

CLASSIFICAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL DA CAATINGA ATRAVÉS DO PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS DE SATÉLITE

Classification of vegetable coverage of caatinga through digital processing of satellite images

Raul Araujo da Nóbrega

Doutorando em Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

raul.nobrega@outlook.com

João Miguel de Moraes Neto

Prof. Dr. Departamento de Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

j.miguel.moraes@hotmail.com

Marx Prestes Barbosa

Prof. Dr. Departamento de Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

marxprestesbarsa@gmail.com

Josilene Pereira Lima

Tecnóloga em Geoprocessamento e Geógrafa – Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

josilene.pereira@tecnico.ufcg.edu.br

Luan Dantas de Oliveira

Doutorando em Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

luan.dantas@outlook.com

Recebido: 27.02.2023

Aceito: 03.07.2023

Resumo

A caatinga, bioma nativo da região semiárida, ao longo do tempo passou por desmatamentos, principalmente, por causa das más práticas da agricultura, pecuária extensiva e do extrativismo sem sustentabilidade. Por essa razão, o presente trabalho teve como objetivo estudar a cobertura vegetal do município de São José de Espinharas, no sertão paraibano em um período de 20 anos. Para isso, utilizou-se geotecnologias na identificação e monitoramento da área em estudo. O método de abordagem utilizado foi o dedutivo juntamente do procedimento comparativo na análise do uso e da cobertura vegetal, através da criação de um banco de dados, que permitiu a identificação dos padrões espaciais, temporais e semânticos da vegetação, gerando assim, informações detalhadas sobre as classes de vegetação do município pesquisado. Por meio de um comparativo das imagens de 1998, 2008 e 2018, foi possível constatar que mais de 90 % da vegetação nativa sofreu alteração. Os principais resultados dessa pesquisa mostram que a Classe de Vegetação Densa, passou de 4,31 % em 1998 para 8,41 % em 2018, concentrando-se nas áreas mais elevadas. Além disso, indicam que a Vegetação Semidensa, passou de 12,57 % para 42,24 %, durante período de 20 anos.

Palavras-chave: Geoprocessamento; Geotecnologias; Nordeste brasileiro; Semiárido.

Abstract

The caatinga, a biome native to the semiarid region, has, over time, experienced deforestation, mainly because of poor agricultural practices, extensive livestock farming and unsustainable extraction. For this reason, the present study aimed to study the vegetation cover of the county of São José de Espinharas, inside the Paraíba, over 20 years. For this, geotechnologies were used to identify and monitor the area under study. The approach method used was the deductive one, along with the comparative procedure in the analysis of the uses and vegetation cover, through the creation of a database, which allowed the identification of the spatial, temporal and semantic patterns of the vegetation, thus generating detailed information about the vegetation classes of the researched county. By comparing the images from 1998, 2008 and 2018, it was possible to verify that more than 90% of the native vegetation has changed. The main results of this research show that the Class of Dense Vegetation went from 4.31% in 1998 to 8.41% in 2018, focusing on the highest areas. In addition, they indicate that the Semidense Vegetation went from 12.57% to 42.24% during 20 years.

Keywords: Geoprocessing; Geotechnologies; Brazilian Northeast; Semiarid.

1. INTRODUÇÃO

O bioma caatinga está presente no Nordeste do Brasil. É uma vegetação adaptada ao clima semiárido, com períodos de secas prolongadas, no entanto, esse bioma vem sofrendo perdas de vegetação ao longo do tempo, devido às más práticas de agricultura e pecuária extensiva, além de possuir áreas desmatadas por conta do extrativismo vegetal e mineral (Nóbrega, 2020).

Segundo Silva e Cruz (2018) a caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro, é o que apresenta maior biodiversidade dentre Florestas Sazonalmente Secas, todavia, é uma das menos conhecidos e estudados entre os biomas adaptados ao clima semiárido, o que propicia uma maior desinformação, e como consequência, dificulta ações de manejo sustentável e preservação.

De acordo com Ballén, Souza e Lima, (2016), as caatingas ocorrem em floras adaptadas que vivem com a semiaridez e o ritmo sazonal do clima e da hidrologia. E, conforme Souza, Artigas e Lima (2015), trata-se do terceiro bioma mais degradado em nosso país, uma vez que, 45,4% apresentam alterações, superando outros biomas, em razão do manejo inadequado dos recursos naturais.

Uma forma de identificar e monitorar essas áreas, é com o emprego e o uso de Geotecnologias, pois proporciona uma visão ampla das áreas desmatadas. Por isso, as imagens de satélite estão sendo amplamente utilizadas, pois, fornecem dados que auxiliam na compreensão espacial e monitoramento da superfície terrestre (ANDRADE; MELO; DA SILVA, 2019).

Os autores Ribeiro *et al.* (2014), destacam que a utilização de ferramentas adequadas à gestão ambiental, as quais permitem grande acessibilidade de recursos, é fundamental para o registro do uso da terra ao longo do tempo, uma vez que, permite avaliar as mudanças ocorridas na paisagem a custos relativamente baixos, a citar os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) e o Sensoriamento Remoto (SR). A aplicação das técnicas de Sensoriamento Remoto, fundamenta-se na investigação do comportamento espectral que uma porção da superfície terrestre assume em seu resultado (ALMEIDA *et al.*, 2018).

Tecnicamente, os parâmetros biofísicos da vegetação podem ser modelados por meio dos índices de vegetação (IV), que são transformações lineares de bandas espectrais nas faixas do vermelho (V) e no infravermelho próximo (IVP) do espectro eletromagnético (BALLÉN; SOUZA; LIMA, 2016). Alguns autores colocam o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN), como o mais frequente em pesquisas, dessa forma, obtêm-se o monitoramento da densidade e da situação de vigor da vegetação verde sobre a superfície terrestre (BALLÉN; SOUZA; LIMA, 2016; LIMA *et al.*, 2018; OLIVEIRA, LIMA RIBEIRO, 2018).

Nesse contexto, o município de São José de Espinharas – PB, que possui o bioma caatinga como vegetação nativa, com grande parte de suas paisagens naturais alteradas devido à exploração agrícola. No passado, a pecuária extensiva, principalmente, a bovina, as plantações de algodão, e a forte presença da agricultura de subsistência, ocupavam extensas áreas. Atualmente, essas atividades vêm perdendo força devido ao êxodo rural (Nóbrega, 2020).

Assim, o objetivo deste trabalho reside em estudar a cobertura vegetal do município de São José de Espinharas em um período de 20 anos, para isso utilizou-se técnicas de Sensoriamento Remoto e Processamento Digital de Imagens, no estudo espaço-temporal e geração de mapas classificando a cobertura vegetal da área, para os anos 1998, 2008 e 2018.

2. METODOLOGIA

O estudo foi realizado no município de São José de Espinhas - Paraíba (Figura 1), que possui uma área de 725,7 km², inserido no sertão paraibano de 6°50'46.8"S e 37°19'32.3"W, tendo como acesso a PB-275 e a BR 116, cortado pelo Rio Espinharas. A cidade possui ao todo uma população estimada de 4.665 habitantes (CIDADES, 2018), com boa parte residindo na zona rural.

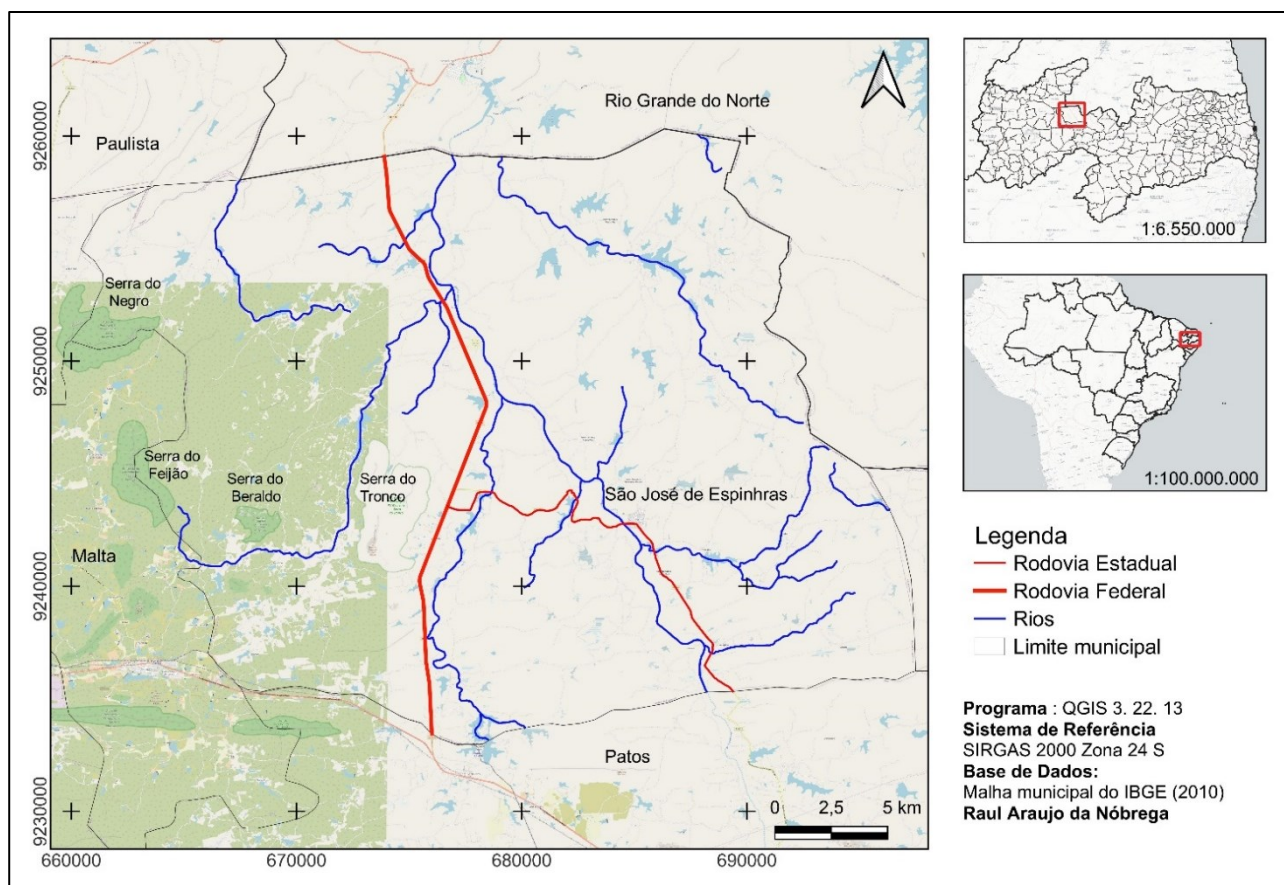


Figura 1 - Localização da área de estudo, município de São José de Espinharas - PB.

Fonte: O autor (2020).

Na escolha das imagens foi levado em consideração o espaçamento de 10 anos entre as imagens, além de uma melhor resolução, ou seja, sem a presença de nuvens sobre a área. Para o estudo espaço-temporal da cobertura vegetal do município foram elaborados mapas utilizando o Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING 5. 5. 6), software de domínio público, desenvolvido pela Divisão de Processamento de Imagem (DPI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

As imagens foram adquiridas junto ao site da United States Geological Survey - USGS (2020). As imagens orbitais foram: satélite TM/LANDSAT-5, datadas de 28 de setembro de 1998 e 23 de setembro de 2008 e satélite OLI/LANDSAT-8, com imagem datada de 21 de outubro de 2018. Todo o conjunto de imagens foi da órbita 216, ponto 65.

A metodologia fundamentou-se no modelo desenvolvido por Moraes Neto (2003), que consiste em um enfoque dedutivo e comparativo na análise dos usos e da cobertura vegetal. Para isso, foi criado um banco de dados que permitiu a identificação dos padrões espaciais, temporais e semânticos da cobertura vegetal, gerando informações detalhadas sobre os impactos ambientais praticados no município de São José de Espinharas. A

análise da cobertura vegetal foi realizada por meio das análises digitais de imagens de satélites (fotointerpretação) e de pesquisa de campo.

No reconhecimento de campo, realizado no período de 18 a 22 de novembro de 2019, foram identificadas as questões ambientais (solo, vegetação, recursos hídricos, relevo e uso das terras), para subsidiar a fotointerpretação e o processamento digital das imagens, gerando a descrição da paisagem, registros fotográficos e mapa georreferenciado.

A elaboração final dos mapas foi realizada no Laboratório de Sensoriamento Remoto da Universidade Federal de Campina Grande. Por meio do Software: SPRING, versão 5.5.2, gerou-se toda a base de dados georreferenciada. A vegetação foi separada em seis classes de acordo com os padrões da paisagem, classificadas de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1: Classificação da Vegetação em: Muito Densa, Densa, Semidensa, Semidensa Rala, Rala e Solo Exposto, com as suas respectivas.

Classe de Vegetação	Características
Vegetação Muito Densa	Densidade alta a muito alta, porte predominantemente arbóreo e arbustivo.
Vegetação Densa	Densidade alta, porte arbóreo e arbustivo
Vegetação Semidensa	Densidade média, porte predominante arbustivo com exemplares arbóreos.
Vegetação Semidensa Rala	Densidade média, porte predominante arbustivo com pouco exemplares arbóreos espaçados.
Vegetação Rala	Rala, porte predominante arbustivo, espaçados.
Solo Exposto	Solos exposto

Fonte: Adaptado de Moraes (2003).

Para a análise das imagens digitais de satélites foi utilizado o método sistemático, desenvolvido por Veneziani e Anjos (1982) e Câmara e Medeiros (1998). No total, seis procedimentos básicos do processamento digital de imagens foram aplicados, os quais estão descritos na Figura 2.

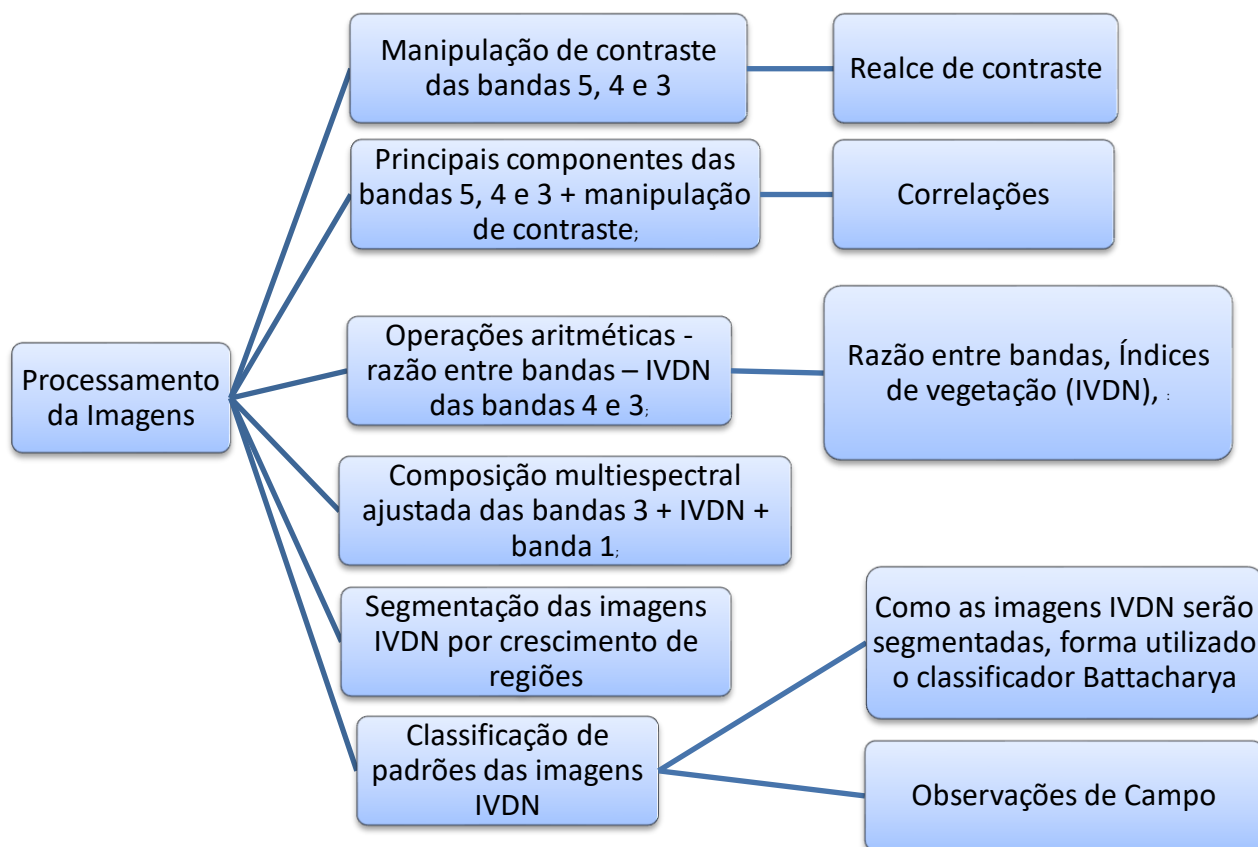


Figura 2 - Fluxograma resumindo os procedimentos feitos no software SPRING.

Fonte: Adaptado de Câmara e Medeiros (1998).

Para Câmara e Medeiros (1998), aumentar o contraste entre solo e vegetação, utiliza-se a razão entre bandas referentes ao vermelho e infravermelho próximo, constituindo assim, o Índices de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN), conseguidos por meio da seguinte Equação 1:

$$C = G \times \left(\frac{(A-B)}{(A+B)} \right) + O \quad (\text{Equação 1})$$

Em que, quando aplicada para:

A = banda infravermelho próximo;

B = banda vermelho;

G = ganho (128);

O = offset (64);

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, vê-se a vegetação classificada em: Vegetação Muito Densa, Vegetação Densa, Vegetação Semidensa, Vegetação Semidensa Rala, Vegetação Rala e Solo Exposto, com suas respectivas áreas em km² e porcentagem correspondente do município. Com a classificação, pode-se observar a quantidade de vegetação ainda remanescente ou que sofreu alterações e a quantidade de solo exposto. Também foi possível inferir que houve aumento da área urbana e uma variação do volume de água armazenada.

Tabela 2: Classificação da vegetação do município de São José de Espinharas – PB, num período de 20 anos.

Classes de Vegetação	Período					
	1998		2008		2018	
	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)
Muito Densa	30,57	4,21	26,84	3,70	27,43	3,78
Densa	31,28	4,31	3,64	0,50	61,00	8,41
Semidensa	91,20	12,57	126,56	17,44	306,50	42,24
Semidensa Rala	388,67	53,57	491,94	67,80	278,53	38,39
Rala	129,41	17,84	53,82	7,42	26,84	3,70
Solo Exposto	52,89	7,29	8,77	1,21	19,14	2,64
Água	1,24	0,17	13,69	1,89	5,61	0,77
Área Urbana	0,30	0,04	0,30	0,04	0,49	0,07
Total	725,56	100	725,56	100	725,54	100

Fonte: Autor (2020).

As Classes de Vegetação Semidensa Rala e Rala eram predominantes no município em 1998, somadas eram 71,44 %, e em 2008, a Vegetação Semidensa Rala correspondia a 67,80 % do território. No entanto, em 2018 ocorreu redução dessas Classes, e a Vegetação Semidensa se tornou prevaiente, passando de 12,57 % em 1998 para 42,24 % em 2018.

Para melhor visualização da classificação da vegetação, foram elaborados mapas da classificação da vegetação (Figura 2) para os anos de 1998, 2008 e 2018. A vegetação foi classificada em: Vegetação Muito Densa, Vegetação Densa, Vegetação Semidensa, Vegetação Semidensa Rala, Vegetação Rala e Solo Exposto. É possível notar, que a vegetação se recuperou nos anos em estudo, tornado evidente a regeneração da vegetação nativa ao longo dos anos, em razão do abandono das práticas agrícolas.

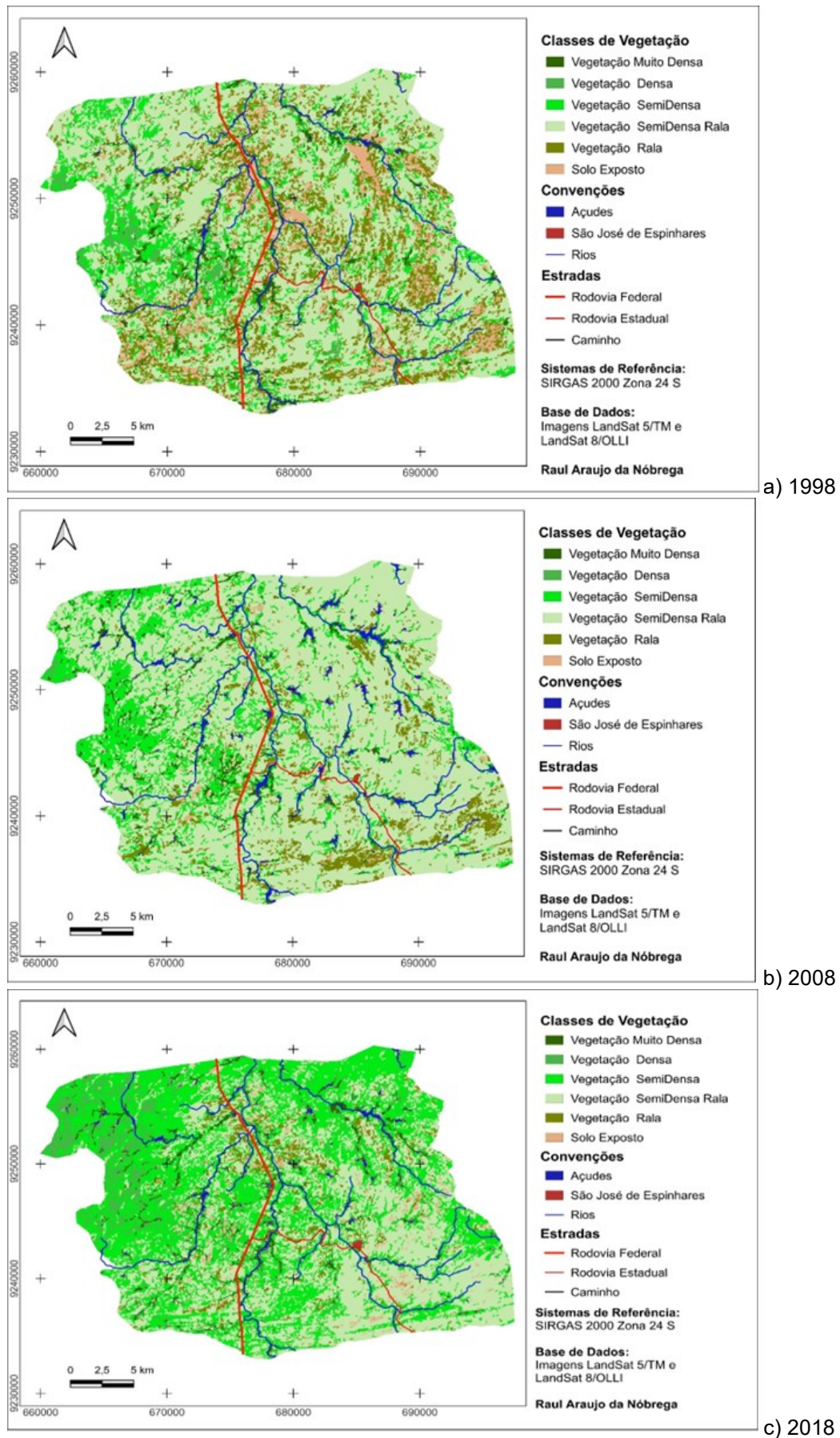


Figura 3 - Mapas Digitais das Classes de Vegetação do município de São José de Espinharas-PB para os respectivos anos.

Fonte: Autor, 2020.

A Classe de Vegetação Muito Densa, em sua maioria, corresponde às áreas de serra, regiões caracterizadas pelo relevo acentuado, alta pedregosidade e a presença de afloramentos rochosos. Apesar desses aspectos dificultar a prática agrícola, a Classe de Vegetação Muito Densa apresentou percas significativas da sua área no período de 1989 a 2008.

Na primeira década analisada, a área de vegetação reduziu de 4,21 % para 3,7 %. Para Silva (2021) o desmatamento de parcelas de áreas de aptidão agrícola restrita, está associado a perturbações antrópicas crônicas, dos quais: retirada de madeira para produção de lenha e confecção de cercas. Assim como, a disseminação da pecuária na região, especialmente a criação extensiva de caprinos e bovinos.

Evangelista (2011), cita que o processo de ocupação e desmatamento da Caatinga, remonta a introdução da pecuária extensiva e da agricultura de subsistência. Essas atividades contribuíram diretamente para o avanço do desmatamento no Bioma. Contudo, deve-se elencar também que a retirada de madeira, apesar de ser ações mais pontuais, oneram a vegetação, especialmente em locais de maior densidade.

Em contrapartida, na última década analisada, período entre 2008 e 2018. Na área de Classe de Vegetação Muito densa houve uma ligeira recuperação, correspondendo a 3,78 % do território total do município, cerca de 725,25 km². Este fenômeno deve-se a criação das Áreas de Preservação Permanente – APP, uma vez que, só a partir de 2012 que código florestal passou incluir as APPs.

Com base nos dados da Agência Executiva de Gestão das Águas - AESA (2019), existem 4 (quatro) Áreas de Preservação Permanente no Município de São José de Espinharas – PB, são elas: Serra do Tronco (Figura 3), Serra do Beraldo, Serra do Feijão e Serra do Negro. Sendo assim, torna-se imprescindível explicitar o conceito de Área de Preservação Permanente – APP – pois, faz parte do objeto pesquisado. Nestes termos, têm-se a definição de Área de Preservação Permanente apresentada pela Lei Federal nº. 12.651/2012, in verbis:

APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. (Art. 3º, II, CÓDIGO FLORESTAL, 2012).

Um outro fator que se deve levar em consideração, é que as áreas próximas aos rios e reservatórios d'água, por estarem em locais com o solo úmido, a vegetação apresenta-se com a mesma refletância da Classe de Vegetação Muito Densa.

Observações in loco, constatou-se que as margens dos rios do município apresentam-se bastante desmatada, principalmente, o Rio Espinharas (Figura 3), conservando algumas árvores em suas margens, contendo muitos exemplares de Algaroba (*Prosopis juliflora*) e em alguns pontos plantações de pastagem.

Em seu trabalho, com mapeamento dos fragmentos florestais de *Prosopis Juliflora* usando o sensoriamento remoto no norte da Bahia, Santos, Pedreira e Santos (2017), verificaram que a algaroba, planta adaptada ao clima semiárido, encontra-se principalmente, em locais degradados, zonas agrícolas, próximas aos cursos d'água e misturada com a vegetação nativa, assim como a mata nativa e algaroba são classes que apresentam características espectrais muito semelhantes.

Ramos et. al (2021), ao estudar um trecho de mata ciliar do rio Piranhas constatou que há áreas com uma grande perturbação causada por ações antrópicas, também, foi exposto em seu trabalho, que o cultivo de pastagens são as formas de utilização da terra que mais caracterizam o uso inadequado da área que é considerada como faixa de proteção e que representa uma ameaça à conservação dos recursos naturais desta região.

Similar a Classe de Vegetação Muito Densa, supracitada anteriormente, a Classe de Vegetação Densa sofreu significativa redução no seu aporte entre os anos de 1998 e 2008. Neste período, a Classe reduziu de 31,2772 para 3,6397 km², restando apenas 0,5% da Vegetação Densa. Silva Neto (2013), ao trabalhar com a perda da vegetação natural na chapada do Araripe no período de 1975 e 2007, constatou que o desmatamento da vegetação lenhosa se deu para o aproveitamento de lenha, do carvão, plantio de culturas e atividades extrativistas.

Em contrapartida, nos anos subsequentes, referente ao período entre 2008 e 2018. Nota-se, em São José do Espinhara –PB, uma considerável recuperação da área classificada como Vegetação Densa. Em 2018 a área já havia regenerado 7,91% da sua flora, comparado ao período de 2008. Essa classe de vegetação corresponde a exemplares arbustivas e arbóreas, como: juá (*Solanum viarum*), cumaru (*Dipteryx odorata*), angico (*Anadenanthera colubrina*), pau-d'arco (*Handroanthus impetiginosus*), variedade de cipós, mofumbo (*Combretum leprosum*), contendo gramíneas nativas e matéria orgânica sobre o solo.

Silva (2021), ressalta que as Florestas Tropicais Sazonalmente Secas, como a Caatinga, exprimem considerável processo de recuperação natural. Após alterações, a vegetação pode começar a se regenerar, devido a atuação de mecanismos regenerativos. Dos quais a rebrota, quebra de dormência de sementes, dentre outros. Contudo, esses

mecanismos podem ser anulados a depender da intensidade das modificações acarretadas na área.

Além disto, verifica-se na área da Classe de Vegetação Densa, baixa densidade demográfica. Uma hipótese levantada para esse fato, de acordo com dados do Censo Agropecuário (IBGE), no período de 2006 e 2017, o número de estabelecimentos agropecuários do município reduziu. Sendo 60.164 hectares em 2006 para 52.449 hectares em 2017. Similarmente a outras atividades desenvolvidas na zona rural, como a pecuária, que em 2006 contava com 16.953 cabeças passando a ter 14.299 em 2017, e o cultivo de lavouras temporárias.

A Classe de Vegetação Semidensa, aumentou a área ao longo das décadas, passando de 12,57 % em 1998 para 42,24 % em 2018, correspondendo à maior classe de vegetação. Sendo caracterizada pela presença de matéria orgânica sobre o solo, tais como gramíneas nativas e vegetação arbustiva. O mesmo fato foi constatado por Medeiros *et al.* (2019), ao estudarem a Sub Bacia de Rio Espinharas; 65,27% da vegetação apresentava homogeneidade, caracterizada por arbustos espaçados e representantes arbóreos em áreas antes produtivas.

Também, percebe-se que em alguns pontos a Vegetação Semidensa encontra-se em transição com a Classe Vegetação Densa, apresentando exemplares arbóreos espaçados e arbustivos. Enquanto, em locais em transição com a Classe Vegetação Semidensa Rala, estão exemplares arbustivos mais espaçados, cactáceas, gramíneas nativas e manchas de solo exposto, e em ambos os casos há pecuária extensiva no local.

A Classe de Vegetação Semidensa Rala era predominante no município em 1998, ocupando 53,57% do território. Em 2008, houve uma abrangência desse perímetro, resultando em uma participação de 67,80%. Contudo, nos anos subsequentes, sucedeu uma significativa redução. Em 2018 a Classe de Vegetação Semidensa Rala ocupava 38,39% do perímetro do município.

O decréscimo no perímetro de abrangência da Classe de Vegetação Semidensa Rala, deve-se ao resultante aumento das áreas ocupadas pela Classe de Vegetação Semidensa. Inferindo, de certo modo, em uma maior cobertura vegetativa no município resultante da regeneração natural da vegetação.

A Classe de Vegetação Rala reduziu de área nos anos estudados, passando de 17,84 % em 1998, para 7,42 % em 2008 e chegando a 3,70 % em 2018. A redução dessa classe foi gradativa, fato importante para a recuperação de áreas degradadas pelo atividades

antrópicas. Pois a retração nesta Classe implica no aumento de áreas mais vegetadas, como as Classes de Vegetação Semidensa Rala e Densa.

Em alguns setores, a Classe de Vegetação Rala apresenta-se em transição para a Classe de Vegetação Semidensa Rala. Apresentando, além de solo exposto, vegetação de porte arbustivos e arbóreos espaçados. Essas áreas são caracterizadas pela proximidade de rios e açudes, onde há uma acentuação na densidade populacional. A atividade econômica principal deste perímetro é a pecuária extensiva.

A mesma condição pôde ser notada por Moraes, Francisco e Melo (2014). No qual, em pesquisa sobre a Classificação do Uso do Solo em São João do Cariri no período de 2009, constataram a predominância da vegetação de densidade baixa, ocupando 48,3% do território. Ao tempo, que notaram a concentração dessa vegetação nos entornos do rio Taperoá e demais pontos de reserva hídrica, regiões marcadas por acentuada densidade demográfica. Tornando-se evidente o impacto da ação antrópica na vegetação de um determinado local.

Na análise da Classe de Solo Exposto, nota-se uma redução de 7,29% para 1,21%, no período de 1998 a 2008, respectivamente. Nos anos subsequentes, até o ano de 2018, a Classe apresenta um restrito aumento de 2,64%. Essa fração de terra, pode inferir no início do desmatamento de locais para o emprego da exploração agrícola. Especialmente, o cultivo de sequeiro, marcados pelo solo exposto em períodos de estiagem.

Assim, deve-se considerar que em áreas caracterizadas pela agricultura de sequeiro, típicos de regiões semiáridas, o solo permanece exposto ou com a pastagem de animais no período de estiagem. Podendo, desse modo, haver grandes variações na Classe de Solo Exposto a depender do período da captura da imagem.

Fato semelhante pôde ser notado em análises de imagens em outras regiões. Demarchi, Piroli e Zimback (2011), notou aumento na área de solo exposto no período seco, em Santa Cruz do Rio Pardo –SP. Havendo um crescimento de 14,7% para 25,8% do solo exposto. De acordo com o autor, este fato deve-se ao período de colheita e entre safras, no qual há maior incidência de solos sem cultivo agrícola.

No município de Santiago –RS, Terra *et al.* (2016), realizaram o mapeamento das classes de vegetação e identificaram que o solo exposto e a urbanização correspondiam a 17,69% do território. Localizando-se em regiões limítrofes as áreas de exploração agrícola. Podendo haver confusão quanto a delimitação das áreas de solo exposto.

Observou-se em campo, que áreas de solo exposto se encontram em regiões de considerável aptidão agrícola. Sendo caracterizada por permearem corpos hídricos, como

o Rio Espinharas. Fato este que, na inexistência de áreas de APP's, implica em uma considerável vulnerabilização do perímetro. Haja vista os problemas decorrentes da ausência de vegetação, como o assoreamento de rios, compactação do solo, erosão, dentre outros.

4. CONCLUSÃO

O município apresenta uma vegetação que está em processo de regeneração; enquanto as Classes de Vegetação Rala e Solo Exposto, reduziram as suas áreas de 17,84 % para 3,70 % e 7,29 % para 2,64%, para o período de 1998 e 2018, respectivamente. A Classe de Vegetação Semidensa, que passou de 12,57 % para 42,24 %, para o mesmo intervalo de tempo e, atualmente, é a principal classe de vegetação.

Para as Classes de Vegetação Muito Densa, teve uma redução de sua área, de 4,21 % em 1998 para 3,70 % em 2008, mostrando indício de recuperação em 2018, com 3,78 %. A Classe de Vegetação Densa Aumentou de 4,31 % em 1998 para 8,41 % em 2018, assim, indicando que a Classe de Vegetação Muito Densa irá se recuperar aos poucos, levando mais tempo que as demais.

No município de São José dos Espinharas-PB, área analisada neste trabalho, é indiscutível efeito benéfico das APP's. Contudo, o autor salienta sobre a necessidade de fomentar práticas locais que induzam na preservação da vegetação. Especialmente nas áreas que indicaram a recuperação da Caatinga. De modo que o processo regenerativo não seja comprometido ou anulado.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. N. *et al.* Uso e cobertura do solo utilizando geoprocessamento em municípios do Agreste de Pernambuco. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 04, n. 1, p. 58–68, 2018.

ANDRADE, B. da S.; MELO, M. R. da S.; da SILVA, M. H. S. Geoprocessamento aplicado a análise do uso do solo na área de proteção ambiental dos mananciais do córrego Lajeado, Campo Grande - Ms. **Sociedade e Território**, Natal, v. 31, n. 1, p. 200–221, 2019.

BALLÉN, L. C.; SOUZA, B. I. de; LIMA, E. R. V. de. Análise espaço-temporal da cobertura vegetal na área de proteção ambiental do Cariri, Paraíba, Brasil. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 36, n. 3, p. 555, 2016.

BRASIL. **Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis n.º 4.771, de 15 de setembro

de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 1998. 159p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Agropecuário**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/sao-jose-de-espinharas/pesquisa/24/76693?ano=2017>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/sao-jose-de-espinharas/panorama>. Acesso em: 12 jan. 2018.

DEMARCHI, J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L. Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo - SP usando imagens landsat-5. **RA'E GA - O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 21, n. 21, p. 234–271, 2011.

EVANGELISTA, A. dos R. S. O processo de desmatamento do bioma caatinga: riscos e vulnerabilidades socioambientais no território de identidade do sisal, Bahia. **Revista Geográfica de América Central**, Costa Rica, v. 2, n. 47, p. 1-16, 2011.

LIMA, S. C. *et al.* Geoprocessamento na análise espaço-temporal da cobertura vegetal do município de Seridó – PB. **Revista Científica de Educação e Meio Ambiente**, Ariquemes, FAEMA, v. 9, n. 1, p. 266-275, 2018.

MEDEIROS, F. S. *et al.* Analysis of morphometric variables of river Espinharas hydrographic sub-basin using geographic information system. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 31, n. 6, p. 1–18, 2019.

MORAES NETO, J. M. de. **Gestão de risco a desastres ENOS (El Niño Oscilação Sul) no Semiárido Paraibano**: uma análise comparativa. 2003. 183 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2003.

MORAIS, L. G. B. L.; FRANCISCO, P. R. M.; MELO, J. A. B. de. Análise da Cobertura Vegetal das Terras de Região Semiárida com o Uso de Geotecnologias. **POLÊMICA**, v. 13, n. 3, p. 1–10, 2014.

NÓBREGA, R. A. **Geotecnologias aplicadas ao estudo espaço-temporal da degradação ambiental em São José de Espinharas – PB**. 2020. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2020.

OLIVEIRA, W. S. N. de; LIMA, A. S.; RIBEIRO, R. B. dos S. Identificação de possíveis áreas salinizadas no perímetro irrigado de São Gonçalo utilizando o sensoriamento remoto. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 4, p. 362–378, 2018.

RIBEIRO, G. N. *et al.* Análise temporal da vegetação de Caatinga utilizando NDVI. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 29, n. 1, p. 3–6, out. 2014.

SANTOS, N. A.; PEDREIRA, P. D.; SANTOS, K. A. Mapeamento dos fragmentos florestais de *Prosopis Juliflora* a partir de sensoriamento remoto: subsídio aos estudos de suas implicações ambientais no bioma Caatinga no norte da Bahia. In: CONGRESSO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA. 1., 2017, Campinas. **Anais...** Campinas: IGEO, 2017.

SILVA, A. B. **Efeitos da agricultura de corte-e-queima sobre a regeneração da Caatinga**. 2021. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, Salvador, 2021.

SOUZA, P. F. *et al.* Estudos fitossociológicos e dendrométricos em um fragmento de Caatinga, São José de Espinharas – PB. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26. n. 4, p. 1317–1330, 2016.

TERRA, L. G. *et al.* Geoprocessamento algébrico utilizado na caracterização da fragilidade ambiental do Município de Santiago-RS. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 17, n. 57, p. 167–174, 2016.

USGS. U.S. **Geological Survey - USGS**. Disponível em: <https://www.usgs.gov/>. Acesso em: 3 jan. 2020.

VENEZIANI, P.; ANJOS, C. E. dos. **Metodologia de Interpretação de Dados de Sensoriamento Remoto e Aplicações em Geologia**. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 1982. 61p.

Recebido: 27.02.2023

Aceito: 03.07.2023