percentuais de 9% e 7%, aproximadamente. As pastagens apresentaram uma dinâmica semelhante, porém, com um decréscimo mais acentuado, com 63% de cobertura em 1995, 20% em 2006 e 17% em 2017.

Figura 08. Percentual de uso do solo no município de Aroeiras - PB nos anos de 1995, 2006 e 2017, dados do Censo Agropecuário- IBGE.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Ao analisar, em conjunto, os dados do mapeamento com os dados de uso das terras (Figuras 7 e 8), é possível observar que a diminuição das atividades de uso agropecuário observado em 2006 e 2017 acompanha um período de aumento da cobertura vegetal densa, o que denota o abandono das terras e em seguida, a regeneração da vegetação ao longo dos anos. É importante ressaltar que o ano de 2017 perfaz uma série de anos muito secos, e mesmo assim, apresenta um percentual elevado de vegetação fechada, o que sugere uma influência mais determinante do uso do que do clima neste período. Também é possível observar que os percentuais de vegetação antropizada/esparsa até 2006 são, em sua maioria, os mais elevados

dentre a série de anos mapeados, sugerindo que estes percentuais são consequências do alto percentual de uso das terras. Em 1995 (Figura 8), o percentual de atividades agropecuárias correspondia a 84% do território de Aroeiras.

4 DISCUSSÃO

Os dados apresentados mostram que a dinâmica de uso e da vegetação difere entre os municípios, corroborando com a ideia de que os fatores locais são de extrema importância para se analisar a dinâmica de uso de terra e da vegetação (AIDE et al., 2011). É importante que se analise, portanto, os fenômenos que se aplicam aos três municípios para então partir para situações particulares. Dentre essas características em comum, o ano de 2006 apresenta uma diminuição muito expressiva do uso de terras, podendo-se atribuir a fatores sociais como o êxodo rural, fazendo com que camponeses abandonassem as áreas de caatinga, deixando com que esta entrasse em processo de sucessão ecológica secundária. De acordo com dados coletados do Instituto de Desenvolvimento Estadual e Municipal - IDEME (2013), a população urbana de Aroeiras subiu de 25,71% em 1991 para quase 49,95% em 2010, ao passo que a população rural caiu de 74,29% em 1991 para 50,05% em 2010. Para a população de Boqueirão, essa tendência também se repete. Sua população urbana cresceu de 39,37% em 1991 para 71% em 2010, corroborando com a hipótese levantada. Esse abandono de terras, pode ainda estar relacionado às políticas de transferência de renda, implementadas pelo governo federal a partir de 2004, aumentando a independência financeira da população rural.

Essa diminuição acentuada das atividades agropecuárias entre 1995 e 2006, podendo perdurar até 2017, tem como consequência o incremento da vegetação fechada nos anos posteriores, fato demonstrado por Aide et al. (2012). Em uma análise temporal sobre a dinâmica de uso e cobertura na América Latina, esses autores identificaram um aumento de mais de 40% da vegetação lenhosa da Caatinga entre 2001 a 2010, associado a diminuição da agricultura e pastoreio.

Outro fator observado é que a dinâmica de cobertura da vegetação dos municípios analisados não é influenciada por fatores únicos, como respostas apenas ao clima ou uso de terras. A vegetação parece responder a um conjunto de causas e condições. Considerando o município de Boqueirão, observa-se que a diminuição do uso das terras propiciou o aumento de cobertura da vegetação fechada, mesmo em períodos prolongados de precipitação de seca, o que indica que o uso parece exercer uma influência mais forte na dinâmica da vegetação conservada. Vale ressaltar que neste município há um grande reservatório, o açude de Boqueirão, que abastece várias outras cidades e incrementa/subsidia a agricultura circundante. Para os municípios do Congo e Aroeiras, a dinâmica da vegetação fechada parece ser influenciada pelo clima e uso, em concomitância.

Outra questão interessante se refere aos períodos de seca prolongados, que podem reduzir as populações de plantas, e portanto, a cobertura do solo. Sabe-se que, períodos prolongados de seca interferem na capacidade de regeneração das plantas, mesmo em um ambiente sob clima sazonal (STAMPFLI & ZEITER, 2004; SILVEIRA, et al., 2017). Analisando a dinâmica de populações de *Croton blanchetianus* Baill, espécie muito comum na Caatinga, em dois anos com precipitação muito abaixo da média histórica, Lacerda et al. (2018) identificaram que o número de indivíduos mortos foi muito maior do que o de recrutados, o que demonstra que o clima pode interferir no aumento ou perda de cobertura vegetal.

Como seria esperado, as relações entre solo exposto, vegetação antropizada/esparso e o uso parecem estar bem estabelecidas. Quanto maior o uso, há uma tendência de maior percentual de caatinga antropizada e solo exposto, corroborando com as análises realizadas por Aquino et al. 2018, Aquino et al., 2021, Barbosa et al., 2006, Grau et al., 2005, 2008, Marengo, 2011 e SCHULZ, et al., 2010.

5 CONCLUSÕES

A partir dos resultados aqui apresentados, concluímos que a análise da dinâmica de uso e de cobertura vegetal no semiárido representa uma tarefa complexa, envolvendo desde fatores regionais, como o clima, caracterizado por oscilações interanuais da precipitação, até fatores locais, como a intensidade de uso das terras e aspectos demográficos. Diante das análises dos resultados, consideramos que a implementação de políticas públicas de transferência de renda associadas à migração da população da zona rural para a zona urbana podem ser fatores importantes relacionados à diminuição das atividades agropecuárias que foram observadas. A diminuição dessas atividades proporcionou a regeneração da vegetação, e conseqüentemente, o aumento de cobertura de solo.

Outro aspecto importante se refere ao clima. Séries de anos chuvosos contribuem para a regeneração da vegetação, enquanto períodos prolongados de seca podem inibir práticas agrícolas e diminuir a cobertura da vegetação.

Nosso estudo traz resultados interessantes sobre a dinâmica de uso e cobertura do Cariri paraibano e do semiárido brasileiro, demonstrando que as múltiplas causas que interferem na dinâmica da vegetação, sejam naturais ou antrópicas, atuam em sinergia e que, sua importância, pode variar ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS

- AESA – AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS. METEOROLOGIA – CHUVAS. AESA, 2022. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa/website/meteorologia-chuvas/?formdate=2020-01-01&produto=municipio&periodo=anual>
- AIDE, T. M., M. L.; CLARK, H; GRAU, R; LÓPEZ-CARR, D; LEVY, M. A; REDO, D; MOHENO, M. B; RINER, G; M. J. ANDRADE-NÚNEZA, M. J; MUNIZ, M. Deforestation and Reforestation of Latin America and the Caribbean (2001–2010). **Biotropica**, 2012. Acesso em 13/10/2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2012.00908.x>
- ALMEIDA, Ana. As florestas esquecidas. Darwinianas, 2016. Disponível em: <https://darwinianas.com/2016/10/11/as-florestas-esquecidas/#:~:text=As%20Florestas%20Tropicais%20Secas%20s%C3%A3o,em%20%C3%A1reas%20de%20poucas%20chuvas.>
- ALVARES, C. A; STAPE, J. L; SENTELHAS, P. C; GONÇALVES, J. L, M DE; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Vol. 22, No. 6, 711–728, 2014.
- ALVES, J. J. A; DO NASCIMENTO, S. S; DE SOUZA, E. N. Núcleos de desertificação no estado da Paraíba. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 17, 2009.
- ALVES, J. J. Geoecologia da caatinga no semiárido do nordeste brasileiro. **CLIMEP- Climatologia e Estudos da Paisagem**, v. 2, n. 1, 2007.
- ALVES, T.L.B., AZEVEDO, P.V.de, FARIAS, A.A.de. Comportamento da precipitação pluvial e sua relação com o relevo nas microrregiões do Cariri Oriental e Ocidental do estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.08, n.06 (2015) 1601-1614.

ALVES, T. L. B; AZEVEDO, P. V; SANTOS, C. A. C; SANTOS, F. A. Comportamento sazonal do albedo e dos índices de vegetação na bacia hidrográfica do Alto Curso do Rio Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 5, p. 1015-1027, 2014.

Andrade-Lima, D. (1981) The Caatingas Dominion. **Revista Brasileira de Botânica**, 4, 149-153.

AQUINO, D. N; ANDRADE, M. E. DE; FILHO, E. T. S. DE; CAMPOS, D. A. Impacto de Secas e Antropização na Dinâmica da Cobertura Florestal em Fragmento do Domínio Fitogeográfico da Caatinga. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.14, n.03, 1675-1689, Jun, 2021.

AQUINO, D. N; ROCHA NETO, O. C; MOREIRA, M. A; TEIXEIRA, A. S; ANDRADE, E. M. 2018. Utilização de sensoriamento remoto para identificação de áreas em risco de degradação na região semiárida. **Revista Ciência Agronômica**, 49, 420-429

BARBOSA, H. A; HUETE, A. R.; BAETHGEN, W. E. A 20-year study of NDVI variability over the Northeast Region of Brazil. **Journal of arid environments**, v. 67, n. 2, p. 288-307, 2006.

ARAÚJO, S DE; MURILO, S; BARBOSA, A, A DE. AVALIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA DESERTIFICAÇÃO EM MUNICÍPIOS DO CARIRI ORIENTAL PARAIBANO. *Revista GeoSertões (UnaGeo - CPF - UFCG)*. Vol. 4. nº 8 jul/dez, 2019.

BULLOCK, S. H; MOONEY, H. A; MEDINA, A. E; **SEASONALLY DRY TROPICAL FORESTS**. Ed: 1, Cambridge, Cambridge University Press, 1995.

BARRETO, T. H. L. DINÂMICA DE USO E COBERTURA DA TERRA EM FLORESTA TROPICAL SECA NO SERTÃO PERNAMBUCANO, Monografia para obtenção do título em Bacharel em Engenharia Florestal, 8 - 55, Recife, 2019.

CLEMENTE, T.S. **Pegada hídrica na microrregião do cariri ocidental - PB**, Monografia para obtenção do título em Bacharel em ecologia, 10 - 23, João Pessoa, 2018.

CONGALTON, R.G.; GREEN, K. Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices, ed: 2, CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2008; ISBN 978-0-429-14397-7.

DE ANDRADE, L. A; PEREIRA, I. M; LEITE, U. T; BARBOSA, M. R. Análise da cobertura de duas fitofisionomias de caatinga, com diferentes históricos de uso, no município de São João do Cariri, estado da Paraíba. **CERNE**, vol. 11, núm. 3, jul/set, 2005, pp. 253-262.
DE MEDEIROS, R. M; FRANCISCO, P. R. M; MELO, V. S. Estudo Agroclimático do Município de Cabaceiras-PB. Ed:1, Campina Grande - PB, EDUFCG, 2016, p. 9 - 144.

DE OLIVEIRA, C. P; DE LIMA, R. B; JUNIOR, F. T. A; DE LIMA PESSOA, M. M; DA SILVA, A. F; DOS SANTOS, N. A. T; LOPES, I. J. C; DE MELO, C. L. S. M; SILVA, E. A; DA SILVA, J. A. A; FERREIRA, R. L. C. Dynamic Modeling of Land Use and Coverage Changes in the Dryland Pernambuco, Brazil. **Land**, v. 11, n. 7, p. 998, 2022.

DE VASCONCELLOS BARBOSA, M. R. Vegetação e flora no Cariri Paraibano. **Oecologia brasiliensis**, v. 11, n. 3, p. 313-322, 2007.

DIAS NETO, J. do C; CORRÊA LIMA, B. de F; ALVES DE SOUZA, J; DO CARMO, G. K. C. APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO COM DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) NA SUB-REGIÃO HIDROGRÁFICA DO ITACAIÚNAS. *Revista Multidisciplinar De Educação E Meio Ambiente*, 1(1), 34, 2020

DÍAZ-GALLEGOS, J. R; MAS, J. F; VELÁZQUEZ, A. Trends of tropical deforestation in Southeast Mexico. *Singapore Journal of Tropical Geography*, v. 31, n. 2, p. 180-196, 2010. DIRZO, R.; YOUNG, H. S.; MOONEY, H. A.; CEBALLOS, G. (Ed.). **Seasonally dry tropical forests: ecology and conservation**. Washington: Island, 2011. p. 3-21.

DO NASCIMENTO DUARTE, J. V; FILHO, J. F. CLIMATOLOGIA PLUVIOMÉTRICA MENSAL DO CARIRI PARAIBANO POR MEIO DA SÉRIE DE FOURIER. *Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - Vol. 4: Congestas*, 2016 p. 2318-7603.

DORNELLAS, PATRÍCIA; XAVIER, RAFAEL; SEABRA, VINÍCIUS; SILVA, RICARDE. **ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA DO ALTO RIO PARAÍBA, REGIÃO SEMIÁRIDA DO ESTADO DA PARAÍBA**. *Rev. Bras. Geomorfol. (Online)*, São Paulo, v.21, n.3, (Jul-Set) p.601-614, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Vinicius-Seabra/publication/342799886_ANALISE_MORFOMETRICA_DA_BACIA_DO_ALTO_RIO_PARAIBA_REGIAO_SEMIARIDA_DO_ESTADO_DA_PARAIBA/links/5f1a0d34a6fdc9626ad20e2/ANALISE-MORFOMETRICA-DA-BACIA-DO-ALTO-RIO-PARAIBA-REGIAO-SEMIARIDA-DO-ESTADO-DA-PARAIBA.pdf. Acesso em: 16/05/2022.

DUBREUIL, V.; PASSOS, M. M. DOS. A RELAÇÃO CLIMA-VEGETAÇÃO NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO. *Boletim de Geografia*, v. 22, n. 1, p. 35-48, 2 fev. 2011.

HASNAT, G. N. T; HOSSAIN, M. K; Global overview of tropical dry forests. *Handbook of research on the conservation and restoration of tropical dry forests*, p. 1-23, 2020.

FERREIRA, L. G; FERREIRA, N. C; FERREIRA, M. E. Sensoriamento remoto da vegetação: evolução e estado-da-arte - DOI: 10.4025/actascibiolsci.v30i4.5868. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 30(4), 379-390. 2008, Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v30i4.5868>, acesso em: 26/10/2022

FERNANDES, M. F; QUEIROZ, L. P. Vegetação e flora da Caatinga. *Cienc. Cult.*, São Paulo , v. 70, n. 4, p. 51-56, Oct. 2018.

FRANCSICOS, P. R. M; DE MEDEIROS, R. M; MELO, V. S; Estudo Agroclimático do Município de Cabaceiras-PB. *Edufcg*, ed. 1, Campina Grande - PB, 2016. GATES, D. M; KEEGAN, H. J.; SCHLETER, J.C.; WEIDNER, V. R. Spectral properties of plants. *Applied optics*, v. 4, n. 1, p. 11-20, 1965.

GRAU, H. R; GASPARRI, N. I; AIDE, T. M. Agriculture expansion and deforestation in seasonally dry forests of north-west Argentina. *Environmental Conservation*, v. 32, n. 2, p. 140-148, 2005.

GRAU, H. R; GASPARRI, N. I; AIDE, T. M. Balancing food production and nature conservation in the Neotropical dry forests of northern Argentina. **Global Change Biology**, v. 14, n. 5, p. 985-997, 2008.

GIRI, C; OCHIENG, E., TIESZENT, L. L., ZHU, Z., SINGH, A., LOVELAND, T.; MASEK, J; DUKE, N. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. **Global Ecology and Biogeography**, v. 20, n. 1, p. 154-159, 2011.

GRINAND, C; RAKOTOMALALA, F; GOND, V; VAUDRY, R; BERNOUX, M; VIEILLEDENT, G. Estimating deforestation in tropical humid and dry forests in Madagascar from 2000 to 2010 using multi-date Landsat satellite images and the random forests classifier. **Remote Sensing of Environment**, v. 139, p. 68-80, 2013.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário de 1995/1996**. Rio de Janeiro: IBGE, 1998.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário de 2006**. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário de 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO MUNICIPAL E ESTADUAL. Atlas do Desenvolvimento Humano. Paraíba, 2013.

LAMBIN, E. F.; GEIST, H. J.; LEPERS, E. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. **Annual review of environment and resources**, v. 28, n. 1, p. 205-241, 2003.

LEAL, I. R; LEAL, A. VICENTE, M. TABARELLI. Herbivoria por caprinos na caatinga da região de Xingó: uma análise preliminar. *Ecologia e conservação da caatinga*; Recife: 2005. pp.695-715.

LEAL, I. R; TABARELLI, M; SILVA DA, J. M . C. **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife, Ed. Universitária da UFPE, 2003.

KASPERSON, J .X; KASPERSON, R. E; TURNER, B. L. *Regions at Risk: Comparisons of Threatened Environments*. Tokyo: UN, Univ. Press. 588 pp 1995.

NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro, IBGE, 1989.

MARENGO, J. A; CUNHA, A. P; ALVES, L. M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. *Revista Climanálise*, v. 3, n. 1, p. 49-54, 2016.

MARGONO, B. A; TURUBANOVA, S; ZHURAVLEVA, I; POTAPOVP, P; TYUKAVINA, A; BACCINI, A; GOETZ, S; HANSEN, M. C. Mapping and monitoring deforestation and forest degradation in Sumatra (Indonesia) using Landsat time series data sets from 1990 to 2010. **Environmental Research Letters**, v. 7, n. 3, p. 034010, 2012.

MAYFIELD, M. M., BONSER, S.P., MORGAN, J.W., AUBIN, I., MCNAMARA, S; VESK, P.A. What does species richness tell us about functional trait diversity? Predictions and evidence for responses of species and functional trait diversity to land-use change. *Global Ecology and Biogeography*, 19, 2010 p.: 423-431. Acesso em: 02/11/2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00532.x>

MEDEIROS, E.R. Caracterização dos processos degradacionais no Município de São João do Cariri-PB. Monografia, Universidade Federal da Paraíba, 2006. p. 44

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. DE. INTRODUÇÃO AO PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO. Ed. 1, Brasília. Universidade de Brasília, 2012.

MURPHY, P. G; ARIEL, E. L. Ecology of Tropical Dry Forest. *Annual Review of Ecology and Systematics*, vol. 17, Michigan, 1986pp. 67–88.

MOREIRA, M. A. Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação. Ed. 4,UFV. Viçosa, MG. p. 422, 2011.

MUENCHOW, J; HENRIK, V. W; RODRÍGUEZ, E. F; RODRÍGUEZ, R. A; BAYER, F; RICHTER, M. WOODY VEGETATION OF A PERUVIAN TROPICAL DRY FOREST ALONG A CLIMATIC GRADIENT DEPENDS MORE ON SOIL THAN ANNUAL PRECIPITATION.” *Erdkunde*, vol. 67, no. 3, 2013, pp. 241–48. JSTOR. Acesso em 2 Nov. 2022, disponível em: <http://www.jstor.org/stable/23597154>.

PATRÍCIA DE OLIVEIRA SENA, J; NETO, J. M. M; LUCENA, D. B. Variabilidade da precipitação em Sumé e São João do Cariri e suas consequências na agropecuária. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 25, 2019.

PENNINGTON, R. TOBI; LAVIN, M; FILHO, A. O. Woody Plant Diversity, Evolution, and Ecology in the Tropics: Perspectives from Seasonally Dry Tropical Forests. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 2009. 40:437–57

PENNINGTON, R. T; LEHMANN, C. E. R; ROWLAND, L. M. Tropical savannas and dry forests. *Current Biology*, v. 28, n. 9, p. 541-545, 2018.

PRIMAVESI, ANA. **Manual do solo vivo: solo sadio, planta sadia, ser humano sadio.** / Ana Primavesi.-- 2. ed. rev. - São Paulo: Expressão Popular, 2016. 205p.

PONZONI, F. J; REZENDE, A. C. P. Caracterização espectral de estágios sucessionais de vegetação secundária arbórea em Altamira (PA), através de dados orbitais. *Revista Árvore*, v. 28, p. 535-545, 2004.

PONZONI, F. J. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: diagnosticando a mata atlântica. **São José dos Campos, Brasil: INPE**, 2002.

Projeto MapBiomias – Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra na Caatinga - Coleção 6, acessado em 13/10/2022 disponível em: <https://mapbiomas.org/download-dos-atbds>

SCHULZ, J.J; CAYUELA, L; ECHEVERRIA, C; SALAS, J; BENAYAS, J. Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of Central Chile (1975–2008). *Applied Geography* 30, Chile, 2010 436–447.

SILVA, V. S; ALVES, J. J. A. Diagnóstico da susceptibilidade à desertificação na microrregião do cariri-pb. **Anais I WIASB**, Campina Grande: Realize Editora, 2013. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/5053>. Acesso em: 14/10/2022.
SOUZA, B. I. Cariri paraibano: do silêncio do lugar à desertificação. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

SOUZA, B. I DE; SUERTEGARAY; ANTUNES, D. M; LIMA, E. R. V. Evolução da desertificação no Cariri paraibano a partir da análise das modificações na vegetação. *Geografia*, v. 36, n. 1, p. 193-207, 2011.

SOUZA, B. I; MENEZES, R; CÁMARA ARTIGAS, R. Efeitos da desertificação na composição de espécies do bioma Caatinga, Paraíba/Brasil. *Invest. Geog*, Ciudad de México, n. 88, p. 45-59, 2015. Disponível em http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018846112015000300045&ng=es&nrm=iso. Acessado em 01 jun. 2022.

TABARELLI, M; LEAL, I. R; SCARANO, F. R; SILVA, J. T. legado, trajetória e desafios rumo à sustentabilidade. **Ciência e Cultura**, v. 70, n. 4, p. 25-29, 2018.

TOOTH, S. AND G.C. NANSON. Equilibrium and nonequilibrium conditions in dryland rivers. **Physical Geography**, 21, 2000 (183–211).

TRAVASSOS, IBRAHIM; SOUSA, BARTOLOMEU. **Desmatamento e Desertificação no Cariri Paraibano**. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.07, n.01 (2014), 103-116. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/viewFile/232905/26887>. Acesso em: 13/05/2022.

TRAVASSOS, I. S.; DE SOUZA, B. I. Os negócios da lenha: indústria, desmatamento e desertificação no Cariri paraibano. *GEOUSP Espaço e Tempo (Online)*, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 329-340, 2014. DOI: 10.11606/issn.2179-0892.geousp.2014.84536. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/84536>. Acesso em: 1 jun. 2022.

TRAVASSOS, I. S. Florestas brancas do semiárido nordestino: desmatamento e desertificação no cariri paraibano. 2012. 148 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

VENDRUSCOLO, J; PEREZ MARIN, A, M; DOS SANTOS F. E; FERREIRA, K. R; CAVALHEIRO, W. C; FERNANDRES, I. M. Monitoring desertification in semiarid Brazil: using the desertification degree index (DDI). **Land Degradation & Development**, v. 32, n. 2, p. 684-698, 2021.

WILLSTATTER, R.; STOLL, A. Untersuchungen uber die assimilation der kohlensaure. Springer, Berlin, 1918.

AGRADECIMENTOS

Às professoras Dilma Maria de Brito Melo Trovão e Fernanda Kelly Gomes da Silva pelas leituras sugeridas ao longo dessa orientação, paciência e dedicação. Ao meu amor, Mariana, que esteve ao meu lado desde o primeiro semestre da graduação, por todo auxílio, carinho, companheirismo e suporte emocional. À minha família, que possibilitou minha dedicação exclusiva aos estudos, e aos meus amigos, muitos para citar aqui, que sempre acreditaram em mim. Obrigado.