



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS – CTRN**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA – UAEA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA-PPGEA**

**RAUL ARAÚJO DA NÓBREGA**

**Dissertação de Mestrado**

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO ESTUDO ESPAÇO-TEMPORAL DA  
DEGRADAÇÃO AMBIENTAL EM SÃO JOSE DE ESPINHARAS – PB**

Campina Grande/PB – Brasil  
2020



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS – CTRN**  
**UNIDADE ACADÊMICA EM ENGENHARIA AGRÍCOLA – UAEA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA-PPGEA**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO ESTUDO ESPAÇO-TEMPORAL DA  
DEGRADAÇÃO AMBIENTAL EM SÃO JOSE DE ESPINHARAS – PB**

**RAUL ARAÚJO DA NÓBREGA**

Campina Grande/PB – Brasil  
2020

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS – CTRN**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**Raul Araújo da Nóbrega**

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO ESTUDO ESPAÇO-TEMPORAL DA  
DEGRADAÇÃO AMBIENTAL EM SÃO JOSE DE ESPINHARAS – PB**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento as exigências para obtenção do Grau de Mestre.

**Área de Concentração:** Irrigação e Drenagem

**Dr. João Miguel de Moraes Neto**  
Orientador

Campina Grande/PB – Brasil  
2020

N754g

Nóbrega, Raul Araújo da.

Geotecnologias aplicadas ao estudo espaço-temporal da degradação ambiental em São José de Espinharas- PB / Raul Araújo da Nóbrega. - Campina Grande, 2020.

64f. : il. Color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2020.

"Orientação: Prof. Dr. João Miguel de Moraes Neto".

Referências.

1. Degradação Ambiental. 2. Índice de Vegetação. 3. Geoprocessamento. 4. Processo de Degradação. I. Moraes Neto, João Miguel de. II. Título.

CDU 504.1(043)



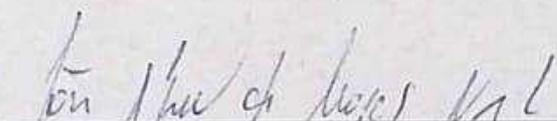
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO

**RAUL ARAÚJO DA NÓBREGA**

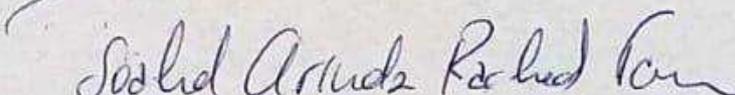
**“GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO ESTUDO ESPAÇO-TEMPORAL DA  
DEGRADAÇÃO AMBIENTAL EM SÃO JOSÉ DE ESPINHARAS - PB”**

**APROVADO (A): 28 de fevereiro de 2020**

**BANCA EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. João Miguel de Moraes Neto**  
**Orientador - UAEA/CTRN/UFCEG**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Juarez Paz Pedrosa**  
**Examinador - UAEA/CTRN/UFCEG**

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Soahd Arruda Rached Farias**  
**Examinadora - UAEA/CTRN/UFCEG**

## **Agradecimentos**

É muito difícil descrever em poucas palavras aquilo que só nossos corações podem sentir, principalmente, ao falar de pessoas tão importantes e sintetizar em poucas linhas. Então, irei começar pelo único ser de luz capaz de sentir o que se passa conosco, Deus, por me dar forças em todas as minhas conquistas e me ensinar em cada momento difícil.

A minha Mãe Francisca que sempre se fez presente e me incentivou desde criança. Aos meus irmãos e amigos Felipe e Fernanda, minha sobrinha Isadora. E a toda minha família: avós e avô, tios e tias, primos; que sempre me incentivaram e contribuíram para este momento de minha vida.

Ao meu orientador Prof.º João Miguel, por todo apoio, ajuda, paciência, esclarecimento, que foram de suma importância nas etapas deste trabalho. A todos os professores e funcionários da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, que contribuíram para o meu aprendizado e formação.

A todos os meus amigos e colegas, que sempre estiveram ao meu lado, se fazendo presentes, me apoiando, incentivando e inspirando, colaborando para o meu aprendizado. Afinal: “Ninguém educa ninguém, ninguém educa a si mesmo, os homens se educam entre si, mediatizados pelo mundo” (Paulo Freire).

*“Saber ver é sentir o que se olha”*

*H. P. da Silva*

## SUMÁRIO

CAPÍTULO I.....	14
1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Objetivo Geral .....	15
1.2 Objetivos Específicos .....	16
CAPÍTULO II.....	17
2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	17
2.1 Localização.....	17
2.2 Clima .....	18
2.3 Geologia .....	18
2.4 Solo.....	20
2.5 Vegetação .....	21
2.6 Legislação Ambiental.....	22
CAPÍTULO III .....	24
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	24
3.1 Sensoriamento Remoto Aplicado a Degradação Ambiental .....	24
CAPÍTULO IV .....	29
4. MATERIAL E MÉTODO.....	29
4.1 Material.....	29
4.2 Metodologia.....	29
4.3 Processamento Digital de Imagens - PDI.....	30
4.3.1 Manipulação de contraste das bandas 5, 4 e 3.....	30
4.3.2 Principais componentes das bandas 5, 4 e 3 + manipulação de contraste.....	30
4.3.3 Operações aritméticas - razão entre bandas – IVDN das bandas 4 e 3 .....	31
4.3.4 Composição multiespectral ajustada das bandas 3 + IVDN + banda 1 .....	32
4.3.5 Segmentação das imagens IVDN por crescimento de regiões .....	32
4.3.6 Classificação de padrões das imagens IVDN.....	32

4.5 Trabalho de Campo .....	33
4.6 Elaboração dos Mapas Temáticos .....	33
4.7 Análise da Degradação das Terras e da Cobertura Vegetal.....	34
CAPÍTULO V .....	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	36
5.1 Mapas Digitais das Classes de Vegetação.....	40
5.1.1 Classe de Vegetação Muito Densa .....	44
5.1.2 Classe de Vegetação Densa .....	46
5.1.3 Classe de Vegetação Semidensa.....	47
5.1.4 Classe de Vegetação Rala.....	48
5.1.5 Classe de Solo Exposto .....	49
5.2 Mapa Digital dos Níveis de Degradação .....	50
5.2.1 Nível de Degradação Grave.....	54
5.2.2 Nível de Degradação Moderado Grave .....	55
5.2.3 Nível de Degradação Moderado .....	56
5.2.4 Nível de Degradação Moderado Baixo .....	57
5.2.5 Nível de Degradação Moderado Muito Baixo.....	58
CAPÍTULO VI .....	59
6. CONCLUSÕES .....	59
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	60
8. ANEXOS .....	66

## FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localização da área de estudo, município de São José de Espinharas - PB. .	17
<b>Figura 2.</b> Geologia do município de São José de Espinharas - PB.....	19
<b>Figura 3.</b> Classificação dos solos do município de São José de Espinharas - PB.....	21
<b>Figura 4.</b> Composição Multiespectral Ajustada do município de São José de Espinharas - PB, para o ano de 1998. ....	37
<b>Figura 5.</b> Composição Multiespectral Ajustada do município de São José de Espinharas - PB, para o ano de 2008. ....	37
<b>Figura 6.</b> Composição Multiespectral Ajustada do município de São José de Espinharas – PB, para o ano de 2018.....	39
<b>Figura 7.</b> Mapa digital das Classes de Vegetação do município de São José de Espinharas - PB, para o ano de 1998.....	41
<b>Figura 8.</b> Mapa digital das Classes de Vegetação do município de São José de Espinharas - PB, para o ano de 2008.....	42
<b>Figura 9.</b> Mapa digital das Classes de Vegetação do município de São José de Espinharas - PB, para o ano de 2018.....	43
<b>Figura 10.</b> Ponto de observação 16. Área de preservação premente, Serra do Tronco, no município de São José de Espinharas - PB.....	44
<b>Figura 11.</b> Ponto de observação 17. Rio Espinharas, no período de estiagem, com exemplares arbóreos, principalmente algaroba, nas margens.....	45
<b>Figura 12.</b> Ponto de observação 21. Área próxima à serra no município de São José de Espinharas - PB, com exemplares de vegetação arbustiva, presença de matéria orgânica sobre o solo e gramíneas nativas. ....	46
<b>Figura 13.</b> Ponto de observação 22. Vegetação semidensa, apresentando locais de solo exposto e vegetação arbustiva espaçada, ao fundo uma serra que possui vegetação densa. ....	47
<b>Figura 14.</b> Ponto de observação 09. Vegetação rala do município de São José de Espinharas -PB, observa-se solo coberto por gramíneas nativas, cascalhos e arbustos.Fonte: Autor .....	48
<b>Figura 15.</b> ponto de observação 23. Área de solo exposto no município São Jose de Espinharas -PB. Usada para pecuária extensiva e agricultura, também é um riacho.....	49
<b>Figura 16.</b> Mapa Digital dos Níveis de Degradação do município de São José de Espinharas - PB, para o ano de 1998.....	51

<b>Figura 17.</b> Mapa Digital dos Níveis de Degradação do município de São José de Espinharas - PB, para o ano de 1998. ....	52
<b>Figura 18.</b> Mapa Digital dos Níveis de Degradação do município de São José de Espinharas - PB, para o ano de 2018. ....	53
<b>Figura 19.</b> Ponto de observação 23. Área utilizada para o plantio de sequeiro e pecuária extensiva. ....	54
<b>Figura 20.</b> Ponto de observação 06. Local de pecuária bovina no município de São Jose de Espinharas - PB.....	55
<b>Figura 21.</b> ponto de observação 04. Área com a degradação moderada no município de São José de espinharas - PB, apresentando solo exposto, gramíneas nativas, vegetação arbustiva e matéria orgânica sobre o solo.....	56
<b>Figura 22.</b> ponto de observação 11. Vegetação arbustiva arbórea próximo à divisa com Serra Negra do Norte - RN.....	57
<b>Figura 23.</b> Ponto de observação 16. Vegetação próxima a Serra do Tronco.....	58

#### TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Indicadores da degradação ambiental .....	34
<b>Tabela 2.</b> Classificação da vegetação do município de São José de Espinharas - PB...	40
<b>Tabela 3.</b> Níveis de degradação do município de São José de Espinharas – PB.....	50

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO ESTUDO ESPAÇO-TEMPORAL DA  
DEGRADAÇÃO AMBIENTAL EM SÃO JOSÉ DE ESPINHARAS – PB

**Resumo:**

A região semiárida possui como bioma nativo a caatinga, que ao longo do tempo, vem sofrendo desmatamentos, devido às más práticas de agricultura e pecuária extensiva, além do extrativismo sem sustentabilidade, levando assim, ao processo de degradação. Com esse cenário, o presente trabalho teve como objetivo estudar a degradação ambiental e a cobertura vegetal do município de São José de Espinharas, no sertão paraibano, em um período de 20 anos. Para isso, utilizou-se as geotecnologias na identificação e monitoramento das áreas em processo de degradação. A metodologia se angariou em um enfoque dedutivo e comparativo na análise dos usos e da degradação ambiental, com a criação de um banco de dados, que permite a identificação dos padrões espaciais, temporais e semânticos da vegetação e da degradação ambiental, gerando informações detalhadas sobre as classes de vegetação e dos níveis de degradação do município de São José de Espinharas. Através de um comparativo das imagens de 1998, 2008 e 2018, foi possível constatar que mais de 90 % da vegetação nativa apresenta-se alterada. A Classe de Vegetação Densa, passou de 4,31 % em 1998 para 8,41 % em 2018, se concentrando nas áreas mais elevadas. Os principais resultados dessa pesquisa, também, indicam que a Vegetação Semidensa, passou de 12,57 % para 42,24 %, durante período de 20 anos, e atualmente, é a principal classe de vegetação. Enquanto que, as áreas com maior grau de degradação concentram-se próximas as fontes de água, como rios e açudes, possuindo áreas de solo exposto propensas à erosão, levando ao assoreamento dos cursos d'água, por causa da exploração agropecuária. No município, os Níveis de Degradação Grave e Moderado Grave, reduziram suas áreas, passando de 9,92% para 5,58 % e de 18,05 % para 3,89 % para o período 20 anos e o Nível de Degradação Moderado Baixo, correspondendo a 42,51 % da área do município.

**Palavras-Chaves:** Índice de Vegetação. Geoprocessamento. Processo de Degradação.

## GEOTECHNOLOGY APPLIED TO STUDY SPACE-TIME OF ENVIRONMENTAL DETERIORATION IN SÃO JOSÉ DE ESPINHARAS - PB

### **Abstract:**

The semi-arid region has as native biome caatinga, which over time, has suffered deforestation, leading to the degradation process due to bad farming practices and extensive livestock, besides the extraction unsustainable. This work aims to study the environmental degradation and vegetation cover in São José de Espinharas in Paraíba hinterland, in a period of 20 years. In this scenario, one can make use of geotechnology in identifying and monitoring areas in the degradation process. The methodology consisted in a deductive and comparative approach in the analysis of the uses and environmental degradation, with the creation of a database, which allows the identification of spatial patterns, temporal and semantic vegetation and environmental degradation, generating detailed information about the vegetation types and levels of degradation in São José de Espinharas. With a comparative of images 1998, 2008 and 2018, it was found that more than 90% of the native vegetation was altered. The dense vegetation class increased from 4,31 % in 1998 to 8,41 % in 2018, concentrating on the higher areas. The main results of this research also indicate that Semidense Vegetation, increased from 12.57% to 42.24%, during the 20 years, and is currently the main class of vegetation. While areas with higher levels of degradation are concentrated near water sources such as rivers and dams, possessing soil exposed areas prone to erosion, leading to siltation of waterways due to agricultural exploitation. In the city, the Degradation Levels Severe and Moderate Severe, reduced their areas, from 9.92% to 5.58% and 18.05% to 3.89% for the period 20 years and the degradation level Moderate Low corresponding to 42.51% of the local area.

**Key-Words:** Vegetation Index. GIS. Regeneration Process

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUÇÃO

O bioma caatinga vem sofrendo perdas de sua vegetação ao longo do tempo, devido às más práticas de agricultura e pecuária extensiva, além de possuir áreas desmatadas devido ao extrativismo, levando a região a um forte processo de degradação.

De acordo com (BALLÉN; SOUZA; LIMA, 2016), as caatingas ocorrem em floras adaptadas que vivem com a semiaridez e o ritmo sazonal do clima e da hidrologia. Cerca de 45,4% do bioma, apresenta alterações, superando outros biomas, em razão do manejo inadequado dos recursos naturais. Sendo possível, por meio do uso das Geotecnologias, identificar e monitorar essas áreas. 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 (SIG's) e o Sensoriamento Remoto. A aplicação das técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) 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, que são transformações lineares de bandas espectrais nas faixas do vermelho (V) e no infravermelho próximo (IVP) do espectro electromagnético (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, possui o bioma caatinga como vegetação nativa e já teve 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 e a população está, aos poucos, se concentrando na área urbana. Com relação aos leitos dos rios, grande parte se apresenta desmatados, principalmente, no Rio Espinharas, principal rio da Sub-Bacia Hidrográfica de Rio Espinharas, que compõe a Bacia Hidrográfica Piranha-Açu.

No tocante as pesquisas que estão se iniciando no município em questão, temos o levantamento etnobotânico de plantas medicinais em área de caatinga, realizado por MARINHO; SILVA; ANDRADE (2011), estudos fitossociológicos e dendrométricos em um fragmento de caatinga, feitos por SOUZA et al. (2016), e a verificação morfométrica da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Espinharas, por meio de geotecnologias, analisada por MEDEIROS (2018).

No entanto, estudos espaço-temporal, sobre a cobertura vegetal e os níveis de degradação, em que o município se encontra, não foram realizados, sendo de suma importância para políticas ambientais. Assim, a partir dos pressupostos acima evidenciados, delinea-se o seguinte problema de pesquisa: como realizar um estudo da degradação ambiental e da cobertura vegetal no município de São José de Espinharas em um período de 20 anos? Para obtenção da resposta foram definidos os seguintes objetivos:

### **1.1 Objetivo Geral**

Estudar a degradação ambiental e a cobertura vegetal do município de São José de Espinharas no sertão paraibano em um período de 20 anos, utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto e Processamento digital de imagens.

## **1.2 Objetivos Específicos**

- Fazer o estudo espaço-temporal e gerar mapas da degradação ambiental da área, utilizando processamento digital de imagens para os anos 1998, 2008 e 2018.
- Estudar a cobertura vegetal e gerar mapas de composições multiespectrais ajustadas.
- Avaliar a cobertura vegetal associada à degradação ambiental do município de São José de Espinharas.

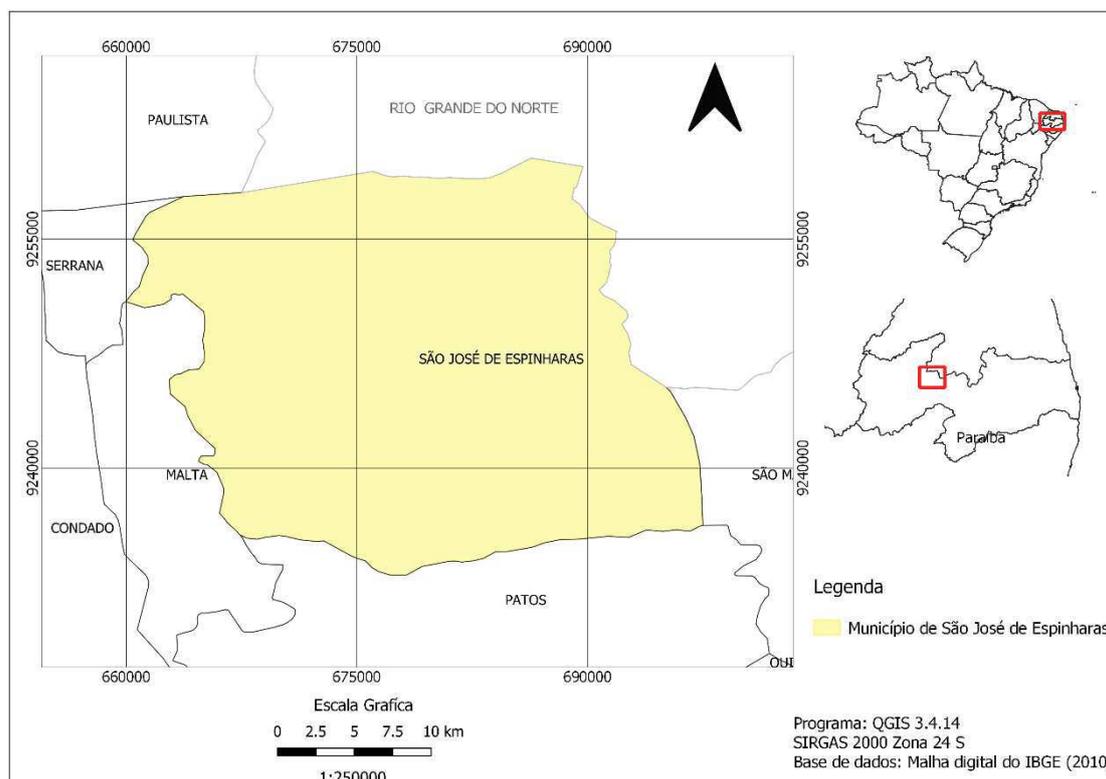
## CAPÍTULO II

### 2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

#### 2.1 Localização

O estudo foi realizado no município de São José de Espinhas-PB (Figura 1), que possui 725,7 Km<sup>2</sup>, inserido no sertão paraibano, cortado pelo Rio Espinharas, com 6°50'46.8"S e 37°19'32.3"W, tendo como acesso a PB-275 e a BR 116. Além disso, foi criado pela lei número 2.687 de 2 de dezembro de 1961 e instalado em 30 de dezembro de 1961. 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: Autor (2020)

Sendo divisa com Patos, São Mamede, Paulista, Malta e Vista Serrana e os municípios potiguares de Serra Negra do Norte, São João do Sabugi e Ipueira. Faz parte da Sub-Bacia Espinharas, formada pelos rios da Cruz e da Farinha, que se encontram, próximo a Patos e formam o Rio Espinharas. Após se estender por cerca de 45 km em

solo paraibano, cortando os municípios de Patos - PB, São José de Espinharas - PB e Serra Negra do Norte – RN, deságua no rio Piranhas já em território do Estado de Rio Grande do Norte.

De acordo com o CENSO ARGOPECUÁRIO realizado em 2017 e 2006 (Anexo A), o número de estabelecimentos agropecuários do município reduziu, sendo 60.164 hectares em 2006 para 52.449 hectares em 2017, assim como algumas atividades desenvolvidas na zona rural, como a pecuária, que em 2006 contava com 16.953 cabeças passando a ter 14.299 em 2017, o mesmo ocorreu com lavouras temporárias, que reduziram sua produção.

## **2.2 Clima**

O município de São José de Espinharas situa-se no Polígono das Secas, com o clima semiárido, caracterizado pela elevada variabilidade temporal e espacial das precipitações, com longos períodos de estiagem, médias pluviométricas em torno de 700 mm anuais, evapotranspiração entre 2000 e 2500 mm anuais, umidade relativa do ar variando de 55 a 75% , índice de aridez entre 0,20 e 0,50 e alto nível de risco de desertificação, segundo SILVA; LIMA; DE MENDONCA (2014).

Os pesquisadores SOUZA et al. (2016) afirmam que, na divisão do Estado da Paraíba em regiões bioclimáticas, o município se enquadra no bioclima 4aTh - tropical quente, com seca acentuada, e pela classificação de Köppen, a predominância é do tipo Bsh, com presença de semiaridez, temperaturas médias anuais em torno de 28 ° C.

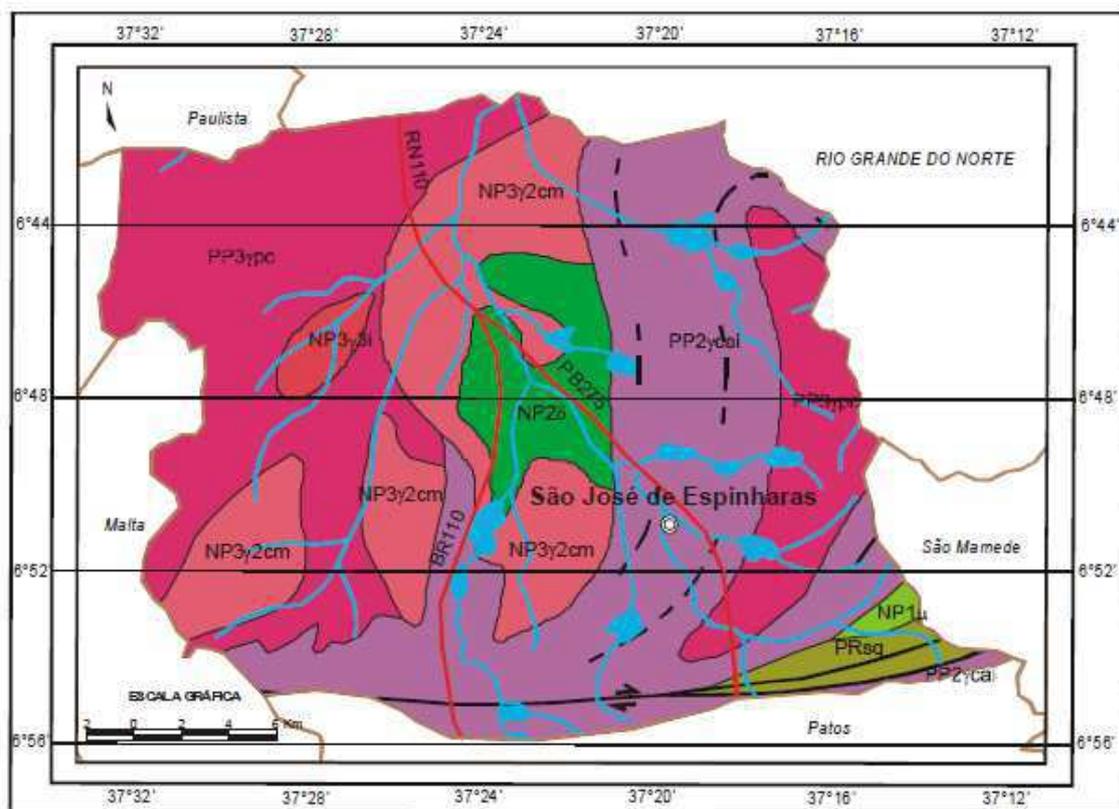
Um fator importante para o estudo e que influencia na classificação das classes de vegetação, são as precipitações do município (Anexo B). De acordo com trabalho realizado por SANTOS et al. (2019), as precipitações com até 30 dias anteriores à realização da imagem, podem induzir o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – IVDN.

## **2.3 Geologia**

A descrição geológica foi baseada no que apresenta a Geologia Regional e História da Exploração Mineral feita por BARBOSA (2012), conforme a Figura 2. A

região em questão está situada na Província Borborema, no Domínio Rio Grande do Norte, que é caracterizado por uma faixa neoproterozóica central, a Faixa Seridó, seguida ao lado por maciços ou terrenos paleoproterozóicos. O depósito da área situa-se no Terreno Rio Piranhas, um extenso e maciço paleoproterozóico retrabalhado no ciclo Brasiliano, dando origem as rochas supracrustais da Faixa Seridó. Também é marcado por um platonismo granítico brasileiro (600-550 Ma), variando de calcialcalinos normais à ricos em K até leucogranitos e granitos pegmatóides tardios. Provavelmente, trata-se de magmas férteis, que deram origem a importantes províncias minerais de origem metassomática (skarns mineralizados em W, Mo, Au), pegmatítica (Li, Be, Ta, Nb, Sn, feldspato, caulim e pedras coradas) e pneumatólitica-hidrotermal (Au, Ba, F, Cu, Bi, Sb, U).

**Figura 2.** Geologia do município de São José de Espinharas - PB.





Fonte: (BARBOSA, 2012)

## 2.4 Solo

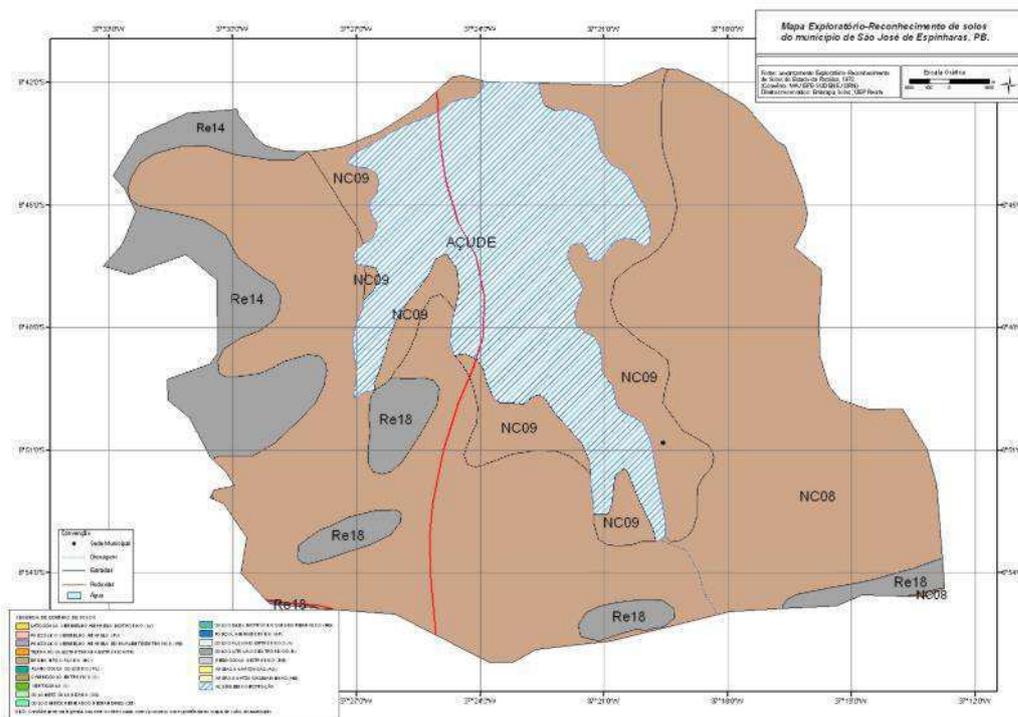
A descrição dos solos do município estudado, foi baseada no mapa de solos (Figura 3), elaborado por BARROS (1972). No contexto, os solos são em sua maioria de Bruno não Cálculo e Litólicos Eutróficos, sendo essa a antiga classificação de solos, mas que passaram a ser classificados em Luvisolos e Neossolos, respectivamente, de acordo com JACOMINE (2013). Encontra-se também no município os Aluviões ou Neossolos Flúvicos, que estão localizados próximos ao Rio Espinharas. Como o mapa é de 1972, nele ainda havia um projeto para construção de um açude (hachurado no mapa), sobre a área correspondente a esse tipo de solo. Os Neossolos Flúvicos, são derivados dos designados sedimentos aluviais, extremamente diversificados em termos de profundidade, textura, fertilidade, poucos desenvolvidos pedogenéticos, apresentam seqüências de camadas e não horizontes (SANTOS, 2017).

Os luvisolos, com base em BATISTA; PAIVA; MARCOLINO (2014), são encontrados no nordeste brasileiro, onde se distribuem principalmente, na zona semiárida, possuem como horizonte B textural, alta saturação por bases e argila de atividade alta, pouco profundos, de coloração avermelhada ou amarelada, com estrutura bem desenvolvida e alta fertilidade natural.

Já os Neossolos, de acordo com SANTOS (2017), são jovens, pouco evoluídos, constituídos por material mineral, apresentam horizonte superficial diretamente assente sobre a rocha intacta ou fragmentada, com pouca alteração química a, no máximo, 50

cm da superfície do solo, são rasos, normalmente cascalhentos e/ou pedregosos e com frequentes afloramentos de rocha, variando quanto a fertilidade natural. Dependendo do material de origem apresentam extrema suscetibilidade à erosão, além das dificuldades de manejo associadas a frequentes pedregosidade e rochiosidade.

**Figura 3.** Classificação dos solos do município de São José de Espinharas - PB.



Fonte:(BARROS, 1972).

## 2.5 Vegetação

O município de São José de Espinharas tem como bioma nativo a caatinga. RAMOS et al. (2015), descrevem a vegetação um dos elementos que faz parte da natureza, interage com os meios bióticos e abióticos, sua formação depende de alguns fatores como a topografia, clima, solo, disponibilidade hídrica, entre outros, por isso, pode apresentar diversos tipos de fisionomias que diferem de região para região.

Segundo SILVA; CRUZ (2018), a caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro, é o que apresenta maior biodiversidade, todavia, é um dos menos conhecidos e estudados entre os biomas adaptados ao clima semiárido, o que propicia uma maior desinformação, dificultando ações de manejo sustentável e preservação.

Para SOUZA; ARTIGAS; LIMA (2015), o bioma caatinga é o terceiro mais degradado em nosso país, mais de 45 % da vegetação encontra-se modificada, há em boa parte, indícios de estádios iniciais ou intermediários de sucessão ecológica. Isso se deu a partir do século XVII, conforme pontuam ALVES; ARAÚJO; NASCIMENTO (2009), com o desenvolvimento das atividades econômicas no sertão e o manejo inadequado dos solos, trouxeram consequências para geótopos e para as biocenoses, como por exemplo: comprometimento dos recursos hídricos, erosão, salinização e compactação dos solos, redução da diversidade biológica e da produção primária, entre outros. Como consequência das profundas alterações pelas quais vêm passando, a caatinga apresenta grandes extensões onde a desertificação já se encontra instalada, existindo uma relação estreita entre este tipo de degradação, a vegetação e os solos (SOUZA; ARTIGAS; LIMA, 2015).

O Relatório de Comitê de Bacias Hidrográficas da Bacia do Rio do Peixe (RÊGO; TRAJANO, 2005), verificou manchas de Caatinga Arbustiva Arbórea Aberta, Arbustiva Arbórea Fechada e Arbórea Fechada, com pequenas Áreas de Preservação Permanente no município de São José de Espinharas-PB. É importante destacar o fato de que, as áreas aluvionais registram grande intensidade de antropismo. Com isso, torna-se necessário observar o disciplinamento da legislação ambiental que incide sobre a área de estudo.

## **2.6 Legislação Ambiental**

Impende dizer que o conjunto de leis ambientais, a saber: Constituição Federal (Capítulo VI, do Meio Ambiente); a Lei Federal nº. 6.938/81 (Política Nacional do Meio Ambiente) e a Resolução Conama nº. 303/2002 (que dispõe sobre parâmetros, definições e limites de áreas de preservação permanente), incidem juridicamente na Área de Estudo investigada. Assim, a Constituição Federal de 1988 expõe:

Art. 225. Todos têm o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as futuras gerações (Art. 225, Capítulo VI, DO MEIO AMBIENTE, 1988).

A Lei Federal nº. 6.938/81, dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente – PMNA –, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e em seu art. 2º afirma que a PMNA objetiva a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, as condições de desenvolvimento socioeconômico e a proteção da vida humana. Ademais, o inciso II versa sobre a racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar já o inciso VI apresenta como princípio o incentivo ao estudo e a pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais; além do inciso VIII, que prevê a recuperação de áreas degradadas.

No tocante à Resolução CONAMA nº. 303/2002, a qual trata sobre parâmetros, definições e limites de áreas de preservação permanente, carece de ser observada, pois, sua violação, impacta juridicamente na região pesquisada.

## CAPÍTULO III

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Sensoriamento Remoto Aplicado a Degradação Ambiental

Historicamente, o sensoriamento remoto surgiu após a invenção da fotografia. IBRAHIN (2014) afirma que, as câmeras eram acopladas em pombos, pipas e balões cativos, para obtenção de fotos aéreas. FLORENZANO (2015), diz em seu livro que o sensoriamento pode ser dividido em dois períodos: um de 1860 a 1960, baseado no uso de fotografias aéreas, e outro, de 1960 aos dias atuais, devido à variedade de tipos de fotografias e imagens.

Só a partir de 1960, segundo TOEBE (2011), com o lançamento de satélites com sensores capazes de distinguir inúmeros objetos na superfície terrestre, entre eles a série dos satélites Landsat, possuindo alta resolução, tornou-se possível fazer o mapeamento mais preciso dos territórios e dos recursos naturais, assim como, o monitoramento para avaliar danos causados, principalmente, por ações antrópicas.

Os autores LILLESAND; KIEFER; CHIPMAN (2015) defendem que, o sensoriamento remoto pode ser definido como a ciência e a arte de se obter informações sobre um objeto, área ou fenômeno, por meio de análise de dados adquiridos por um sistema que não está em contato com esse objeto, área ou fenômeno sob investigações. A identificação de objetos em imagens produzidas por sensores remotos mediante a interpretação visual é eficaz quando o interesse é acessar as características geométricas e aparência geral deste objeto. Este conjunto de conceitos, métodos e técnicas pode estar ligado a uma finalidade principal, que é a obtenção de dados ambientais atualizados (TOEBE, 2011), para a realização da interpretação das imagens é necessário fazer o processamento dessas imagens através de softwares.

Para CÂMARA; MEDEIROS (1998), o Processamento Digital de Imagens (PDI) compreende o tratamento de imagens de satélite e o uso de “scanners”, com isso, ao recobrir em sucessivas vezes a superfície terrestre, possibilitam o estudo e monitoramento de fenômenos naturais diante do meio ambiente (FLORENZANO, 2007). Entretanto, PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH (2015), enfatizam a

importância de lembrar que as imagens são compostas por pixels, e que a visão humana permite a extração de informações mediante análise de inúmeros pixels em conjunto, e não de forma isolada. Nesse sentido, a classificação digital é um processo de reconhecimento de padrões e de objetos homogêneos que se aplica ao mapeamento de áreas consideradas pertencentes a uma única classe de objetos que constituem a legenda de mapeamento pretendido.

Segundo GALVÃO (2016), a análise espacial das imagens de satélite possibilita o alcance de resultados na identificação e delimitação de ambientes com predisposição à expansão da desertificação, além de indicar fatores que intensificam a suscetibilidade aos riscos da degradação, sendo eles: solos bastante degradados, com evidentes restrições ao uso; cobertura vegetal fortemente degradada pelos desmatamentos contínuos; atividades antrópicas resultantes da pecuária extensiva, do extrativismo (vegetal e mineral) e da agricultura itinerante, consulta de informações climáticas, socioeconômicas, mapas de uso e da ocupação da terra, cobertura vegetal, sistemas ambientais e solos, para distinguir as características socioambientais de cada região.

No âmbito nacional, o uso das imagens de satélites serve para o monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros. Esta iniciativa foi realizada por meio de um acordo de cooperação técnica entre o Ministério do Meio Ambiente e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, sendo emitidos relatórios de monitoramento, como o do Bioma Caatinga 2008-2009, onde aponta que a área total do bioma, corresponde a 826.411 km<sup>2</sup>, a área desmatada até 2008 chegava a 375.116 km<sup>2</sup>, e no período em que o relatório foi feito, 2008 a 2009, ocorreu um aumento de 1.921 km<sup>2</sup>, sendo esses apenas alguns exemplos de dos dados disponibilizados (MAGALHÃES, 2011).

No intuito de ter uma maior precisão da degradação ambiental, estão sendo realizadas pesquisas em áreas específicas, fazendo uso das geotecnologias. As que são sobre o monitoramento da vegetação associada a degradação ambiental, temos: a expansão mobiliária de forma desordenada para a zona rural, questões de degradação de bacias hidrográficas, acompanhamento espaço temporal da cobertura vegetal e níveis de degradação.

ARAGÃO (2018), em sua pesquisa sobre a degradação ambiental no entorno da alça sudoeste de Campina Grande - PB, local onde houve uma intensificação das

atividades antrópicas. Ele comparou imagens de satélite Landsat, para os anos de 1989 e 2017, possibilitando, assim, a identificação das classes de vegetação e dos níveis de degradação da área em estudo, obtendo um índice de degradação preocupante, pois, o nível grave avançou de 34,72 km<sup>2</sup> para 89,27 km<sup>2</sup>, em um período de 28 anos.

De acordo com SÁ et al., (2011), ao estudarem a degradação na região do Araripe, Pernambuco, com imagens 1998 e 2008, constataram que o impacto da degradação já se encontrava na ordem de 953,15 km<sup>2</sup>, e as atividades agropecuárias realizadas na região, eram as principais causas para esse impacto. FRANCISCO et al. (2013), ao realizarem seu trabalho, sobre a bacia hidrográfica do rio Taperoá, concluíram que o uso de imagens permitiu classificar e analisar satisfatoriamente a área de estudo.

LIMA et al. (2018), ao pesquisarem com o intuito de analisar a dinâmica espaço-temporal da cobertura vegetal do solo no município de Seridó - PB, para os anos de 1990 e 2013, elaboraram mapas de Índices de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) e as Composições Multiespectrais Ajustadas (CMA) por intermédio do software SPRING; o que propiciou a análise da variação da cobertura vegetal da região, caracterizada pelo aumento das áreas degradadas por meio de atividades antrópicas, tornando a região imprópria para as atividades agrícolas.

Considerando a vegetação um parâmetro indicador da qualidade ambiental GONÇALVES; FRANCISCO; NETO (2015), utilizaram as técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para avaliarem a cobertura e o uso da terra do município de Soledade, utilizando os programas ERDAS e o SPRING e imagens do satélite LANDSAT 5-TM, com isso, puderam observar que a vegetação se recuperou, com um aumento na classe esparsa de 20,53%, de transição 33,46% e densa 6,06% e uma diminuição na vegetação rala e solo exposto de 58,9% e 1,68% respectivamente; além de para a avaliação da degradação houve uma recuperação da vegetação em 76,06% da área.

Para CHAVES et al. (2015), na atualidade, com a disponibilização de tecnologias de sensoriamento remoto e de geoinformática, é possível realizar inventários e fazer diagnósticos com grande facilidade, de baixo custo e de amplos territórios. Em seus estudos, identificaram informações sobre vegetação, relevo e solo em um modelo estimativo para avaliar a degradação das terras da bacia hidrográfica do

rio Taperoá (5.686,4 km<sup>2</sup>), chegando à conclusão de que a vegetação apresentava altos níveis de degradação (59,2%), pois, o solo apresentava susceptibilidade à erosão (59,4%) e as terras, possuindo declividade plana e suave ondulada em 87%, contribuindo para minimizar o prognóstico da degradação, que apresenta o predomínio do grau médio de intensidade em 46,2% da bacia.

Ao analisarem as diferentes classes de cobertura vegetal no município de Taperoá – Paraíba, as imagens Thematic Mapper (TM), Landsat 5, e Operational Land Imager (OLI), Landsat 8, para os anos de 1990 e 2015, NETO et al. (2018), observaram que houve uma redução das áreas cobertas por vegetação densa, semidensa rala, rala + solo exposto e solo exposto; enquanto as áreas de vegetação semidensa e rala, tiveram progressivo aumento, devido a exploração bovina e caprina; desmatamento para pastagem; densidade populacional variável nos diferentes limites geográficos, além de implantação de loteamentos da construção civil; provocando perdas de biodiversidade, desencadeando processos erosivos e assoreamento dos açudes.

BARBOSA et al. (2007), ao usarem geotecnologias para fazer uma análise temporal do processo de degradação da terra em Picos para o período 1987/2003, com base em dados digitais de processamento e de campo, com imagens de Landsat-5, conseguiram resultados que mostravam áreas de terras com níveis de degradação do muito baixo ao muito grave, evidenciando a necessidade de ampliar as discussões sobre uma política pública nacional para o desenvolvimento sustentável do Nordeste, com o foco na redução da degradação.

MORAIS; FRANCISCO; MELO (2014), afirmam em seu trabalho, usando geotecnologias no município de São João do Cariri-PB, que com a classificação utilizada para analisar a cobertura das terras através do uso de geotecnologias, foi possível mapear a cobertura do solo com boa precisão. Na análise ambiental pode constatar que algumas áreas se apresentavam susceptíveis às degradações mais intensas ocupando 3,6% da área.

LIMA (2014), ao realizar uma análise temporal da cobertura e uso da terra da Serra da Meruoca – Ceará, com o intuito de analisar os níveis de degradação, por meio de imagens de satélites, verificou um processo de expansão urbana, técnicas agropastoris totalmente inadequadas, mineração clandestina, desmatamentos e a realização de queimadas, levando assim, a um processo de degradação forte, que

geraram problemas ambientais praticamente irreversíveis, colocando em risco a dinâmica do ciclo hidrológico, a capacidade produtiva dos solos, a cobertura vegetal, o aumento dos processos erosivos, os quais produzem modificações irrecuperável na paisagem.

Observando as características a fragilidade ambiental do município de Santiago-RS, utilizando técnicas de geoprocessamento, TERRA et al. (2016), utilizaram o mapeamento temático da declividade, uso e ocupação da terra, tipo de solo e geologia, e como resultado destacaram que município apresentava fragilidade média em 33,8% e muito alta em 29,3% de sua área. Apontou também as áreas onde existia vulnerabilidade ambiental, possibilitando um melhor planejamento ambiental.

FREIRE; PACHECO (2017), ao examinarem a degradação ambiental no bioma caatinga na região do Xingó - AL, com objetivo estabelecer uma metodologia geoespacial e espectro-temporal para mapear a degradação ambiental da vegetação, com imagens de satélite de 1989, 1995 e 2003, obtiveram resultados preocupantes, que evidenciaram um forte quadro de degradação ambiental na área em estudo, com uma significativa devastação da Caatinga, aumento de solo exposto e diminuição de áreas agropastoris, pois, cerca de 985,44 km<sup>2</sup> (22,37 %) apresentaram problemas ambientais significativos quanto ao risco de desertificação.

BALLÉN; SOUZA; LIMA (2016), enfatizam em seu estudo que pela disponibilidade das geotecnologias e modelagem de vários parâmetros biofísicos da vegetação, foi possível avaliar as mudanças espaço-temporais nas paisagens da cobertura vegetal na Área de Proteção Ambiental (APA) do Cariri por meio dos índices NDVI e SAVI, com imagens do sensor TM Landsat 5 dos anos 1989, 2005 e 2010; e em seus resultados mostram um declínio progressivo das Caatingas mais densas no período analisado, concluindo que os índices de vegetação representam um indicador da qualidade ambiental da área para um futuro planejamento ambiental.

Segundo RIBEIRO; PETRY; LIMBERGER (2018), a técnica de sensoriamento remoto é fundamental para o registro do uso da terra ao longo do tempo, pois, permite avaliar as mudanças ocorridas na paisagem; sendo também uma ferramenta de análise ambiental com enfoque na cobertura vegetal, mostrando-se eficiente nos resultados apresentados e assim, gerando importantes informações para o planejamento e gestão ambiental.

## CAPÍTULO IV

### 4. MATERIAL E MÉTODO

#### 4.1 Material

- Imagens do satélite Landsat-5 para as datas de 28 de setembro de 1998 e 23 de setembro de 2008, e Landsat-8 para a data de 21 de outubro de 2018, ambos com as imagens da órbita 216, ponto 65;
- GPS (Global Positioning System) Garmin 62s;
- Máquina fotográfica digital;
- Software: SPRING (Sistema para Processamento de Informação Georreferenciadas), versão 5.5.6, de domínio público, desenvolvido pela Divisão de Processamento de Imagem (DPI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

#### 4.2 Metodologia

A metodologia se baseou em um enfoque dedutivo e comparativo na análise dos usos e da degradação ambiental (MORAES NETO, 2003). Foi criado um banco de dados que permitirá a identificação dos padrões espaciais, temporais e semânticos da degradação ambiental, gerando informações detalhadas sobre os impactos ambientais praticados no município de São José de Espinharas. Para o estudo temporal foi feito um levantamento junto ao U.S. Geological Survey - USGS (2020) das melhores imagens dos últimos anos para a região em estudo.

A análise da degradação ambiental e da cobertura vegetal foi realizada por meio das análises digitais de imagens de satélites (fotointerpretação) e de pesquisa de campo. Para a análise das imagens digitais de satélites foi utilizado o método sistemático,

desenvolvido por VENEZIANI; ANJOS (1982). Os resultados da fotointerpretação e do processamento digital serão apresentados através de mapas, com informações sobre degradação ambiental no formato digital.

### 4.3 Processamento Digital de Imagens - PDI

No total, seis procedimentos básicos do processamento digital de imagens foram aplicados, os quais estão descritos a seguir:

#### 4.3.1 Manipulação de contraste das bandas 5, 4 e 3

A técnica de realce de contraste tem por objetivo melhorar a qualidade das imagens sob os critérios subjetivos do olho humano. O **contraste** entre dois objetos pode ser definido como a razão entre os seus níveis de cinza médios. A sua manipulação consiste numa transferência radiométrica em cada "*pixel*", com o intuito de aumentar a discriminação visual entre os objetos presentes na imagem. Realiza-se a operação ponto a ponto, independente da vizinhança. Esta transferência radiométrica é realizada com ajuda de histogramas, que são manipulados para alcançar o realce desejado (CÂMARA; MEDEIROS, 1998).

#### 4.3.2 Principais componentes das bandas 5, 4 e 3 + manipulação de contraste.

As bandas individuais de uma imagem multiespectral frequentemente são altamente correlacionadas, ou seja, as bandas são similares visual e numericamente. Esta correlação advém do efeito de sombras resultantes da topografia, da sobreposição das janelas espectrais entre bandas adjacentes e do próprio comportamento espectral dos objetos. A análise das bandas espectrais individuais pode ser então, ineficiente devido à informação redundante presente em cada uma dessas bandas. A geração de componentes principais é uma técnica de realce que reduz ou remove esta redundância espectral, e gera um novo conjunto de imagens cujas bandas individuais apresentam

informações não-disponíveis em outras bandas, pois, nelas cada valor de "*pixel*" é uma combinação linear dos valores originais.

O número de componentes principais é igual ao número de bandas espectrais utilizadas e são ordenadas de acordo com o decréscimo da variância de nível de cinza. A primeira componente principal tem a maior variância (maior contraste) e a última, a menor variância. Neste processo, utiliza-se o coeficiente de correlação ou da covariância, para se determinar um conjunto de quantidades chamadas de autovalores. Os autovalores representam o comprimento dos eixos das componentes principais de uma imagem e são medidos em unidade de variância. Associado a cada autovalor, existe um vetor de módulo unitário chamado auto-vetor. Os auto-vetores representam as direções dos eixos das componentes principais, uma vez que, são fatores de ponderação que definem a contribuição de cada banda original para uma componente principal, numa combinação aditiva e linear. Para facilitar a percepção dessas contribuições deve-se transformar os auto-vetores em porcentagens (CÂMARA; MEDEIROS, 1998).

#### 4.3.3 Operações aritméticas - razão entre bandas – IVDN das bandas 4 e 3

Nessas operações utiliza-se uma ou duas bandas de uma mesma área geográfica, previamente georreferenciada (s). A operação é realizada "*pixel*" a "*pixel*", através de uma regra matemática definida, tendo como resultado uma banda representando a combinação das bandas originais. Essas operações podem requerer um fator de ganho (multiplicativo) ou "*off-set*" (aditivo), para melhorar a qualidade de contraste da imagem. A operação de **divisão** de imagens consiste numa operação **não-linear**. Ela é utilizada para realçar as diferenças espectrais de um par de bandas, caracterizando determinadas feições da curva de assinatura espectral de alguns alvos. A operação de razão entre bandas pode:

- remover efeitos de ganho provenientes de variações espaciais ou temporais, quando ocorrem em bandas de uma mesma imagem;
- diminuir variações de radiância da imagem advindas de efeito de topografia, declividade e aspecto;
- aumentar diferenças de radiância entre solo e vegetação.

Para aumentar o contraste entre solo e vegetação, pode-se utilizar a razão entre bandas referentes ao **vermelho** e **infravermelho próximo**, constituindo assim, os chamados índices de vegetação (IVDN), por meio da seguinte equação:

$$\text{A opção } C = G \times \left( \frac{(A-B)}{(A+B)} \right) + O \text{ do SPRING, quando aplicada para:}$$

A = banda infravermelho próximo

B = banda vermelho

G = ganho (128)

O = offset (64)

#### 4.3.4 Composição multiespectral ajustada das bandas 3 + IVDN + banda 1

Consiste de uma transformação RGB onde no canal vermelho estará a banda 3, no verde a imagem IVDN e no azul a banda 1. Nessa combinação as áreas de altos valores de IVDN aparecerão em verde (ocorrência de vegetação) e as áreas de baixos valores de IVDN aparecerão em vermelho ou azul (ocorrência de solos expostos).

#### 4.3.5 Segmentação das imagens IVDN por crescimento de regiões

É uma técnica de agrupamento de dados, na qual somente as regiões adjacentes espacialmente, podem ser agrupadas. A princípio, este processo de segmentação rotula cada "pixel" como uma região distinta. Para então, calcular um critério de similaridade para cada par de região adjacente espacialmente. O critério de similaridade baseia-se em um teste de hipótese estatístico que testa a média entre as regiões. Em seguida, divide-se a imagem em um conjunto de sub-imagens e então ocorre a união entre elas, segundo um limiar de agregação definido (CÂMARA; MEDEIROS, 1998).

#### 4.3.6 Classificação de padrões das imagens IVDN

Como as imagens IVDN serão segmentadas, será utilizado o classificador Battacharya. A medida da distância de Battacharya é usada no classificador por regiões, para medir a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais, ou seja, estimar a distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais. Esse classificador requer interação do usuário, através do treinamento. Neste caso, as amostras serão as regiões formadas na segmentação de imagens (CÂMARA; MEDEIROS, 1998).

As definições das classes foram feitas a partir da análise visual das tonalidades de cinza, na tela do computador. As tonalidades de cinza claro a médio serão consideradas como representativas da cobertura vegetal; as escuras como de corpos d'água e as tonalidades de cinza de médio a escuro do solo exposto. As imagens classificadas serão vetorizadas através da função Mapeamento, o que permitirá fazer uma quantificação das diferentes classes de vegetação, solo e água para cada município estudado. A quantificação das áreas em km<sup>2</sup> será considerada relativa, embora a soma de seus valores corresponda ao total da área territorial do município.

#### **4.5 Trabalho de Campo**

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

#### **4.6 Elaboração dos Mapas Temáticos**

A elaboração final dos mapas foi realizada no Laboratório de Sensoriamento Remoto da Universidade Federal de Campina Grande. O Software: SPRING (Sistema para Processamento de Informação Georreferenciadas), versão 5.5.2, foi utilizado para gerar toda a base de dados georreferenciada. Para a estratégia de ação utilizou-se de informações da fotointerpretação, do processamento digital de imagens, do trabalho de

campo e bibliográfico, como dados de entrada nos sistemas, pela transferência eletrônica para a criação de uma base de dados georreferenciada para a área estudada.

#### 4.7 Análise da Degradação das Terras e da Cobertura Vegetal

A análise da degradação ambiental foi realizada a partir dos resultados encontrados nos mapas dos níveis de degradação das terras e das classes de cobertura vegetal, conforme a Tabela 1, seguindo o que foi proposto por Moraes Neto (2003).

**Tabela 1.** Indicadores utilizados para análise dos níveis de degradação ambiental.

Indicadores	Características	Níveis de Degradação
Vegetação	Rala, porte predominante arbustivo com poucos exemplares arbóreos	Muito Grave/grave
Uso da Terra	Áreas de vegetação nativa intercaladas com áreas de cultura e pastagem/área urbana. Pecuária extensiva e semiextensiva	
Erosão	Acentuada. Em áreas de relevo plano a suave ondulado predomina erosão laminar. Em relevo mais declivoso podem aparecer sulcos em alguns pontos ravinas e voçorocas.	
Detritos orgânicos na superfície	Poucos, nas áreas de vegetação nativa.	
Densidade populacional	Média a média alta.	
Vegetação	Densidade média, porte predominante arbustivo com exemplares arbóreos.	Moderado Grave
Uso da Terra	Vegetação nativa, pecuária extensiva.	
Erosão	Moderado, laminar.	
Detritos orgânicos na superfície	Presente em quantidade média.	
Densidade populacional	Média a alta.	
Vegetação	Densidade média, porte predominante arbustivo com exemplares arbóreos.	Moderado
Uso da Terra	Vegetação nativa, pecuária extensiva.	

Erosão	Moderada, laminar, com ou sem a presença de sulcos.	
Detritos orgânicos na superfície	Presente em quantidade média.	
Densidade populacional	Média a alta.	
Vegetação	Densidade alta, porte arbóreo e arbustivo	
Uso da Terra	Vegetação nativa, culturas agrícolas; pastos; pecuária extensiva.	
Erosão	Baixa. Laminar. Ausência de sulcos.	Moderado Baixo
Detritos orgânicos na superfície	Quantidade de média a alta.	
Densidade populacional	Baixa à média.	
Vegetação	Densidade alta a muito alta, porte predominantemente arbóreo e arbustivo.	
Uso da Terra	Vegetação nativa	Moderado Muito Baixo
Erosão	Ausente	
Detritos orgânicos na superfície	Quantidades expressivas; presença de gramíneas e herbáceas.	
Densidade populacional	Muito baixa ou nula.	

Fonte: Morais Neto (2003).

## CAPÍTULO V

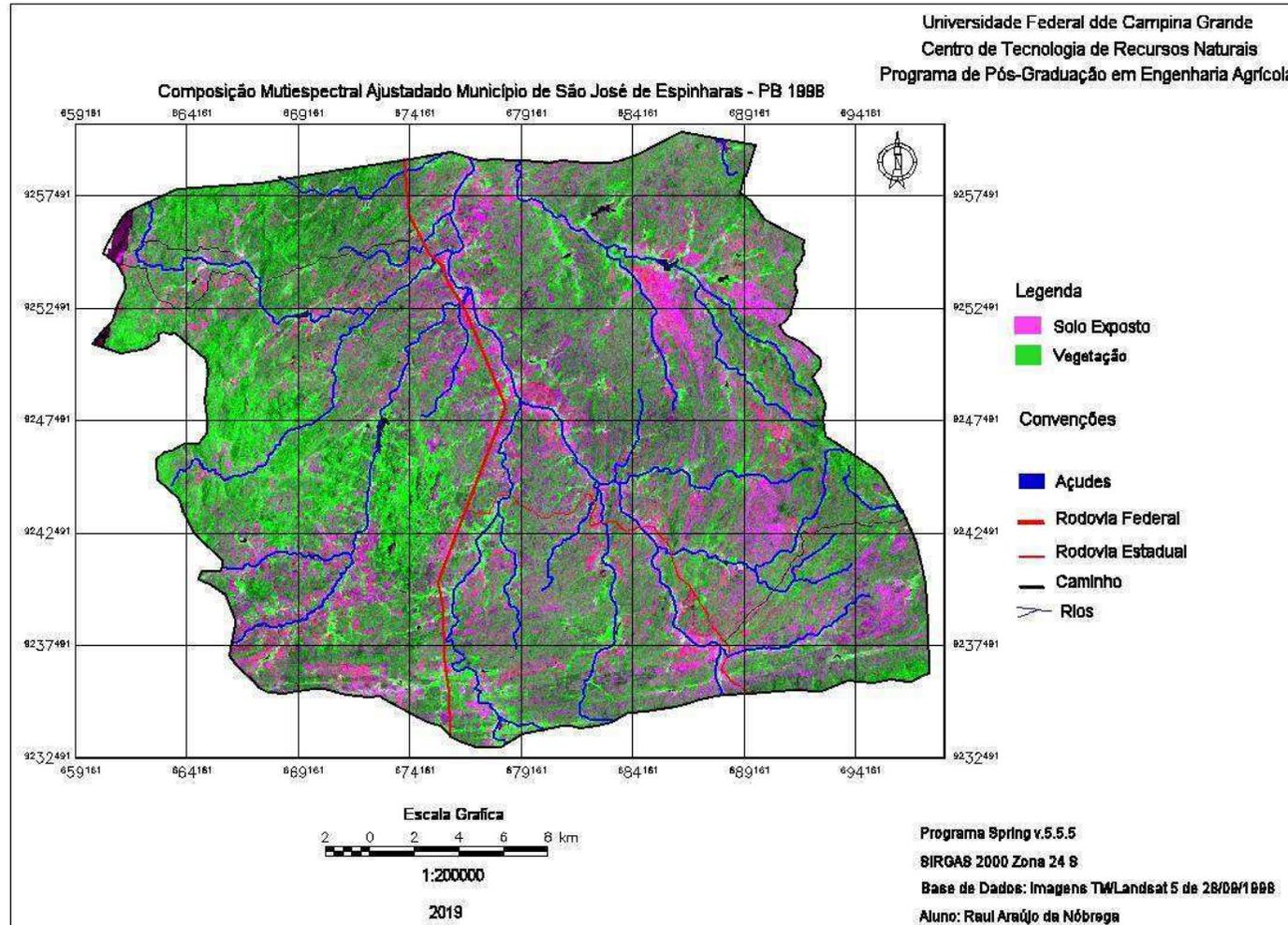
### 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a escolha das imagens foi levado em consideração o período de tempo de 10 anos, e o fator de melhor resolução, ou seja, sem a presença de nuvens sobre a área delimitada pelo município de São José de Espinharas. Para o estudo espaço-temporal da cobertura vegetal e da degradação do município foram elaborados mapas utilizando o Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING 5. 5. 6), a partir das imagens orbitais: 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.

Também foi realizada uma visita ao local de estudo para melhor interpretar os dados, gerando um mapa e tabela com os pontos visitados (Anexos D e E), a fim de ter uma melhor compreensão da classificação da vegetação. Para auxiliar na classificação foi feita a Composição Multiespectral Ajustada – CMA para os anos 1998 (Figura 4), 2008 (Figura 5) e 2018 (Figura 6). Pode-se observar nas Figuras as áreas com baixo índice de vegetação, com o solo exposto, que são identificadas pela cor magenta. Em contrapartida, as áreas onde a vegetação se encontra com tom esverdeado mais claro, foram usadas para inferir predominância da vegetação densa, enquanto que nas áreas com a tonalidade que apresenta um verde mais escuro, representam a vegetação estressada sob o ponto de vista hídrico.

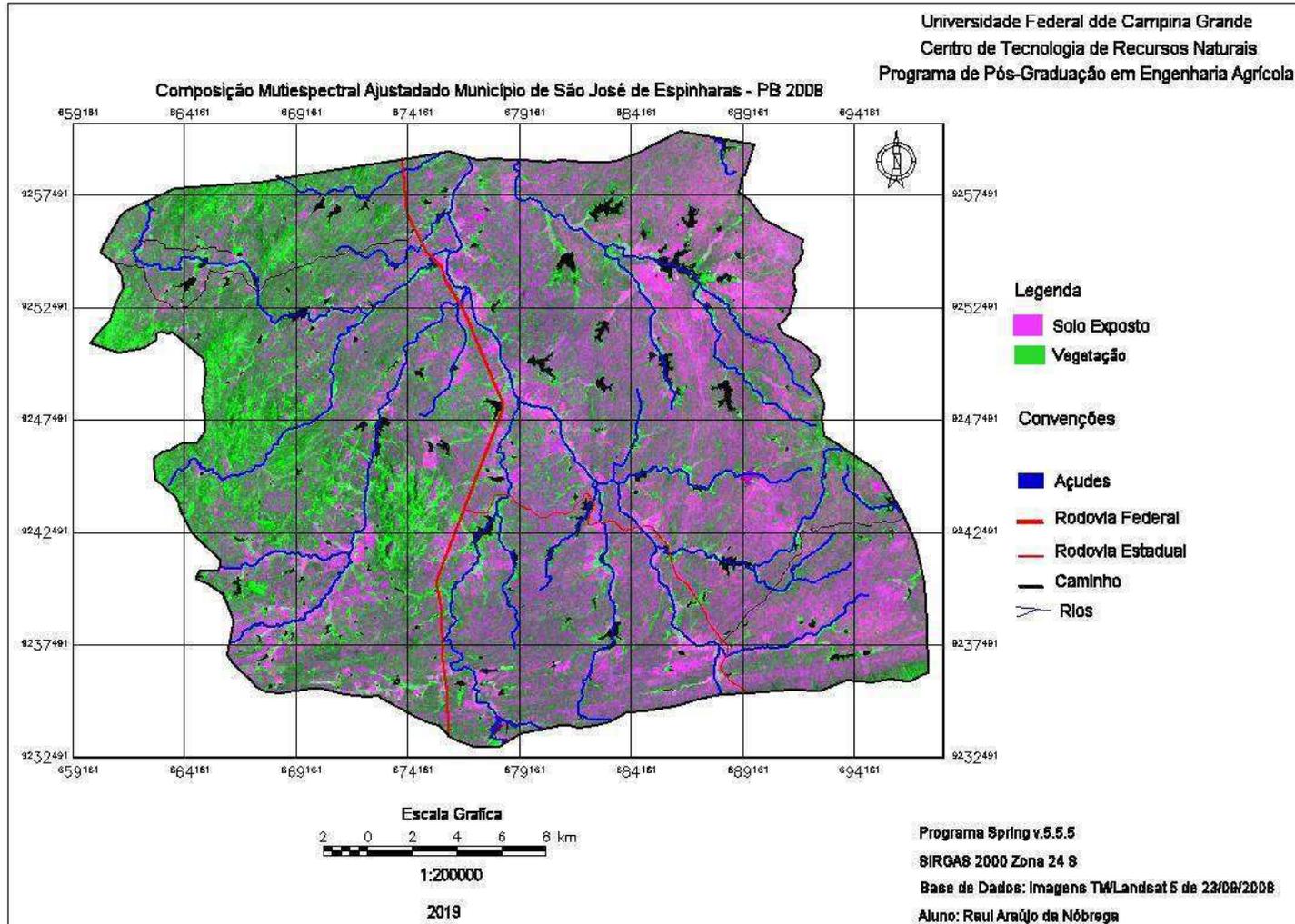
Como pode-se perceber, no ano de 1998 houve uma maior quantidade de solo exposto, principalmente, próximo aos cursos d'água. O Rio Espinharas é o principal curso d'água do município, sendo importante para a exploração agrícola por parte dos moradores locais, que criam gado de forma extensiva. Segundo relatos dos moradores, historicamente, o município explorou até meados da década de 80 a cultura do algodão, em grandes extensões de terra, além de ter sido um ano de pouca precipitação, onde a média anual foi menor do que 100 mm, o verde claro corresponde às áreas de serra, Serra do Tronco e Serra do Feijão, um local que não era usado para a agricultura e que possui uma boa rede de drenagem.

**Figura 4.** Composição Multiespectral Ajustada do município de São José de Espinharas - PB, para o ano de 1998.



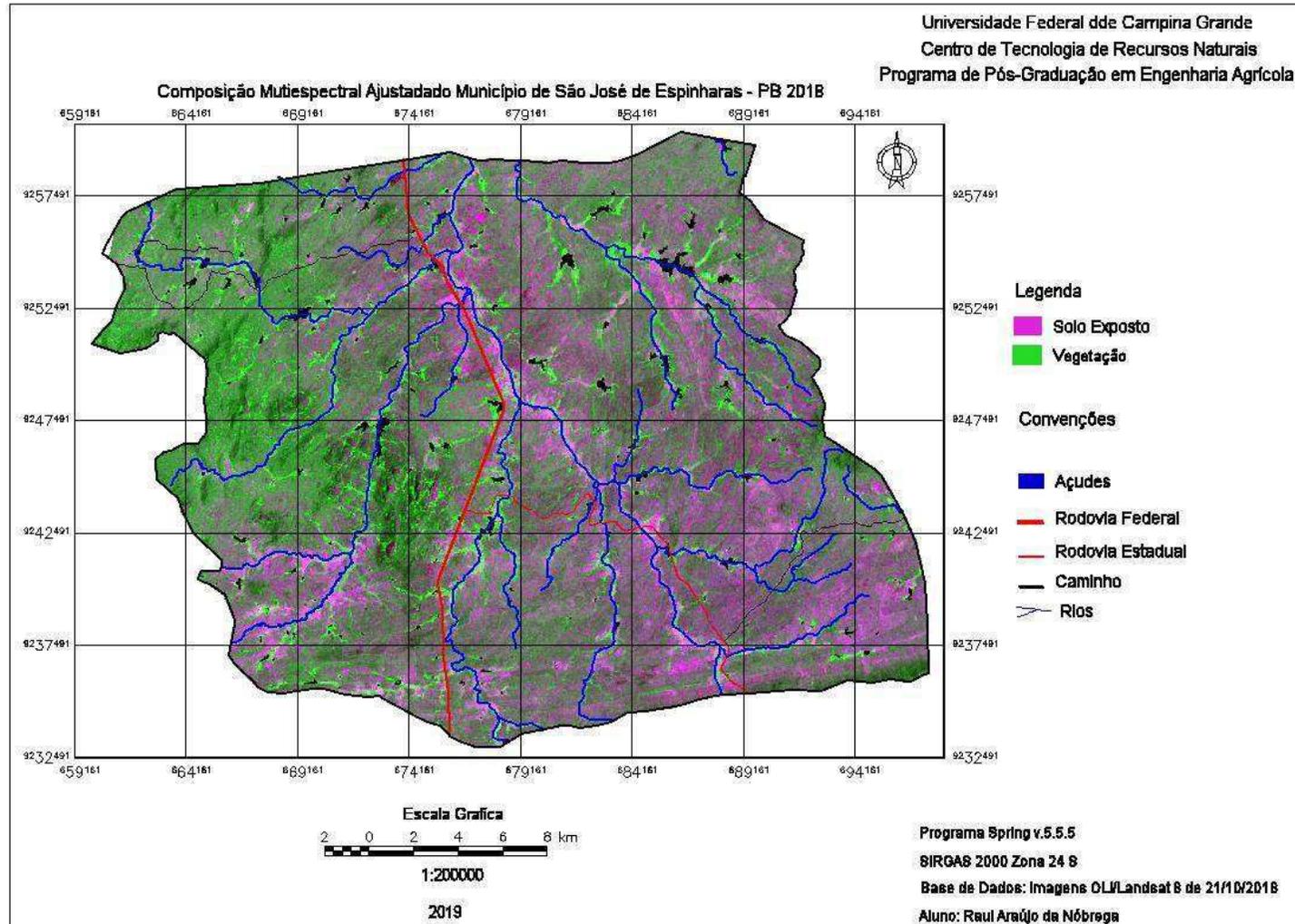
Fonte: Autor (2020)

**Figura 5.** Composição Multiespectral Ajustada do município de São José de Espinharas - PB, para o ano de 2008.



Fonte: Autor (2020)

**Figura 6.** Composição Multiespectral Ajustada do município de São José de Espinharas – PB, para o ano de 2018.



Fonte: Autor (2020)

No período de 2008 a 2018, ainda existem áreas com solo exposto e a cor verde-escura começa a ser predominante devido ao estresse hídrico da vegetação. As imagens são de meses que normalmente não ocorre precipitação, em consonância com os estudos de SANTOS et al. (2019), quando mencionam que os valores mínimos do IVDN ocorreram nos meses de setembro e outubro. Um outro fator que colabora para a redução do solo exposto reside no abandono das áreas agrícolas e a sua regeneração gradativa.

### 5.1 Mapas Digitais das Classes de Vegetação

Na Tabela 2, vê-se a vegetação classificada em muito densa, densa, semidensa, semidensa rala, rala e solo exposto, com suas respectivas áreas em Km<sup>2</sup> e porcentagem correspondente do município. Com a classificação, pode-se constatar a quantidade de vegetação ainda remanescente ou as que sofreram alterações e ainda a quantidade de solo exposto. Também foi possível inferir que houve aumento da área urbana e uma variação do volume de água armazenada.

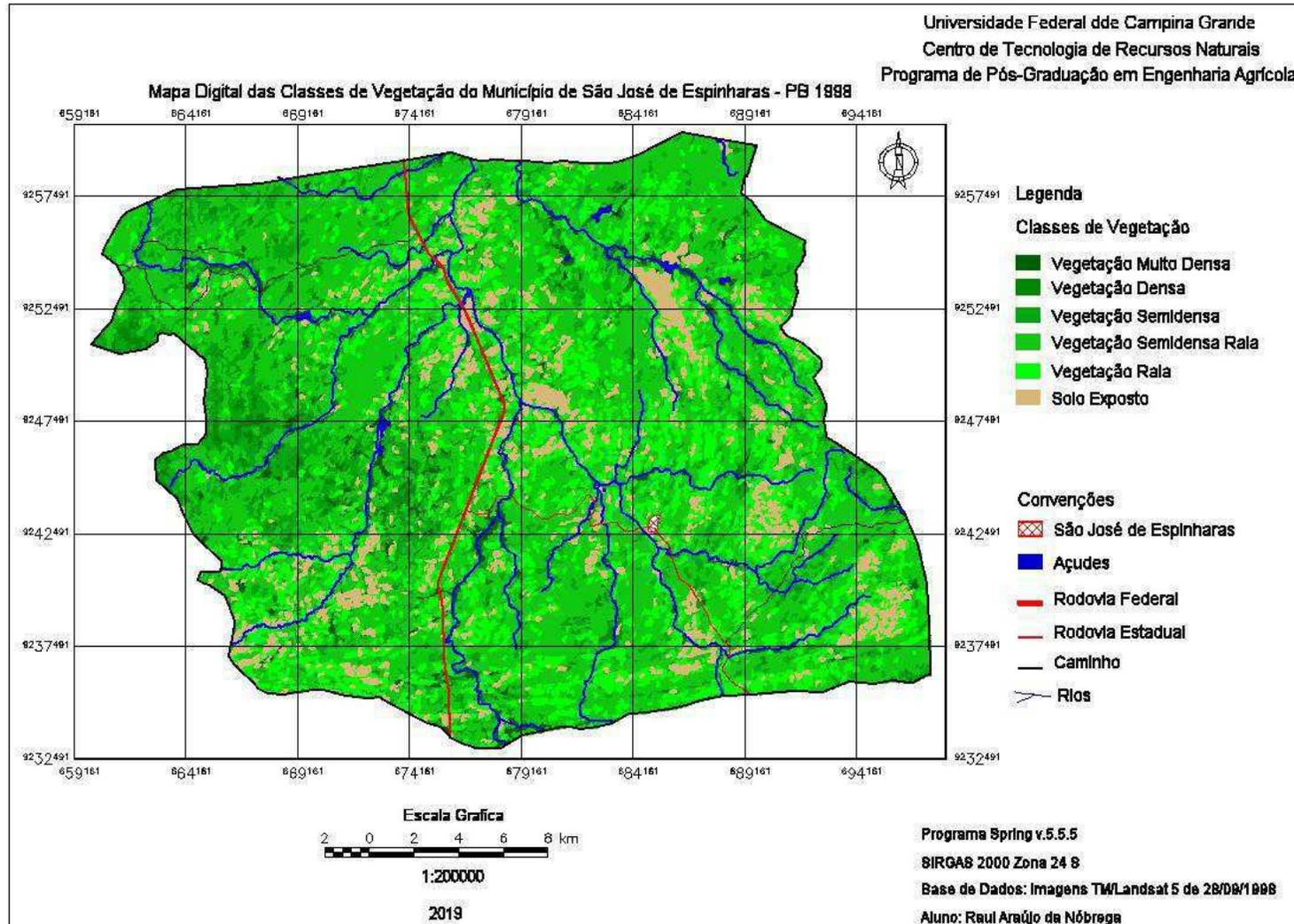
**Tabela 2.** Classificação da vegetação do município de São José de Espinharas – PB, num período de 20 anos.

Classes de Vegetação	Período					
	1998		2008		2018	
	(Km <sup>2</sup> )	(%)	(Km <sup>2</sup> )	(%)	(Km <sup>2</sup> )	(%)
Muito Densa	30,5650	4,21	26,8393	3,70	27,4312	3,78
Densa	31,2772	4,31	3,6397	0,50	60,9966	8,41
Semidensa	91,2029	12,57	126,5565	17,44	306,5044	42,24
Semidensa Rala	388,6711	53,57	491,9438	67,80	278,5346	38,39
Rala	129,4061	17,84	53,8185	7,42	26,8418	3,70
Solo Exposto	52,8919	7,29	8,7732	1,21	19,1447	2,64
Água	1,2355	0,17	13,6876	1,89	5,6066	0,77
Área Urbana	0,2973	0,04	0,3020	0,04	0,4889	0,07
Total	725,55	100	725,56	100	725,55	100

Fonte: Autor (2020)

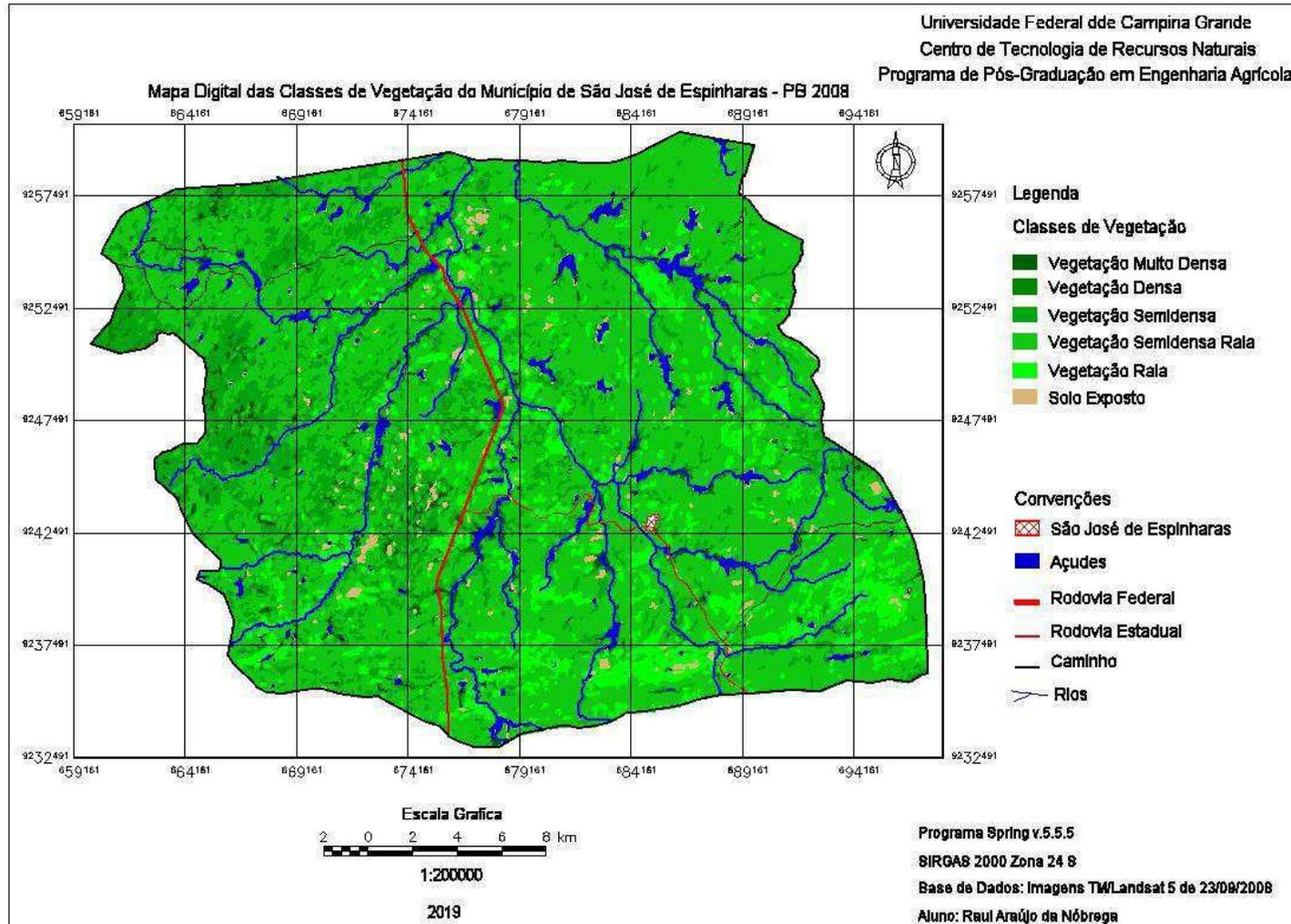
Para melhor visualização da classificação da vegetação, foram feitos mapas digitais da classificação da vegetação para os anos de 1998 (Figura 7), 2008 (Figura 8) e 2018 (Figura 9).

**Figura 7.** Mapa digital das Classes de Vegetação do município de São José de Espinharas - PB, para o ano de 1998.



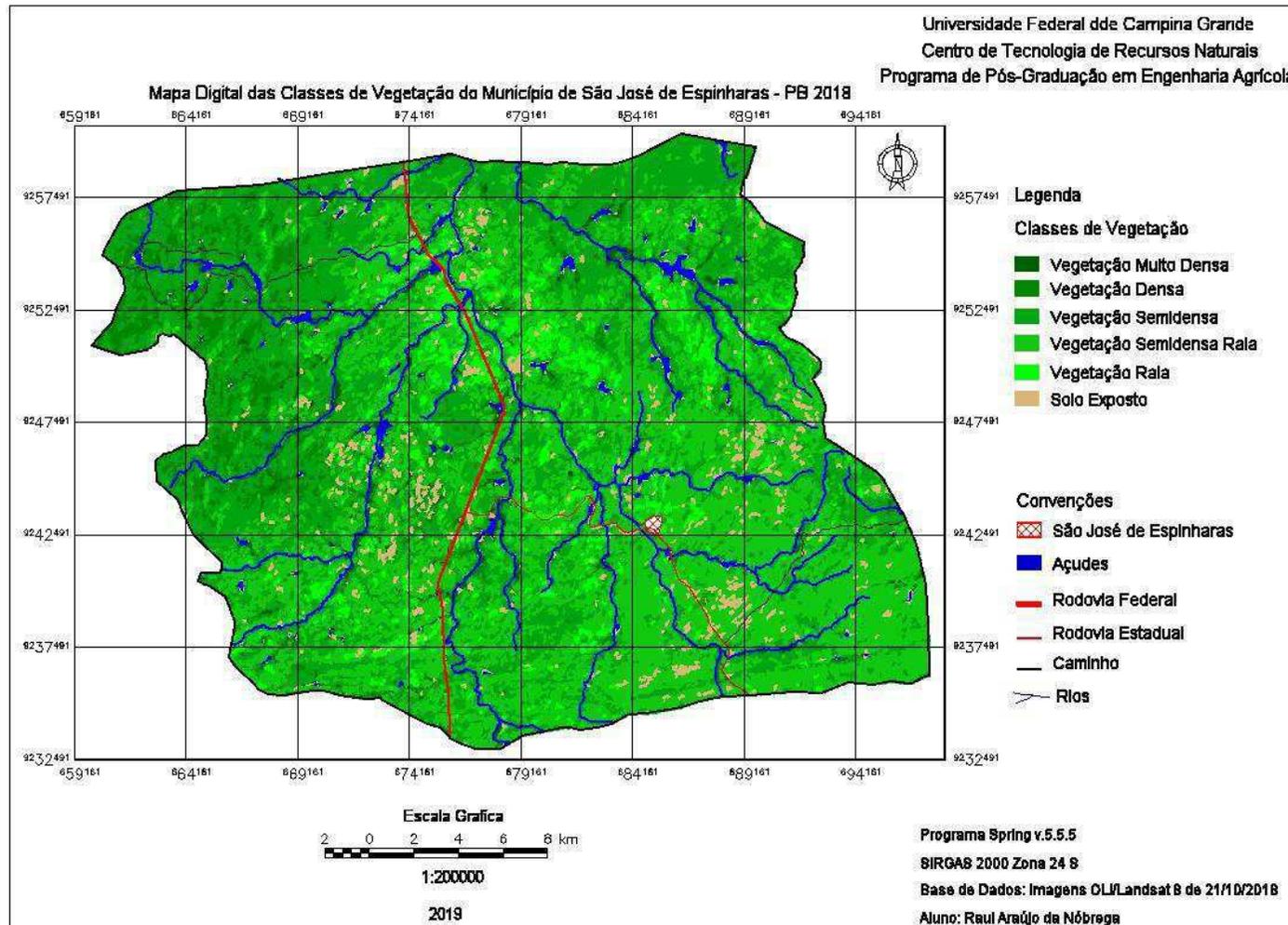
Fonte: Autor (2020)

**Figura 8.** Mapa digital das Classes de Vegetação do município de São José de Espinharas - PB, para o ano de 2008.



Fonte: Autor (2020)

**Figura 9.** Mapa digital das Classes de Vegetação do município de São José de Espinharas - PB, para o ano de 2018.



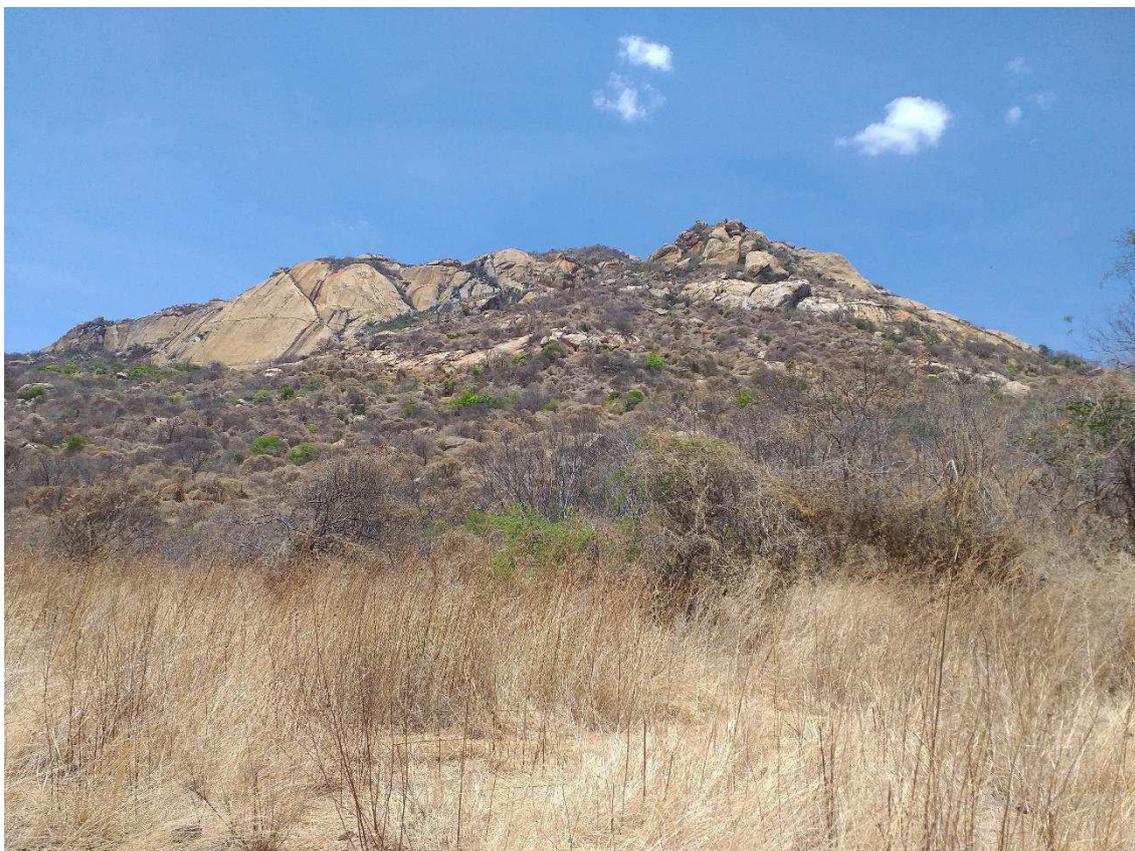
Fonte: Autor (2020)

### 5.1.1 Classe de Vegetação Muito Densa

A vegetação muito densa, em sua maioria corresponde às áreas de serra, e por se tratarem de áreas de relevo declivoso e com alta pedregosidade, com afloramentos rochosos, dificulta a prática da agricultura (Figura 10). De acordo com a AESA (2019), existem 4 (quatro) Áreas de Preservação Permanente no Município de São José de Espinharas – PB (Anexo F), são elas: Serra do Tronco, 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).

**Figura 10.** Ponto de observação 16. Área de preservação permanente, Serra do Tronco, no município de São José de Espinharas - PB.



Fonte: Autor (2019)

A Classe de Vegetação Densa apresenta perdas de áreas, quando se comparam os anos de 1998, 2008 e 2018. Nos primeiros 10 anos, a área de vegetação reduziu de 30,565 Km<sup>2</sup> para 26,8393 Km<sup>2</sup>, por causa do extrativismo vegetal e a exploração da área. Já entre 2008 e 2018 houve uma ligeira recuperação correspondendo a 27,4312 Km<sup>2</sup>, ou seja, apenas 3,78 % do território total do município (725,25 Km<sup>2</sup>). Esse aumento pode ser resultado do abandono das terras, antes ocupadas pela agricultura de sequeiro, como também da criação das áreas de preservação.

Um outro fator que se deve levar em consideração, é que as áreas próximas aos rios por estarem em locais com o solo úmido, a vegetação apresenta a mesma refletância da classe de vegetação muito densa (Figura 11).

**Figura 11.** Ponto de observação 17. Rio Espinharas, no período de estiagem, com exemplares arbóreos, principalmente algaroba, nas margens.



Fonte: Autor (2019)

As áreas que se encontram próximas aos rios estão bastante desmatadas; podemos destacar o principal curso d'água do município, o Rio Espinharas, com apenas algumas árvores no seu leito, contendo muitos exemplares de algaroba e em alguns pontos plantações de capim. Como se trata de locais onde o solo encontra-se úmido, a vegetação próxima aparece nas imagens mais exuberantes, confundindo com

pigmentação de uma mata muito densa, como a das áreas de preservação. Em seu trabalho, com mapeamento dos fragmentos florestais de *Prosopis Juliflora* usando o sensoriamento remoto no norte da Bahia, SANTOS; PEDREIRA; 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.

### 5.1.2 Classe de Vegetação Densa

A Classe de Vegetação Densa (Figura 12) do município não é muito diferente da Classe de Vegetação Muito Densa, ela corresponde à caatinga remanescente, que se encontra nas áreas mais elevadas. De 1998 para 2008 houve uma grande perda da vegetação densa, de 31,2772 para 3,6397 km<sup>2</sup>, restando apenas 0,5%.

**Figura 12.** Ponto de observação 21. Área próxima à serra no município de São José de Espinharas - PB, com exemplares de vegetação arbustiva, presença de matéria orgânica sobre o solo e gramíneas nativas.



Fonte: Autor (2019)

Devido ao abandono das áreas agrícolas e a redução do rebanho de gado, a caatinga passou a se regenerar, chegando a 60,9966 Km<sup>2</sup>, um pouco mais que o dobro da vegetação que existia em 1998. Essa classe de vegetação corresponde a exemplares arbustivas e arbóreas, como: juá, cumaru, angico, pau-d'arco, cipó, mufumbo, contendo gramíneas nativas e matéria orgânica sobre o solo. Verifica-se na área contendo a Classe de Vegetação Densidade, baixa densidade demográfica.

### 5.1.3 Classe de Vegetação Semidensa

A classe de vegetação semidensa, aumentou de área ao longo das décadas, passando de 12,57 % em 1998 para 42,24 % em 2018, correspondendo à maior classe de vegetação (Figura 13), que se caracteriza pela presença de matéria orgânica sobre o solo, tais como gramíneas nativas, vegetação arbustiva.

**Figura 13.** Ponto de observação 22. Vegetação semidensa, apresentando locais de solo exposto e vegetação arbustiva espaçada, ao fundo uma serra que possui vegetação densa.



Fonte: Autor (2019)

Também pode-se perceber que em alguns pontos a vegetação semidensa encontra-se em transição com a vegetação densa, apresentando exemplares arbóreos espaçados e arbustivos. Enquanto que em locais em transição com a vegetação rala, estão exemplares arbustivos mais espaçados, cactáceas, gramíneas nativas e manchas de solo exposto, e em ambos os casos há pecuária extensiva no local. O mesmo fato foi constatado por MEDEIROS et al. (2019), ao estudarem a Sub Bacia de Rio Espinharas; 65,27% da vegetação apresenta homogeneidade, caracterizada por arbustos espaçados e representantes arbóreos em áreas antes produtivas. As áreas com a Classe de Vegetação Semidensa, apresentam uma população baixa.

#### 5.1.4 Classe de Vegetação Rala

A vegetação rala diminuiu de área com o tempo, passando de 17,84 % em 1998, para 3,70 % em 2018, devido à redução das práticas agrícolas. Para o ano de 2008 ela representava 7,42 % do território do município, ou seja, a recuperação da vegetação rala se deu de forma gradativa (Figura 14).

**Figura 14.** Ponto de observação 09. Vegetação rala do município de São José de Espinharas - PB, observa-se solo coberto por gramíneas nativas, cascalhos e arbustos.



Fonte: Autor (2019)

Essa classe de vegetação apresenta-se em transição em alguns pontos com a vegetação semidensa, pela presença de arbustivos, arbóreos espaçados e apresentar solo exposto. É predominante próximo aos rios e açudes, onde há uma população média alta, com atividade econômica principal a pecuária extensiva. Sobre esse assunto, MORAIS; FRANCISCO; MELO (2014), ao trabalharem com a classificação do uso do solo em São João do Cariri, no período de 2009, constataram que a vegetação de densidade baixa é predominante em 48,3% da área de estudo, próxima ao rio Taperoá, com elevada densidade demográfica, o que torna evidente que a presença humana tem um papel fundamental na densidade da vegetação.

#### 5.1.5 Classe de Solo Exposto

A Classe de Solo Exposto reduziu de 7,29% para 1,21%, de 1998 para 2008, tendo um pequeno aumento em 2018, chegando a 2,64 %; o que pode ser um indício de locais desmatados para o cultivo de sequeiro (Figura 15), e por estar em período de estiagem, eles ficam com o solo exposto.

**Figura 15.** Ponto de observação 23. Área de solo exposto no município São Jose de Espinharas -PB. Usada para pecuária extensiva e agricultura, também é um riacho.



Fonte: Autor (2019)

O aumento do solo exposto em 2018 no município de São José de Espinharas, foi constatado por DEMARCHI; PIROLI; ZIMBACK (2011) ao fazerem comparativa temporal entre as classes de uso do solo no período seco (outono), de 2007 e 2009, em Santa Cruz do Rio Pardo – SP, verificaram que a área de solo exposto aumentou de 14,7 % para 25,8 %, justificado pelo período de colheita e entressafras no município.

Também deve-se levar em consideração que o solo exposto corresponde a locais próximos aos rios, zona utilizada para a agricultura de sequeiro e local de preferência para colocar o gado. TERRA et al. (2016), realizaram o mapeamento das classes de vegetação do município de Santiago – RS, e identificaram que o solo exposto e a urbanização correspondiam a 17,69% do território correspondendo a locais próximos à área agrícola do município. Já GUEDES; MEDEIROS; COSTA (2016), ao caracterizarem a microbacia do Rio Barra Nova – RN/PB, perceberam que cerca de 31,28% da área tinha solo exposto, e necessitava de intervenção rápida no sentido de recuperá-la, devido seu alto grau de degradação e/ou susceptibilidade à erosão do solo.

## 5.2 Mapa Digital dos Níveis de Degradação

Na Tabela 3, é possível observar os níveis de degradação, por área em Km<sup>2</sup> e porcentagem correspondente, para os anos de 1998, 2008 e 2018, no município avaliado.

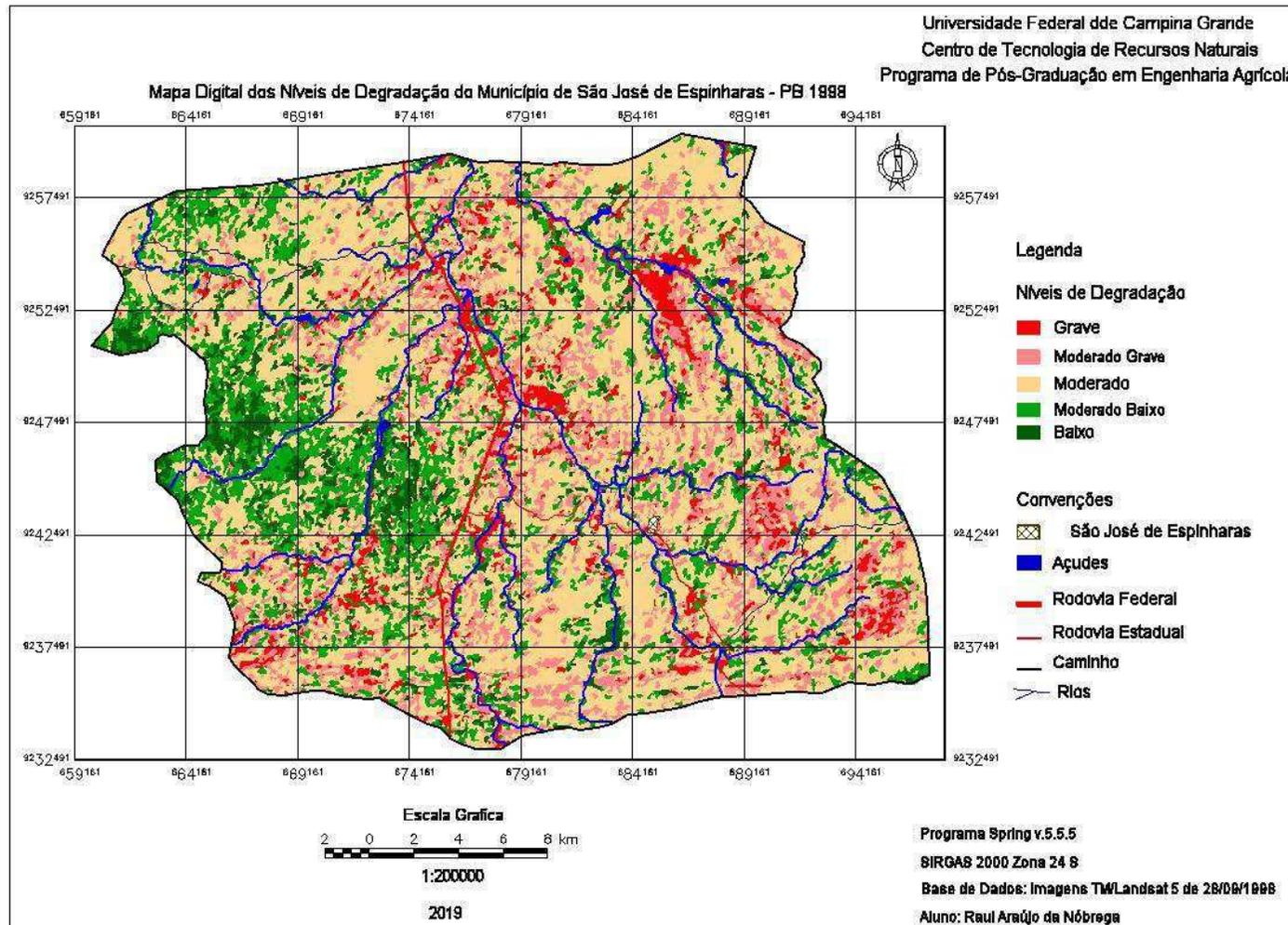
**Tabela 3.** Níveis de degradação do município de São José de Espinharas – PB.

Níveis de Degradação	Período					
	1998		2008		2018	
	(Km <sup>2</sup> )	(%)	(Km <sup>2</sup> )	(%)	(Km <sup>2</sup> )	(%)
Grave	71,9661	9,92	25,3221	3,49	40,5148	5,58
Moderado Grave	130,8931	18,05	53,8173	7,42	28,2443	3,89
Moderado	391,1158	53,92	491,9303	67,80	279,5843	38,53
Moderado Baixo	97,5209	13,45	128,8671	17,76	308,4110	42,51
Baixo	32,2909	4,45	11,6696	1,61	62,7661	8,65
Área Urbana	0,2973	0,04	0,3020	0,04	0,4889	0,07
Água	1,2324	0,17	13,6522	1,88	5,5381	0,76
Total:	725,3164	100	725,5607	100	725,5475	100

Fonte: Autor (2019)

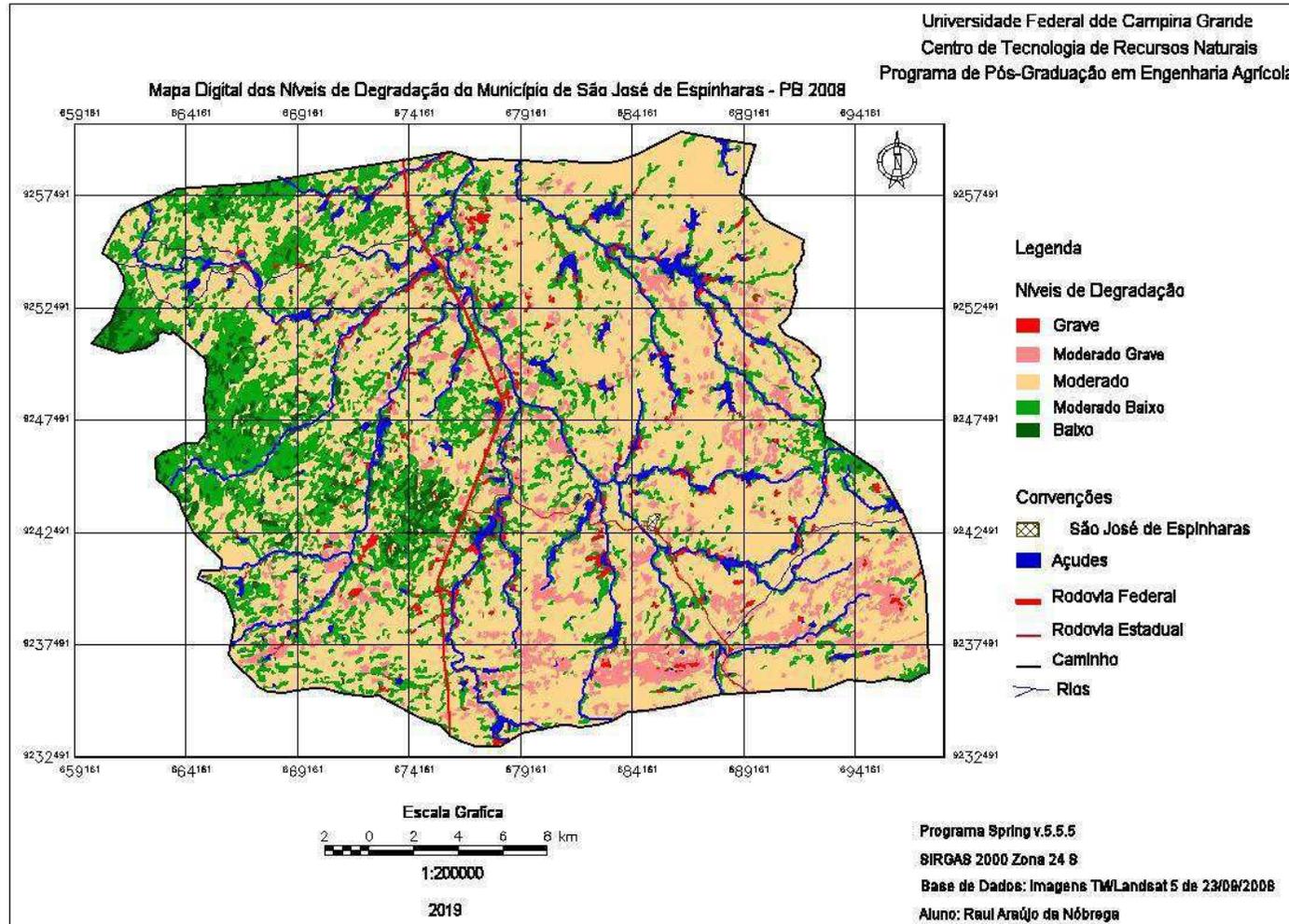
Para melhor visualização da classificação da vegetação, foram elaborados mapas digitais de níveis de degradação para os anos de 1998 (Figura 16), 2008 (Figura 17) e 2018 (Figura 18).

**Figura 16.** Mapa Digital dos Níveis de Degradação do município de São José de Espinharas - PB, para o ano de 1998.



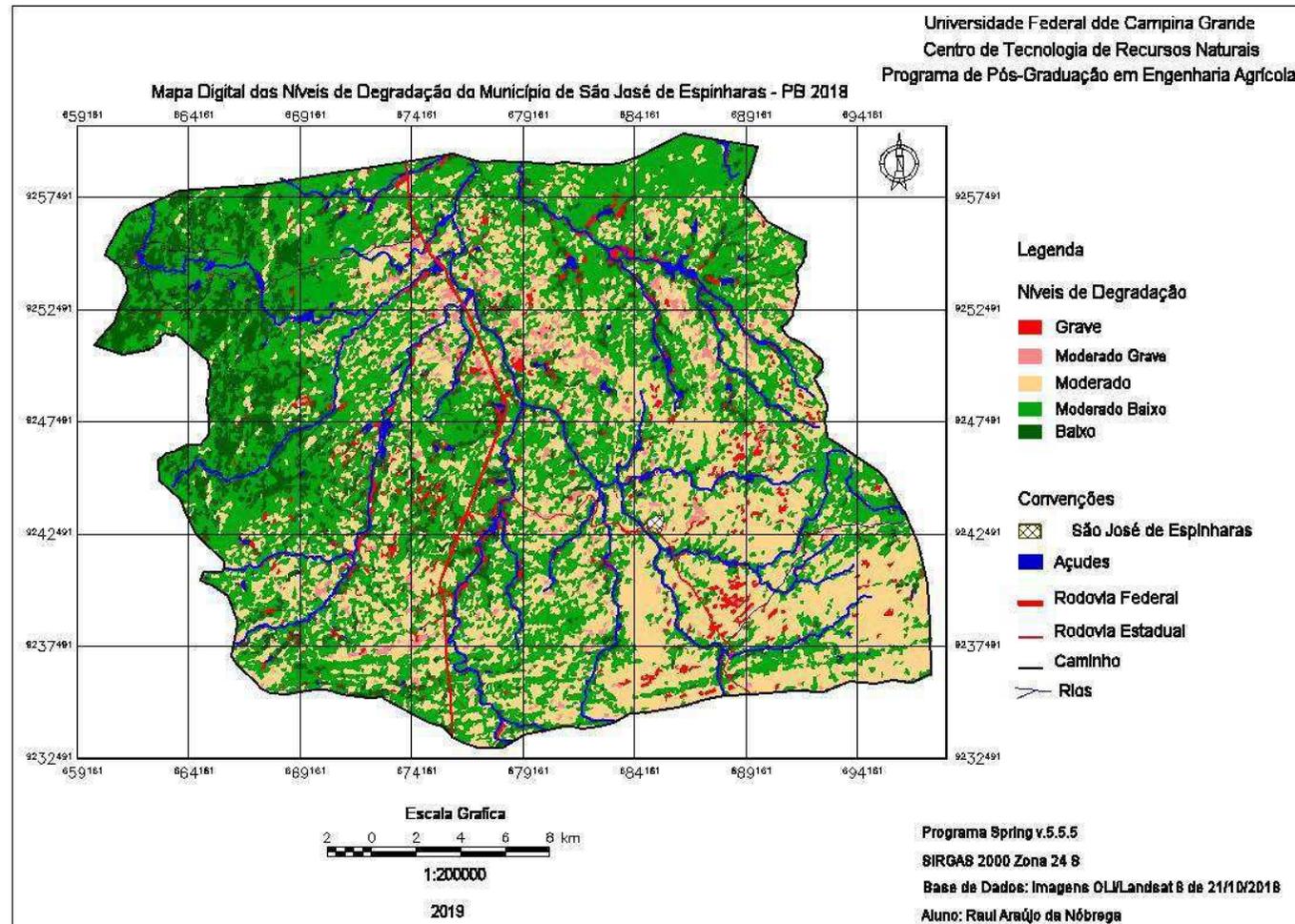
Fonte: Autor (2020)

**Figura 17.** Mapa Digital dos Níveis de Degradação do município de São José de Espinharas - PB, para o ano de 1998.



Fonte: Autor (2020)

**Figura 18.** Mapa Digital dos Níveis de Degradação do município de São José de Espinharas - PB, para o ano de 2018.



Fonte: Autor (2020)

### 5.2.1 Nível de Degradação Grave

O nível de degradação mais grave ocorre em locais de pecuária extensiva, mais especificamente com agricultura de sequeiro (Figura 19), geralmente, próximo aos rios e com uma densidade populacional mais elevada. Como pode-se constatar no período de 1998 para 2008 a degradação reduziu, de 9,92 % para 3,49 %, o que pode ser justificado pela redução da presença humana na zona rural e abandono das áreas, que antes eram produtivas.

**Figura 19.** Ponto de observação 23. Área utilizada para o plantio de sequeiro e pecuária extensiva.



Fonte: Autor (2019)

Enquanto que no período de 2008 para 2018, ocorreu um aumento, passando a ter 5,58 %. MEDEIROS et al. (2019) ao analisarem as variáveis morfométricas da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Espinharas usando o SIG, sinalizaram que 1,75% (57.46 km<sup>2</sup>) da áreas de estudo possuíam um forte antropismo com trechos altamente degradadas, caracterizadas por áreas com intensidade muito alta de uso do solo, elevado grau de desmatamento, solos expostos, pedregoso, erodidas e impróprios para agricultura.

Em seu trabalho com imagens de 2009, CHAVES et al. (2015), observaram que na bacia hidrográfica do Rio Taperoá, cerca de 26,9 % da área estava com alto nível de degradação, principalmente, ao longo da drenagem. BALLÉN; SOUZA; LIMA (2016), também constataram em seu trabalho, com análise espaço-temporal da cobertura vegetal na área de proteção ambiental do Cariri, Paraíba, Brasil, que as áreas próximas aos cursos hídricos foram mais exploradas, por causa da presença de água no lençol freático, onde são realizadas as lavouras de ciclo curto como o milho e o feijão.

### 5.2.2 Nível de Degradação Moderado Grave

Este nível de degradação teve uma redução durante o período em estudo, saindo de 18,04 % em 1998 para 3,89 % em 2018. Possivelmente, essas áreas se recuperaram, uma vez que, a vegetação se regenera quando não há interferência antrópica no local, restando alguns trechos, como na Figura 20, local utilizado para a pecuária extensiva, onde há presença de gramíneas, matéria orgânica sobre o solo e trechos de solo exposto.

**Figura 20.** Ponto de observação 06. Local de pecuária bovina no município de São Jose de Espinharas - PB.



Fonte: Autor (2019)

BARBOSA et al. (2007), destacam em seus estudos sobre a degradação das terras município de Picos – PI, que a característica para o nível moderado grave é a densidade populacional que varia de média a alta, solos pedregosos e muitas vezes expostos, formando clareiras entre as manchas de vegetação semidensa rala, com início de erosão, inclusive, em áreas de pasto plantado.

### 5.2.3 Nível de Degradação Moderado

O Nível de Degradação Moderado era o maior nível em 1998 (53,92 %) com um aumento em 2008, chegando a 67,8 % da área total do município, a redução dos níveis de grave e moderado grave para o mesmo período colabora para esse aumento. No ano de 2018, passa então a ser o segundo maior nível (Figura 21), correspondendo a 38,53 %.

**Figura 21.** Ponto de observação 04. Área com a degradação moderada no município de São José de espinharas - PB, apresentando solo exposto, gramíneas nativas, vegetação arbustiva e matéria orgânica sobre o solo.



Fonte: Autor (2019)

A redução do Nível da Degradação Moderado, pode ser justificada, devido a vegetação do município, que é em sua maioria uma vegetação semidensa a densa, mostrando a recuperação da vegetação ao longo dos anos, sem a interferência antrópica. CHAVES et al. (2015), enfatizam que o relevo ondulado, declividade plana, contribuiu para minimizar o seu prognóstico, ocorrendo um predomínio da classe da degradação de grau médio em 46,2% em seus estudos.

#### 5.2.4 Nível de Degradação Moderado Baixo

O Nível de Degradação Moderado Baixo (Figura 22) correspondia a 13,44 % em 1998, passando a ter 17,76% em 2008. Esses níveis de degradação representam a maior parte do território em 2018, totalizando de 42,5 %. SÁ et al. (2011), em seu trabalho, sobre a degradação no Araripe -PE, usando o sensoriamento remoto, perceberam que esse nível de degradação englobou as áreas onde não houve mudanças no ambiente e a vegetação natural se encontra em estágio de regeneração.

**Figura 22.** Ponto de observação 11. Vegetação arbustiva arbórea próxima à divisa com Serra Negra do Norte - RN.



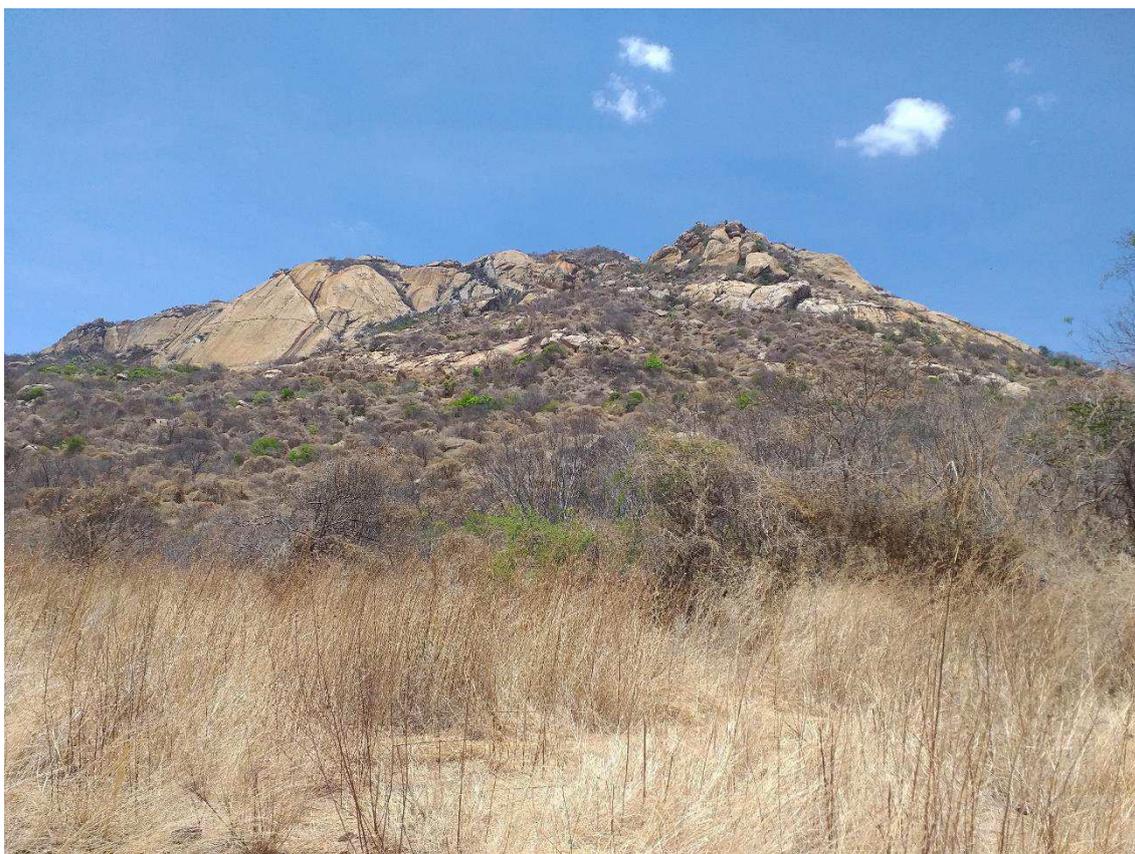
Fonte: Autor (2019)

Um fator que reforça a regeneração da vegetação é o fato dos moradores da zona rural estarem deixando de explorar a terra, abandonando as atividades agrícolas migrando para a cidade, e assim, a vegetação passa a ocupar as áreas abandonadas, aumentando sua densidade de forma lenta e gradativa.

#### 5.2.5 Nível de Degradação Moderado Muito Baixo

Na degradação moderada muito baixa no ano de 1998 era 4,45% do município e passou para 1,60% em 2008, isso se explica pela redução das matas durante esse período, em especial, a vegetação muito densa (Figura 23). Em relação ao de 2008 para 2018, a degradação moderada muito baixa aumentou, ajudando assim, na recuperação e fazendo com que a degradação moderada muito baixa passasse para 8,65 %, sendo uma evidência da regeneração gradativa dessas áreas.

**Figura 23.** Ponto de observação 16. Vegetação próxima a Serra do Tronco.



Fonte: Autor (2019)

## CAPÍTULO VI

### 6. CONCLUSÕES

Por meio do Processamento Digital de Imagens, foi possível realizar, satisfatoriamente, a classificação da cobertura vegetal e os níveis de degradação do município de São José de Espinharas.

O município apresenta uma vegetação que está em processo de regeneração; enquanto que 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 período 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.

Com a redução da exploração agropecuária no município, os Níveis de Degradação Grave e Moderado Grave diminuíram, passando de 9,92 % para 5,58 % e de 18,05 % para 3,89 % para o período de 1998 a 2018, respectivamente.

O nível de degradação que dominava as paisagens em 1998 e 2008 era o Nível de Degradação Moderado, correspondendo a 53,92 % e 67,80 %, respectivamente, e em 2018 reduziram sua área para 38,53 %. O Nível de Degradação Moderado Baixo, passou de 13,45% para 42,51 %, para o período de 1998 e 2018, evidenciando que a redução das ações antrópicas propícia a recuperação da vegetação nativa de forma lenta.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS – AESA. GEO-AESA. Disponível:< <http://siegrh.aesa.pb.gov.br:8080/aesa-sig/>>. Acesso em: 3 jan. 2018.

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

ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da Caatinga: Uma Investigação Ecogeográfica. **Revista Caatinga**, 2009.

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**, v. 31, n. 1, p. 200–221, 2019.

ARAGÃO, K. P. **Degradação ambiental no entorno da alça sudoeste do município de Campina Grande-PB**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Cmpina Grande - PB, 2018.

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**, v. 36, n. 3, p. 555, 2016.

BARBOSA, B. M. DE A. **Estudo do potencial mineral para U-ETR com base na geoquímica e química mineral do depósito uranífero de São José de Espinharas (PB)**. Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

BARBOSA, M. P. et al. **Estudo da degradação das terras - município de Picos – PI**. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...** Florianópolis- SC, 2007.

BARROS, A. H. C. **Solos Nordeste**. Disponível em: <<http://solos.uep.cnps.embrapa.br/#>>. Acesso em: 11 dez. 2019.

BATISTA, M. DE A.; PAIVA, D. W. DE; MARCOLINO, A. Solos para todos: Perguntas e respostas. **Documentos**, p. 87, 2014.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição Federal do Brasil**, Brasília, BF: Senado Federal.

\_\_\_\_\_. Lei Federal n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

\_\_\_\_\_. Lei Federal n.º 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n.ºs 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.ºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n.º 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA n.º 303 de 20 de maio de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. DE. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. 2. ed. SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, SP. 1997.

CENSO ARGOPECUÁRIO. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/sao-jose-de-espinharas/pesquisa/24/76693?ano=2017>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

CHAVES, I. D. B. et al. Modelagem e mapeamento da degradação da caatinga. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 1, p. 183–195, 2015.

CIDADES. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE**. 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'EGA - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 21, n. 21, p. 234–271, 2011.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 2. ed. São Paulo-SP: Oficina de Textos, 2007.

FRANCISCO, P. R. M. et al. Estimativa da degradação da biomassa da vegetação de caatinga através de índices de vegetação Article. **POLÊMICA**, v. 12, n. 2, n. January, p.

306–321, 2013.

FREIRE, N. C. F.; PACHECO, A. DA P. Uma abordagem geoespacial e espectro-temporal da degradação ambiental no bioma caatinga na região de Xingó , Brasil. **Ciência & Trópico**, v. 41, n. 2, p. 97–128, 2017.

GALVÃO, A. C. F. **Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Brasília-DF. 2016.

GONÇALVES, J. L. G.; FRANCISCO, P. R. M.; NETO, J. M. M. **Análise da degradação ambiental do município de Soledade utilizando índice de vegetação**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. **Anais...**2015

GUEDES, J. C. F.; MEDEIROS, A. D.; COSTA, D. F. S. Estratégia de Zoneamento Ambiental Aplicada a Caracterização Ambiental de Bacias Hidrográficas do Semiárido Brasileiro: Estudo de Caso na Microbacia do Rio Barra Nova – RN/PB. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, n. 0, p. 1012–1024, 2016.

IBRAHIN, F. I. D. **Introdução ao geoprocessamento ambiental**. 1. ed. São Paulo-SP: Érica, 2014.

JACOMINE, P. K. T. A nova classificação brasileira de solos. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v. 5, n. 0, p. 161–179, 2013.

LILLESAND, T.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. **Remote sensing and image interpretation**. John Wiley ed. [s.l: s.n.].

LIMA, D. B. de. **Análise temporal da cobertura e uso da terra como subsídio ao estudo de degradação ambiental da Serra da Meruoca - Ceará**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual do Ceará, Ceará, 2014.

LIMA, F. C. DE et al. Geoprocessamento na análise espaço-temporal da cobertura vegetal do município de Seridó – PB. **Revista Científica FAEMA**, v. 9, n. 1, p. 266, 2018.

MAGALHÃES, L. E. **Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite: monitoramento do bioma caatinga 2008-2009**. BRASÍLIA/DF: [s.n.].

MARINHO, M. G. V.; SILVA, C. C.; ANDRADE, L. H. C. Levantamento etnobotânico de plantas medicinais em área de caatinga no município de São José de

Espinharas, Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, n. 2, p. 170–180, 2011.

MEDEIROS, F. S. DE. **Geotecnologias aplicadas ao uso e cobertura dos solos da sub-bacia hidrográfica do Rio Espinharas-PB/RN/Pe com ênfase em áreas de preservação permanente e de uso restrito**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2018.

MEDEIROS, F. S. DE 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**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2003.

MORAIS, L. G. B. D. 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, n. 2014, p. 1–10, 2014.

NETO, J. M. D. M. et al. **Análise das classes de cobertura vegetal no município de taperoá - paraíba**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC'2018. **Anais...**Maceió - AL: 2018

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.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. 2. ed. São Paulo-SP: Oficina de Testos, 2015.

RAMOS, G. G. et al. **Levantamento dos impactos ambientais de um trecho de mata ciliar em região de caatinga no sertão paraibano**. I Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido - CONIDIS. **Anais...**Campina Grande - PB, Brasil: 2015

RÊGO, M. DE F. DE F.; TRAJANO, D. M. DE A. Volume I: proposta de instituição do comitê da bacia hidrográfica do rio piranhas-açu, conforme resolução nº 05, de 10 de

abril de 2000, do conselho nacional de recursos hídricos. **Governo do Estado da Paraíba e Governo do Estado do Rio Grande do Norte**, v. I, p. 1–118, 2005.

RIBEIRO, B. D. M.; PETRY, F. A.; LIMBERGER, A. R. Análise Temporal de dados NDVI para o município de Toledo PR, obtidos de imagens Landsat 8. **Revista Cultivando o Saber**, v. 11, nº 2, p. 149–159, 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, 2014.

SÁ, I. I. S. et al. Avaliação da Degradação Ambiental na Região do Araripe Pernambucano Utilizando Técnicas de Sensoriamento Remoto. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 6, p. 1292–1314, 2011.

SANTOS, C. V. B. et al. Dinâmica Vegetacional E Hídrica Em Áreas De Caatinga Por Sensoriamento Remoto. 2019.

SANTOS, M. C. DOS. Solos do semiárido do brasil. **Cadernos do Semiárido - Solos do Semiárido do Brasil**, v. 10, p. 55, 2017.

SANTOS, N. A. DOS; PEDREIRA, P. D.; SANTOS, K. A. DOS. 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. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, n. c, p. 5148–5157, 2017.

SILVA, D. V. S. DA; CRUZ, C. B. M. Tipologias de Caatinga: Uma Revisão em Apoio a Mapeamentos Através de Sensoriamento Remoto Orbital e GEOBIA. **Geography Department University of Sao Paulo**, v. 35, p. 113–120, 2018.

SILVA, R. M. P.; LIMA, J. R.; DE MENDONCA, I. F. C. Alteration in the vegetation cover in Sub-Basin of River Espinharas from 2000 to 2010/Alteracao da cobertura vegetal na Sub-Bacia do Rio Espinharas de 2000 a 2010. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 202, 2014.

SOUZA, B. DE; ARTIGAS, R.; LIMA, E. R. V. DE. Caatinga E Desertificação. **Mercator**, v. 14, n. 1, p. 131–150, 2015.

SOUZA, P. F. et al. Estudos Fitossociológicos e Dendrométricos em um Fragmento de Caatinga, São José de Espinharas – PB. **Ciência Florestal**, v. 26, 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**, v. 17, n 57, p. 167–174, 2016.

TOEBE, D. Análise temporal da cobertura vegetal arbórea do município de Foz do Iguaçu - PR utilizando técnicas de sensoriamento remoto. 2011.

USGS, U. S. G. S.-. **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**. [s.l.] Instituto Brasileiro de Pesquisas Espaciais, 1982.

## 8. ANEXOS

**Anexo A.** Adaptação do Censo Agropecuário de 2006 e 2017 de São José de espinharas -PB, divulgado pelo IBGE.

<b>Censo Agropecuário</b>	<b>2006</b>	<b>2017</b>	<b>Unidade</b>
<b>Indicador</b>			
Características dos estabelecimentos:			
Área dos estabelecimentos agropecuários	60164	52449	hectares
Condomínio, consórcio ou união de pessoas	2542	17536	hectares
Produtor individual	57622	34913	hectares
<b>Utilização das terras</b>			
<b>Lavouras:</b>			
Permanentes	150	282	hectares
Temporárias	1859	1502	hectares
Pastagens:			
Naturais	38806	33324	hectares
<b>Matas ou florestas:</b>			
Naturais	2184	9298	hectares
Naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal	8603	3968	hectares
Áreas com espécies florestais variadas (Árvores e palmáceas) usadas para lavoura e criação de animais	1391		hectares
Tanques, lagos, açudes e/ou Área de águas públicas para exploração da aquicultura	1430		hectares
Terras degradadas (erodidas, desertificadas, salinizadas, etc.)	110		hectares
Terras inaproveitáveis para agricultura ou pecuária (pântanos, areais, pedreiras, etc.)	4021		hectares
Florestas plantadas:			
Sistemas agroflorestais			
Área cultivada com espécies florestais também usada para lavouras e pastoreio por animais	1		hectares
Sistema de preparo do solo:			
Plantio direto na palha	31		hectares
Área irrigada		259	hectares
Número de estabelecimentos agropecuário		458	estabelecimentos
<b>Utilização das terras</b>			
<b>Sistema de preparo do solo:</b>			
Cultivo convencional	90	361	estabelecimentos
Cultivo mínimo	202	67	estabelecimentos
Plantio direto na palha	31		estabelecimentos
Tratores, implementos e máquinas			
Tratores	30	27	estabelecimentos
Semeadeiras/plantadeiras		7	estabelecimentos

Colheitadeiras		4	estabelecim entos
Ajubadeiras e/ou distribuidoras de calcário		2	estabelecim entos
Área irrigada		101	estabelecim entos
<b>Lavoura permanente</b>			
<b>Sinopse</b>			
Número de estabelecimentos agropecuário com 50 pés e mais Manga		1	estabelecim entos
Número de estabelecimentos agropecuário com 50 pés e mais Banana		1	estabelecim entos
Número de estabelecimentos agropecuários com mais de 50 pés existentes em 31/12	7		estabelecim entos
Quantidade produzida nos estabelecimentos agropecuários com mais de 50 pés existentes em 31/12	24		toneladas
Valor da produção dos estabelecimentos agropecuários com mais de 50 pés existentes em 31/12	12		R\$
<b>Lavoura temporária</b>			
<b>Sinopse</b>			
Número de estabelecimentos agropecuário		938	estabelecim entos
Área colhida		874	hectares
Valor da produção		962	R\$
Abóbora, moranga, jerimum			
Número de estabelecimentos agropecuário		32	estabelecim entos
Quantidade produzida		7	toneladas
Área colhida		11	hectares
Valor da produção		10	R\$
Algodão			
Herbáceo			
Número de estabelecimentos agropecuário		10	estabelecim entos
Quantidade produzida		2	toneladas
Área colhida		6	hectares
Valor da produção		5	R\$
Cana-de-açúcar			
Número de estabelecimentos agropecuário	1	1	estabelecim entos
Cana-de-açúcar forrageira			
Número de estabelecimentos agropecuário		2	estabelecim entos
Feijão			
Cor			
Número de estabelecimentos agropecuário	60	4	estabelecim entos
Quantidade produzida	253	0	toneladas
Área colhida		3	hectares
Valor da produção	231	1	R\$

Fradinho				
Número de estabelecimentos agropecuário	264	333	estabelecim	entos
Quantidade produzida	231	59	toneladas	
Área colhida		262	hectares	
Valor da produção	168	123	R\$	
Verde				
Número de estabelecimentos agropecuário		24	estabelecim	entos
Quantidade produzida		65	toneladas	
Área colhida		38	hectares	
Valor da produção		108	R\$	
Mandioca				
Número de estabelecimentos agropecuários	2		estabelecim	entos
Quantidade produzida			toneladas	
Valor da produção			R\$	
Melancia				
Número de estabelecimentos agropecuário		5	estabelecim	entos
Quantidade produzida		0	toneladas	
Área colhida		2	hectares	
Valor da produção		1	R\$	
Melancia				
Número de estabelecimentos agropecuário		102	estabelecim	entos
Quantidade produzida		511	toneladas	
Área colhida		75	hectares	
Valor da produção		277	R\$	
Melão				
Número de estabelecimentos agropecuário		21	estabelecim	entos
Quantidade produzida		58	toneladas	
Área colhida		11	hectares	
Valor da produção		46	R\$	
Milho				
Grão				
Número de estabelecimentos agropecuários		280	estabelecim	entos
Quantidade produzida		137	toneladas	
Área colhida		271	hectares	
Valor da produção		158	R\$	
Milho forrageiro				
Número de estabelecimentos agropecuários	289	13	estabelecim	entos
Quantidade produzida	692	58	toneladas	
Área colhida		21	hectares	
Valor da produção	234	5	R\$	

Sorgo				
Grão				
Número de estabelecimentos agropecuário	1			estabelecimentos
Sorgo forrageiro				
Número de estabelecimentos agropecuário	34			estabelecimentos
Quantidade produzida	501			toneladas
Área colhida	67			hectares
Valor da produção	37			R\$
Palma forrageira				
Número de estabelecimentos agropecuário	10			estabelecimentos
Quantidade produzida	205			toneladas
Área colhida	15			hectares
Valor da produção	18			R\$
<b>Pecuário</b>				
<b>Asininos</b>				
Efetivo do rebanho	537	248		cabeças
Número de estabelecimentos agropecuário	275	195		estabelecimentos
<b>Bovinos</b>				
Efetivo do rebanho	16953	14299		cabeças
Vaca ordenhada	3327	2644		cabeças
Número de estabelecimentos agropecuário	434	402		estabelecimentos
Que produziram leite no ano	338	332		estabelecimentos
<b>Leite de vaca</b>				
Quantidade produzida no ano	3864	5311		litros
Valor da produção	1992	6423		R\$
<b>Caprinos</b>				
Efetivo do rebanho	1552	3128		cabeças
Número de estabelecimentos agropecuário	90	113		estabelecimentos
<b>Equinos</b>				
Efetivo do rebanho	451	472		cabeças
Número de estabelecimentos agropecuário	136	146		estabelecimentos
<b>Galináceos (galinhas, galos, frangas, frangos e pintos)</b>				
Efetivo do rebanho	10	12		cabeças
Número de estabelecimentos agropecuário	298	342		estabelecimentos
Que produziram ovos de galinhas no ano	144	295		estabelecimentos
<b>Galinha</b>				
<b>Ovos</b>				
Quantidade produzida no ano	21	52		dúzias
Valor da produção	10	59		R\$

<b>Muare</b>			
Efetivo do rebanho	77	110	cabeças
Número de estabelecimentos agropecuário	51	86	estabelecimentos
<b>Ovinos</b>			
Efetivo do rebanho	3963	3678	cabeças
Número de estabelecimentos agropecuário	90	93	estabelecimentos
<b>Patos, gansos, marrecos, perdizes e faisões</b>			
Efetivo do rebanho	855	1896	cabeças
Número de estabelecimentos agropecuário	47	139	estabelecimentos
<b>Perus</b>			
Efetivo do rebanho		153	cabeças
Número de estabelecimentos agropecuário		28	estabelecimentos
<b>Suínos</b>			
Efetivo do rebanho	500	1423	cabeças
Número de estabelecimentos agropecuários	79	87	estabelecimentos

---

**Fonte:** Adaptado do IBGE, Censo Agropecuário 2006 e 2017 - Resultados definitivos

**Observação:** os espaços vazios estavam faltando ou mudou de um censo para o outro.

**Anexo B.** Precipitações mensais e anuais no município de São José de Espinharas – PB, com destaque para os anos de 1998, 2008 e 2018.

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Acum. (Mm)
1994	235,0	144,4	160,0	129,4	150,4	94,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,0	934,4
1995	51,2	53,8	185,0	59,0	217,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	578,0
1996	16,2	50,6	209,2	293,6	65,2	15,6	0,0	0,0	12,2	0,0	0,0	34,6	697,2
1997	75,8	22,4	239,4	85,4	56,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,8	531,6
<b>1998</b>	<b>24,2</b>	<b>0,0</b>	<b>38,2</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>62,4</b>
1999	54,8	18,6	156,8	34,0	276,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,2	25,4	580,4
2000	76,2	55,5	81,6	120,0	0,0	10,0	0,0	71,8	0,0	0,0	0,0	75,8	490,9
2001	0,0	26,6	194,2	164,6	15,0	81,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,0	516,4
2002	289,1	114,4	170,0	131,0	93,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	797,5
2003	43,0	128,0	128,7	75,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	375,2
2004	526,0	302,7	36,8	36,8	11,0	48,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	966,7
2005	37,0	87,2	319,6	68,1	57,3	29,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	60,6	659,5
2006	0,0	134,9	152,4	184,3	196,8	28,0	0,0	0,0	0,0	13,0	0,0	20,1	729,5
2007	58,8	374,4	122,0	52,3	37,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	644,9
<b>2008</b>	<b>179,9</b>	<b>81,9</b>	<b>496,3</b>	<b>321,1</b>	<b>227,9</b>	<b>0,3</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>135,0</b>	<b>1442,4</b>
2009	33,0	105,8	146,7	249,5	152,5	11,4	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	12,3	720,0
2010	75,1	65,0	107,4*	49,3*	0,0*	100,4*	1,4*	0,0*	0,0*	153,1*	0,0*	0,0*	551,7*
2011	143,9	167,7	92,7	224,9	80,6	29,0	25,4	0,0	0,0	23,0	17,9	0,0	805,1
2012	0,0	46,0	53,5	19,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	119,1
2013	0,0	0,0	27,5	137,3	72,0	44,4	5,1	0,0	0,0	0,0	1,8	52,2	340,3
2014	0,0	133,6	464,0	166,9	120,8	16,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	5,6	910,7
2015	7,7	174,9	173,3	132,5	18,2	0,0	21,1	0,0	0,0	0,0	0,0	37,5	565,2
2016	187,7	67,8	174,0	41,3	12,1	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	491,2
2017	0,0*	83,2*	70,5*	91,6*	5,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	6,0*	250,3*
<b>2018</b>	<b>74,6*</b>	<b>158,2*</b>	<b>8,2*</b>	<b>120,5*</b>	<b>0,0*</b>	<b>0,0*</b>	<b>0,0*</b>	<b>0,0*</b>	<b>0,0*</b>	<b>0,0*</b>	<b>0,0*</b>	<b>0,0*</b>	<b>361,5*</b>
2019	213,7	101,4	262,9	109,6	88,6	6,5	32,6	0	0	0	0	0	815,3

Fonte: AESA (2020)

\* Valores não oficiais

**Anexo C. Atual situação ambiental no entorno do município de São José de Espinharas – PB.**

**Pontos:**

**Ponto 1 / 34**

Latitude: 6°56'41,7"

Longitude: 37°16'35,2"

Altitude: 235 m

**Vegetação:** semidensa-rala e semidensa no pé da serra ( não há exemplares arbóreos), presença de cactáceas.

Há locais com manchas de solo exposto.

**Detritos orgânicos na superfície:** não

**Solo:** pedregoso, apresenta sulcos e erosão laminar, há locais com manchas de solo exposto.

**Atividade:** pecuária extensiva

**Relevo:** suave ondulado

**Densidade Populacional:** média /alta

**Degradação:** moderado

**Ponto 2/ 35**

Latitude: 6°56'41,7"

Longitude: 37°16'35,2"

Altitude: 225 m

**Vegetação:** campo aberto com presença de exemplares arbóreos, presença de gramíneas. Presença de cactáceas

**Detritos orgânicos na superfície:**

**Solo:** solo exposto , alta pedregosidade

**Atividade:** grande área de pecuária extensiva

**Relevo:** suave e ondulado

**Densidade Populacional:** média alta

**Degradação:** média alta

**Ponto 3/36 (Leito do Rio Espinharas)**

Latitude: 6°53'44,4"

Longitude: 37°17'51,5"

Altitude: 217 m

**Vegetação:** campo aberto com presença de exemplares arbóreos, presença de gramíneas. Presença de cactáceas

**Detritos orgânicos na superfície:**

**Solo:** solo exposto, alta pedregosidade alta

**Atividade:** grande área de pecuária extensiva

**Relevo:** suave e ondulado

**Densidade Populacional:** média alta

**Degradação:** média alta

**Ponto 4/ 37**

Latitude: 6°56'41,7"

Longitude: 37°16'35,2"

Altitude: 251 m

**Vegetação:** área de vegetação semidensa, arbustiva, presença de gramíneas nativa

**Detritos orgânicos na superfície:** alta

**Solo:** coberto , solo argiloso

**Atividade:** pecuária extensiva

**Relevo:** suave ondulado

**Densidade Populacional:** baixa

**Degradação:** moderado

**Ponto 5/ 38 (Riacho dos Louros)**

Latitude: 6°52'19,7"

Longitude: 37°16'33,4"

Altitude: 234 m

**Vegetação:** área de vegetação semidensa, arbustiva, presença de gramíneas nativa

**Detritos orgânicos na superfície:** alta

**Solo:** coberto , solo argiloso

**Atividade:** pecuária extensiva

**Relevo:** suave ondulado

**Densidade Populacional:** baixa

**Degradação:** moderado

**Ponto 6/39**

Latitude: 6°56'41,7"

Longitude: 37°16'35,2"

Altitude: 251 m

**Vegetação:** área desmatada, alguns exemplares arbóreos espaçados.

**Detritos orgânicos na superfície:** baixa ou inexistente

**Solo:** descoberto, pedregosidade média a média alta, solo argiloso

**Atividade:** pecuária extensiva

**Relevo:** suave ondulado

**Densidade Populacional:** média

**Degradação:** moderado grave

**Ponto 7/40**

Latitude: 6°50'15,6"

Longitude: 37°17'43,4"

Altitude: 242 m

**Vegetação:** presença de vegetação arbustiva, rala a semidensa, com gramíneas naturais.

**Detritos orgânicos na superfície:** alta

**Solo:** pedregosidade média.

**Atividade:** pecuária extensiva

**Relevo:** suave ondulado

**Densidade Populacional:** média

**Degradação:** moderado

**Ponto 8/41**

Latitude: 6°48'58,3"

Longitude: 37°18'34,4"

Altitude: 246 m

**Vegetação:** arbustiva-rala, com transição para semidensa , com exemplares arbóreos espaçados, cactáceas e cobertura de gramíneas

**Detritos orgânicos na superfície:** presente

**Solo:** argiloso e com pedregosidade média alta

**Atividade:** pecuária extensiva

**Relevo:** suave ondulado  
**Densidade Populacional:** baixa  
**Degradação:** moderado

**Ponto 9/42**

Latitude: 6°36'13,7"  
Longitude: 37°18'46,7"  
Altitude: 237 m

**Vegetação:** semidensa indo p rala, com cobertura de gramíneas

**Detritos orgânicos na superfície:** presente

**Solo:** argiloso com pedregosidade alta

**Atividade:** nenhuma

**Relevo:** suave ondulado

**Densidade Populacional:** rala

**Degradação:** moderado

**Ponto 10/43 (açude de Dr.º Ricardo)**

Latitude: 6°44'39,8"  
Longitude: 37°19'25,1"  
Altitude: 223 m

**Ponto 11/44 ( divisa entre SJ de Espinharas e Serra Negra)**

Latitude: 6°43'44,0"  
Longitude: 37°21'8,21"  
Altitude: 208 m

**Vegetação:** Arbustiva semi densa, porte médio, presença de gramíneas

**Detritos orgânicos na superfície:** presente

**Solo:** argiloso

**Atividade:** isenta

**Relevo:** suave ondulado

**Densidade Populacional:** rala

**Degradação:** moderado baixo

**Ponto 12/45 (divisa com Ipueira)**

Latitude: 6°45'4,4"  
Longitude: 37°16'13,0"  
Altitude: 247 m

**Vegetação:** rala arbustiva

**Detritos orgânicos na superfície:** presente

**Solo:** argiloso

**Atividade:** pecuária

**Relevo:** ondulado

**Densidade Populacional:** media rala

**Degradação:** média

**Ponto 13/ 46 ( Rio Espinharas)**

Latitude: 6°50'50,9"  
Longitude: 37°19'48,2"  
Altitude: 196 m

**Vegetação:** al

**Rio:** Assoreado

**Densidade Populacional:** alta

**Degradação:** moderado grave

**Ponto 14/ 47**

Latitude: 6°50'48,4"

Longitude: 37°20'55,3"

Altitude: 202

**Vegetação:**

**Detritos orgânicos na superfície:** arbustiva ( catingueira , mufumbo, cactáceas, malva branca), variando para arbustiva rala. A vegetação estava verde.

**Solo:** pedregosidade alta, solo exposto , com uma textura e coloração diferenciada

**Atividade:** pecuária

**Relevo:** suave ondulado

**Densidade Populacional:** média

**Degradação:** moderado

**Ponto 15/48 ( construção de açudes)**

Latitude: 6°50'0,3"

Longitude: 37°21'24,1"

Altitude: 211 m

**Vegetação:** : arbustiva ( catingueira , mufumbo, cactáceas, malva branca, cumaru, pereiro, jurema, angico e ), variando para arbustiva rala.

**Detritos orgânicos na superfície:** presente

**Solo:** argiloso, pedregosidade alta e presença de lajeiro

**Atividade:** pecuária

**Relevo:** ondulado

**Densidade Populacional:** baixa

**Degradação:** moderado

**Ponto 16/49 ( Serra do tronco)**

Latitude: 6°50'2,4"

Longitude: 37°23'53,5"

Altitude: 217 m

**Vegetação:** na serra é mais arbustiva fechada, com locais desmatados no pé da serra

**Detritos orgânicos na superfície:** presente, em alguns pontos solo exposto

**Solo:** pedregoso

**Atividade:** área protegida com gado invadindo

**Relevo:** Serra

**Densidade Populacional:** semi densa

**Degradação:** moderado

**Ponto 17/50 (Rio espinharas)**

Latitude: 6°46'36,1"

Longitude: 37°37'22,54"

Altitude: 195 m

**Vegetação:** rala

**Detritos orgânicos na superfície:** ausente

**Solo:** exposto

**Atividade:** pecuária

**Relevo:** ondulado suave

**Densidade Populacional:** média alta

**Degradação:** grave

**Ponto 18/51 (Sitio minador)**

Latitude: 6°44'16,6"

Longitude: 37°24'36,7"

Altitude: 182 m

**Vegetação:** (próximo ao rio espinharas, vegetação nativa rala , )

**Detritos orgânicos na superfície:** não/sim

**Solo:** arenoso argiloso , com pedregosidade baixa e lajeiros próximo

**Atividade:** agricultura (feijão irrigado)

**Relevo:** suave ondulado

**Densidade Populacional:** média

**Degradação:** degradação moderado

**Ponto 19/52 ( divida com Serra Negra)**

Latitude: 6°42'28,1"

Longitude: 37°25'33,3"

Altitude: 210 m

**Vegetação:** perto de serra, vegetação rala arbustiva, arbórea arbustiva

**Detritos orgânicos na superfície:** presente

**Solo:** pedregosidade baixa

**Atividade:** pecuária

**Relevo:** ondulado

**Densidade Populacional:** média baixa

**Degradação:** baixo

**Ponto 20/53**

Latitude: 6°43'6,2"

Longitude: 37°26'36,8"

Altitude: 217 m

**Vegetação:** Encosta da serra , divisa com Serra Negra-RN, com plantio de palma forrageira, sem curva de nível( plantio ladeira a baixo), erosão laminar e sulco.

No pé da Serra, apresenta vegetação arbórea arbustiva, no seu topo esta queimado devido a um incêndio recente.

**Detritos orgânicos na superfície:** ausente

**Solo:** exposto

**Atividade:** pecuária e agricultura

**Relevo:** ondulado

**Densidade Populacional:** média alta

**Degradação:** moderado

**Ponto 21/56**

Latitude: 6°44'51,2"

Longitude: 37°28'45,2"

Altitude: 235 m

**Vegetação:** entre a Serra, ainda perto da divisa, vegetação arbustiva arbórea-densa (jua, cumaru, angico, pau-d'arco, sipo, mufumbo)

**Detritos orgânicos na superfície:** presente

**Solo:** média alta pedregosidade

**Atividade:**

**Relevo:** ondulado

**Densidade Populacional:** baixa

**Degradação:** moderado

**Ponto 22/55**

Latitude: 6°52'11,0"

Longitude: 37°25'32,2"

Altitude: 251 m

**Vegetação:** rala semi-densa, com presença de vegetação arbustiva e arbórea

**Detritos orgânicos na superfície:** presente

**Solo:** pedregoso

**Atividade:** pecuária

**Relevo:** ondulado

**Densidade Populacional:** média alta

**Degradação:** baixo

**Ponto 23/56**

Latitude: 6°52'52,8"

Longitude: 37°28'30,3"

Altitude: 240

**Vegetação:** alguns exemplares arbóreos

**Detritos orgânicos na superfície:** ausente

**Solo:** arenoso com baixa pedregosidade

**Atividade:** pecuária

**Relevo:** suave

**Densidade Populacional:** alta

**Degradação:** moderado grave

**Anexo D.** Locais georreferenciados no entorno do município de São José de Espinharas  
 – PB, utilizados na interpretação das imagens de satélite.

Pontos N°	Altitude (m)	Coordenadas	
		latitude	longitude
1	233	6°56'41,7"	37°16'35,2"
2	225	6°54'11,1"	37°53'47,8"
3	217	6°53'44,4"	37°16'51,5"
4	251	6°52'56"	37°16'8,2"
5	234	6°52'19,7"	37°16'33,4"
6	249	6°50'50,5"	37°16'10,9"
7	242	6°50'15,6"	37°17'43,4"
8	246	6°48'58,3"	37°18'34,4"
9	237	6°56'13,7"	37°18'46,7"
10	223	6°44'39,8"	37°19'25,1"
11	208	6°43'44"	37°21'8,21"
12	247	6°45'4,4"	37°16'3,0"
13	196	6°50'50,9"	37°19'48,2"
14	202	6°50'48,4"	37°20'55,3"
15	211	6°50'0,3"	37°21'24,1"
16	217	6°50'2,4"	37°23'53,5"
17	195	6°47'36,1"	37°22'54"
18	182	6°44'16,6"	37°24'36,7"
19	210	6°42'28,1"	37°25'33,3"
20	217	6°43'6,2"	37°26'36,8"
21	235	6°44'51,2"	37°28'45,2"
22	251	6°52'11"	37°25'32,2"
23	240	6°52'52,8"	37°28'30,3"

Anexo E. Mapa de São José de Espinharas - PB, com destaque para os pontos observados em campo.

