

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

Raul Araujo da Nóbrega <sup>1</sup>  
João Miguel de Maraes Neto <sup>2</sup>  
Luan Dantas de Oliveira <sup>3</sup>  
Juarez Paz Pedrosa <sup>4</sup>  
Silvanete Severino da Silva <sup>5</sup>

### **Conservação de solos e recuperação de áreas degradadas**

#### *Resumo*

A degradação ambiental, vem ocorrendo a nível mundial, e no Brasil não é diferente, dependendo do clima, relevo, vegetação, fatores socioeconômicos, esses processos são ou não agravados. Na região Nordeste apresenta variabilidade temporal e espacial das precipitações, com longos períodos de estiagem, com vegetação nativa a caatinga, que vem sofrendo perdas devido ao histórico de exploração. Com esse cenário, o presente trabalho teve como objetivo estudar a degradação ambiental do município de São José de Espinharas, no sertão paraibano, em um período de 20 anos. Para isso, utilizaram-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 degradação ambiental, gerando informações detalhadas sobre os níveis de degradação do município de São José de Espinharas. Através de um comparativo das imagens de 1998, 2008 e 2018, foi constatado 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-chave:** Cobertura Vegetal, Geoprocessamento, Semiárido Paraibano.

<sup>1</sup>Prof. Dr. Tutor da Universidade Federal do ABC – Programa de Especialização em Geoprocessamento EaD, raul.nobrega@outlook.com.

<sup>2</sup> Prof. Dr. Universidade Federal de Campina Grande – Campina Grande, Unidade Acadêmica de Eng. Agrícola, j.miguel.moraes@hotmail.com.

<sup>3</sup> Dr. Em Eng. Agrícola, pela Universidade Federal de Campina Grande – Campina Grande, luan.dantas@outlook.com.

<sup>4</sup> Prof. Dr. Universidade Federal de Campina Grande – Campina Grande, Unidade Acadêmica de Eng. Agrícola, juarez.ppedroza2016@gmail.com.

<sup>5</sup> Prof.<sup>a</sup> Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco –Belo Jardim, Unidade Acadêmica de Belo Jardim, silvanete.silva@ufrpe.br.

REALIZAÇÃO



## INTRODUÇÃO

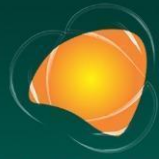
A degradação ambiental é um processo em que ocorrem em todo o país, porém as condições climáticas de algumas regiões agravam o processo. O desmatamento e a utilização inadequada das terras ocasionam a erosão dos solos, a deterioração e o esgotamento dos recursos naturais renováveis existentes, além de queda significativa da produção agropecuária (GALVÃO, 2016).

De acordo com Gonçalves et al. (2015), o processo de degradação é considerado um problema global e na região semiárida brasileira, também são de ordem econômicas e sociais, levando a impactos ambientais e degradantes. 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).

Dentro deste contexto, têm-se o município de São José de Espinharas – PB, está inserido no sertão paraibano, possui o bioma caatinga como vegetação nativa e já teve grande parte de suas paisagens naturais alteradas devido à exploração agrícola. Apresentando um histórico de exploração agropecuária, principalmente pecuária extensiva, destacando-se a bovina, as plantações de algodão, e a forte presença da agricultura de subsistência, ocupavam extensas áreas, levando o município a um processo de degradação da vegetação, solo, recursos hídricos (NOBREGA, 2020).

Assim, o objetivo deste trabalho é estudar a degradação ambiental 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. Fazendo o estudo espaço-temporal e gerar mapas da degradação ambiental da área, para os anos 1998, 2008 e 2018.

## METODOLOGIA

A área de estudo contempla o município de São José de Espinhas-PB (Figura 1), que possui uma área de 725,7 km<sup>2</sup>, inserido no sertão paraibano, de 6°50'46.8"S e 37°19'32.3"W, tendo como acesso a PB-275 e a BR 116, cortado pelo Rio Espinhas. O município possui ao todo uma população estimada de 4.665 habitantes (CIDADES, 2018), com boa parte residindo na zona rural.

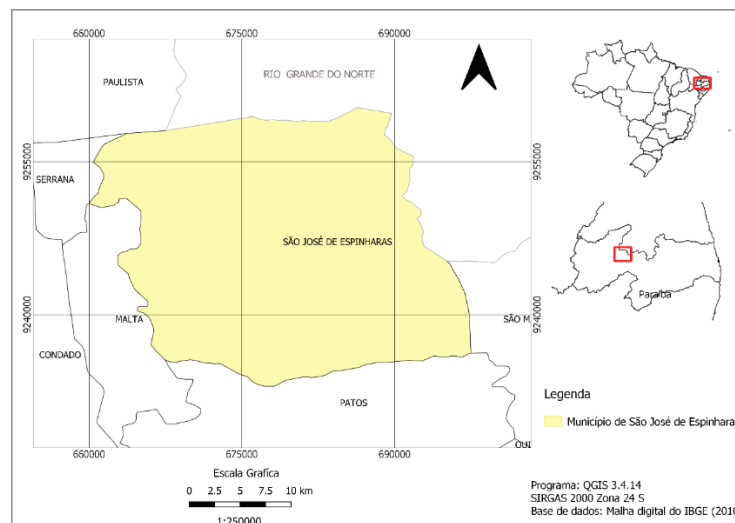
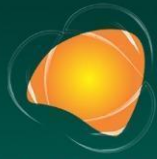


Figura 1. Localização da área de estudo, município de São José de Espinhas - PB.

Fonte: Autor (2020)

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. Para o estudo espaço-temporal da degradação do município foram elaborados mapas utilizando o Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING 5. 5. 6), software de domínio público, desenvolvido pela Divisão de Processamento de Imagem (DPI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

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

A metodologia 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 permitiu a identificação dos padrões espaciais, temporais e semânticos da degradação ambiental, gerando informações detalhadas sobre os impactos ambientais praticados no município. 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.

No reconhecimento de campo, feita 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.

A elaboração final dos mapas foi realizada no Laboratório de Sensoriamento Remoto da Universidade Federal de Campina Grande. O Software: SPRING, versão 5.5.2, foi utilizado para gerar toda a base de dados georreferenciada. Para a análise das imagens digitais de satélites foi utilizado o método sistemático, desenvolvido por Veneziani e Anjos (1982). No total, seis procedimentos básicos do processamento digital de imagens foram aplicados, descritos a seguir:

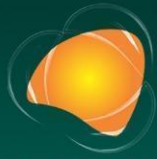
1. Manipulação de contraste das bandas 5, 4 e 3

A técnica de realce de contraste tem por objetivo melhorar a qualidade das imagens sob os critérios subjetivos do olho humano (CÂMARA; MEDEIROS, 1998).

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

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.

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



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

A operação é realizada "*pixel*" a "*pixel*", através de uma regra matemática definida, tendo como resultado uma banda representando a combinação das bandas originais. 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 Equação 1.

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

Em que: A = banda infravermelho próximo; B = banda vermelho; G = ganho (128); O = offset (64).

#### 4. Composição multiespectral ajustada das bandas 3 + IVDN + banda 1

Consiste de uma transformação RGB onde no canhão 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).

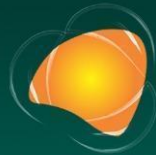
#### 5. Segmentação das imagens IVDN por crescimento de regiões

É uma técnica de agrupamento de dados, na qual somente as regiões adjacentes espacialmente, podem ser agrupadas (CÂMARA; MEDEIROS, 1998).

#### 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 (CÂMARA; MEDEIROS, 1998).

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 modelo que foi proposto por Moraes Neto (2003).

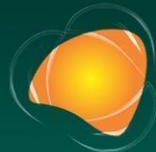


## EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

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 ravinhas e voçorocas.	
Detritos orgânicos superfície	na Poucos, nas áreas de vegetação nativa.	
Densidade populacional	Média a média alta.	
Vegetação	Densidade média, porte predominante arbustivo com exemplares arbóreos.	
Uso da Terra	Vegetação nativa, pecuária extensiva.	
Erosão	Moderado, laminar.	
Detritos orgânicos superfície	na Presente em quantidade média.	
Densidade populacional	Média a alta.	
Vegetação	Densidade média, porte predominante arbustivo com exemplares arbóreos.	Moderado Grave
Uso da Terra	Vegetação nativa, pecuária extensiva.	
Erosão	Moderado, laminar, com ou sem a presença de sulcos.	
Detritos orgânicos superfície	na Presente em quantidade média.	
Densidade populacional	Média a alta.	
Vegetação	Densidade média, porte arbustivo e arbustivo	
Uso da Terra	Vegetação nativa, culturas agrícolas; pastos; pecuária extensiva.	
Erosão	Baixa. Laminar. Ausência de sulcos.	
Detritos orgânicos superfície	na Quantidade de média a alta.	
Densidade populacional	Baixa à média.	
Vegetação	Densidade alta, porte arbustivo e arbustivo	Moderado Baixo
Uso da Terra	Vegetação nativa	
Erosão	Ausente	
Detritos orgânicos superfície	na Quantidades expressivas; presença de gramíneas e herbáceas.	
Densidade populacional	Muito baixa ou nula.	

Fonte: Moraes Neto (2003).



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3, é possível observar os níveis de degradação, classificadas em: Grave, Moderado Grave, Moderado, Moderado Baixo e Baixo, com suas respectivas áreas em km<sup>2</sup> e porcentagem correspondente do município, para os anos de 1998, 2008 e 2018, no município avaliado, fornecidos pelo software SPRING após o processamento digital das imagens.

Com a classificação, pode-se constatar a área degradada do município de São José de Espinharas reduziu ao longo dos anos em estudo. Também foi possível inferir que houve aumento da área urbana e uma variação do volume de água armazenada.

Tabela 2. 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
<b>Total</b>	<b>725,3164</b>	<b>100</b>	<b>725,5607</b>	<b>100</b>	<b>725,5475</b>	<b>100</b>

Fonte: Autor (2020).



Como podemos observar, as degradações Moderada e Moderada Grave eram predominante no município em 1998 e 2008, e em 2018 esses níveis de degradação reduziram suas áreas. Isso se deve principalmente a diminuição na exploração das terras agrícolas, de acordo com o CENSO ARGOPECUÁRIO realizado em 2017 e 2006, 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.

Para melhor visualização da classificação da degradação ocorrida no município, foram elaborados mapas digitais de níveis de degradação (Figura 2) para os anos de 1998, 2008 e 2018. Os níveis de degradação foram classificados, em: Grave, Moderado Grave, Moderado, Moderado Baixo e Baixo, observa-se, por meio das imagens, que a degradação reduziu nos anos em estudado, tornando evidente a regeneração da vegetação nativa ao longo dos anos, devido ao abandono das práticas agrícolas.



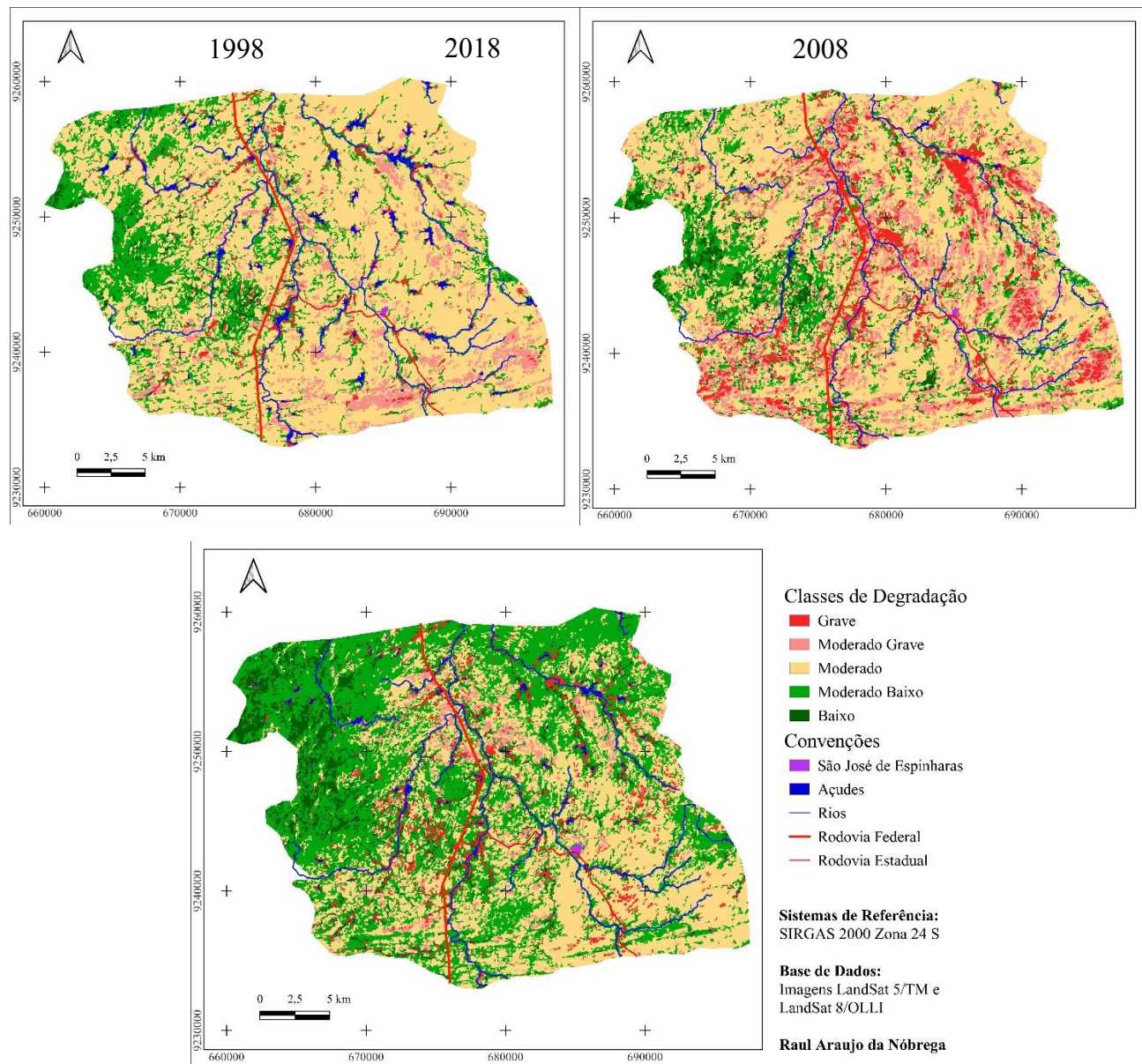
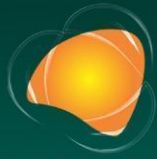


Figura 2. Mapas Digitais dos Níveis de Degradação do município de São José de Espinharas- PB, classificadas em: Grave, Moderado Grave, Moderado, Moderado Baixo e Baixo. Para os anos de 1998, 2008 e 2018.



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

O Nível de Degradação Grave ocorre em locais de pecuária extensiva, mais especificamente com agricultura de sequeiro, geralmente, próximo aos rios e com uma densidade populacional mais elevada. Como se pode 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.

Enquanto 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>) das 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, aproximadamente 27 % da área estava com alto nível de degradação, principalmente, ao longo da drenagem. Ballén et al. (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.

O Nível de Degradação Moderada Grave 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 2, local utilizado para a pecuária extensiva, onde há presença de gramíneas, matéria orgânica sobre o solo e trechos de solo exposto.

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.



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

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, correspondendo a 38,53%.

A redução do Nível da Degradação Moderado, pode ser justificada, devido a densidade da 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.

O Nível de Degradação Moderado Baixo 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.

Na Degradação Moderada Muito Baixa, para o 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. 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.

Um fator que reforça a regeneração da vegetação é o fato de os 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.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

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. 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 propicia a recuperação da vegetação nativa de forma lenta.

## REFERÊNCIAS

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.4, p. 58–68, 2018.

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

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

BARBOSA, M. P. et al. **Estudo da degradação das terras - município de Picos – PI**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, 2007, Florianópolis. **Anais...Florianópolis**, 2007

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. DE. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. 2. ed. São José dos Campos, SP: [s.n.].

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.



21º Congresso Nacional de  
**MEIO AMBIENTE**

de Poços de Caldas  
22 a 25 DE OUTUBRO | 2024

## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

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.

GALVÃO, A. C. F. **Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Brasília-DF: [s.d.].

GONÇALVES, J. L. G.; FRANCISCO, P. R. M.; NETO, J. M. M. **Análise da degradação ambiental do município de Soledade utilizando índice de vegetação**. in: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 2, 2015, Fortaleza. **Anais...Fortaleza**, 2015.

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**. [s.l.] Universidade Federal de Campina Grande, 2003.

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.

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.