



**Deteccção da Variação de Cobertura Vegetal a Partir da Estimativa do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na Unidade de Conservação do Parque Estadual das Carnaúbas - CE com Utilização de Técnicas do Sensoriamento Remoto**

Detection of Variation of Vegetation Cover from the Estimate of the Normalized Difference Vegetation Index in the Conservation Unit of Parque Estadual das Carnaúbas – CE Using Remote Sensing Techniques

Carlos Eduardo de Sousa Macedo; Cely Martins Santos de Alencar;  
Ronaldo Stefanutti & Ulisses Costa de Oliveira

*Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Av. Mister Hull s/nº, 60455-760, Pici, Fortaleza, CE, Brasil*

*E-mails: c.eduardomacedo95@gmail.com; celyms@gmail.com; ronaldostefanutti@hotmail.com; ucoliveira@msn.com*

*DOI: [http://doi.org/10.11137/2020\\_2\\_477\\_485](http://doi.org/10.11137/2020_2_477_485); Recebido: 14/04/2020 Aceito: 03/05/2020*

## Resumo

Apesar dos esforços para assegurar a conservação e preservação da caatinga nos últimos anos, tal bioma continua sendo alvo de práticas não sustentáveis e nocivas. Para o monitoramento da cobertura vegetal na área de estudo, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foi calculado utilizando-se imagens do satélite *Landsat 4-5* sensor *Thematic Mapper* (TM) dos anos de 1986 e 2006; e satélite *Landsat 8* sensor *Operational Terra Imager* (OLI)/*Thermal Infrared Sensor* (TIRS) do ano de 2018. Os valores do NDVI foram estimados e seus parâmetros estatísticos (média, desvio padrão e variância) utilizados na deteção da variação de cobertura vegetal. As diferenças entre os valores anuais permitiram um balanço de acréscimos e reduções para cada classe de vegetação dentro da região de estudo. Com base nos resultados observados o NDVI apontou ser um eficiente indicador no auxílio de estudos de monitoramento ambiental de flora, englobando as Geotecnologias.

**Palavras-chave:** Áreas Protegidas; Caatinga; Geoprocessamento

## Abstract

Despite efforts to ensure the preservation and conservation of the Caatinga in recent years, this biome continues to be the target of unsustainable and harmful practices. For the monitoring of the vegetation cover in the exposed study area, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was calculated using satellite images *Landsat 4-5* sensor *Thematic Mapper* (TM) for the years 1986 and 2006; and satellite *Landsat 8* sensor *Operational Terra Imager* (OLI) / *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) for the year 2018. The NDVI values were estimated and their statistical parameters (mean, standard deviation and variance) used to detect the variation in vegetation cover. The differences between the annual values allowed a balance of additions and reductions for each class of vegetation within the study region. Based on the observed results, NDVI showed being an efficient indicator in the aid of environmental monitoring studies of flora, encompassing Geotechnologies.

**Keywords:** Protected Areas; Caatinga; Geoprocessing

## 1 Introdução

A conservação e preservação de áreas com significativa relevância ecológica têm ganhado destaque no Brasil e no mundo nas últimas décadas. A importância de se proteger regiões com características singulares é uma necessidade para o equilíbrio dos ecossistemas e manutenção da vida.

As técnicas de Geoprocessamento têm sido amplamente utilizadas no monitoramento das características biofísicas e ações antrópicas na Terra, de modo a identificar áreas que necessitam de um manejo adequado, relacionados ao uso do solo, fauna e flora, auxiliando estabelecer condições de uso sustentável (Oliveira-Filho *et al.*, 2006).

A área de estudo desta pesquisa é o Parque Estadual das Carnaúbas, Unidade de Conservação do grupo de Proteção Integral, enquadrado na categoria de Parque Nacional. Gerido pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Ceará (SEMA), a região apresenta majoritariamente a presença do bioma Caatinga, com resquícios de Cerrado.

Segundo Hassler (2005), o total de áreas protegidas se aproxima de 8,13% do Território Nacional. Desde então os números cresceram significativamente. Conforme dados apresentados pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2019) disponíveis no portal eletrônico do Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC), o somatório das áreas consolidadas de Unidades de Conservação (UC) considerando sobreposição mapeada é de 2.499.567 km<sup>2</sup>, aproximando-se 30% do território brasileiro.

Os benefícios provenientes das chamadas áreas protegidas vão além daqueles advindos da conservação da biodiversidade. Baseando-se nas medidas de Criação das UC pode-se citar a conservação dos recursos hídricos, proteção de sítios históricos e/ou culturais, manutenção da fauna silvestre, proteção da diversidade vegetativa, além da ordenação do crescimento econômico regional (Hassler, 2005).

De acordo com Freire e Pacheco (2017), as ações antrópicas têm gerado grandes impactos nas paisagens naturais por meio do intenso processo de substituição das áreas naturais por uso indiscriminado do solo e fragmentação das áreas com cobertura florestal.

Soares Filho (1998) reverbera a importância

de se analisar as alterações na paisagem natural, visto que é permitido estudar o comportamento e os padrões de uso da cobertura da Terra, relacionando essas modificações nos elementos de forma espacial e temporal. A integração das técnicas do Sensoriamento Remoto (SR) no contexto ambiental torna-se uma alternativa para identificar e entender a dinâmica da cobertura vegetal da Caatinga.

Segundo Rosembach *et al.* (2005) os dados obtidos através uso do sensoriamento remoto podem ser fundamentais no estudo de diversas variáveis ambientais, incluindo redução e ganho de vegetação, importantes para o planejamento e gestão de áreas. Atualmente, as técnicas mais apuradas para o estudo da cobertura vegetal relacionam-se aos Índices de Vegetação (IV), tais como o NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), sigla em inglês. O NDVI, proposto inicialmente por Rouse *et al.* (1973) permite identificar a presença de vegetação verde e caracterizar sua distribuição espacial, como também alterações em um espectro temporal.

O NDVI é um índice relacionado às condições e quantidades de vegetação (Boratto & Gomide, 2013). É sensível à clorofila e outros pigmentos que captam a radiação solar (Risso *et al.*, 2009).

Os valores do NDVI variam de -1 a 1, portanto quanto mais próximo de 1, maior será a densidade de cobertura vegetal, ao passo que quanto menor a abundância de vegetação, menor será o valor do índice (Ponzoni & Shimabukuro, 2007; Polonio, 2015).

Conforme Melo e Sales (2011), o NDVI é o índice de vegetação mais utilizado e conhecido, pois permite o monitoramento da densidade e o estado da vegetação na superfície, permitindo caracterizar sua espacialização e evolução no tempo.

A presente pesquisa se justifica na validade da proteção de áreas consideradas de grande relevância ambiental, com características especiais, relacionadas à manutenção da fauna e flora, proteção de mananciais e defesa de sítios culturais ou históricos.

## 2 Metodologia

### 2.1 Caracterização da Área de Estudo

A região de estudo e escopo deste trabalho

é a UC de Proteção Integral do Parque Estadual das Carnaúbas (Figura 1), localizada entre os municípios de Granja e Viçosa do Ceará, no Estado do Ceará. A unidade possui uma extensão territorial de 10.005,048 ha de área e um perímetro de 122.863 m (SEMACE, 2010).

Criado segundo o Decreto Estadual nº 28.154, de 15 de fevereiro de 2006 (publicado no DOE em 21 de fevereiro de 2006), o Parque Estadual das Carnaúbas detém uma alta representatividade do Bioma Caatinga, cuja exploração predatória de seus recursos naturais ameaça sua diversidade biológica (SEPLAG-CE, 2006).

A região possui terrenos elevados, acima de 900 metros de altitude, correspondentes ao planalto da Ibiapaba e terrenos mais baixos, com altitudes inferiores a 100 metros. Localiza-se na Bacia

Hidrográfica do Coreaú. Uma pequena área da UC compreende as nascentes e principais afluentes do Rio Timonha/Ubatuba.

Segundo o Parecer Técnico N° 06/2017/ CEDIB/COBIO/SEMA (SEMA-CE, 2017) o Parque engloba uma pequena fração do enclave úmido do Planalto da Ibiapaba no município de Viçosa do Ceará, incluindo uma parcela significativa da Serra de Ubatuba que é revestida por relíquias de Cerrado. A UC localiza-se em uma área que apresenta significativa variedade de sistemas ambientais e uma biodiversidade extremamente rica. A região também inclui superfícies pediplanadas sertanejas do município de Granja revestidos por Caatinga, abrangendo planícies fluviais e áreas de inundações sazonais onde estão adensados os carnaubais que emprestam o nome ao Parque.

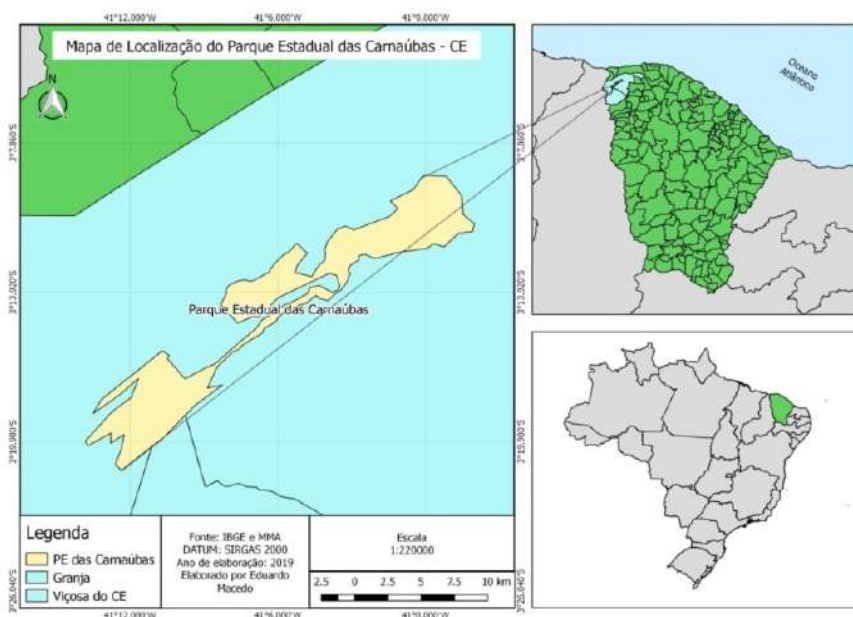


Figura 1 Mapa de Localização do Parque Estadual das Carnaúbas

## 2.2 Base Cartográfica

Para a obtenção das imagens da cobertura vegetal, realizou-se o *download* da série temporal através do sítio *Earth Explorer*, disponibilizado pela Instituição *United States Geological Survey* (USGS – Serviço Geológico dos Estados Unidos). Foram utilizadas as imagens do satélite *Landsat 4-5* sensor TM dos anos de 1986 e 2006; e satélite *Landsat 8* sensor OLI/TIRS do ano de 2018.

Para a elaboração da base cartográfica,

utilizou-se o *software* livre e gratuito QGIS, versão 2.18.13. Utilizaram-se para a elaboração do mapa de localização da área, bases de dados disponíveis nos sites do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e MMA (Ministério do Meio Ambiente). Em consonância, para a elaboração dos mapas referentes a variação de vegetação, utilizou-se a base de dados disponível no sítio do USGS.

O período escolhido para estudo foi delimitado levando em consideração o ano de publicação do

decreto de criação da UC, e os meses demarcados, relacionados à dinâmica pluviométrica característica do semi-árido. Foram observados meses constantes ao período chuvoso, correspondente ao primeiro semestre, e meses relacionados ao período seco, correlatos ao segundo semestre. Todavia, as discussões presentes neste estudo levam em consideração apenas o período seco analisado, considerando as diferentes respostas espectrais que a vegetação característica do bioma Caatinga proporciona na presença de água, consequência das suas particularidades fisiológicas quanto à adaptação ao período de seca.

### 2.3 Deteccão da Variação de Vegetação

Crósta (1992) e Moreira (2005) apresentam uma técnica para mapear áreas em que houve perda de vegetação. Esse procedimento baseia-se na utilização de estatísticas de grades (média e variância) dos parâmetros resultantes das imagens digitais geradas através do NDVI, conforme observado na Tabela 1. Uma adaptação do método proposto permite verificar, através de procedimentos matemáticos, regiões onde houve variação da cobertura vegetal, não somente a perda, fazendo-se ajustes realizados nas bandas espectrais das imagens de satélite.

Dia	Banda	Média (M)	Variância (V)
16/09/1986	3	40,549	92,216
	4	67,308	91,065
09/10/2006	3	61,653	151,336
	4	86,765	97,568
08/09/2018	4	9.705,542	2.262.495,107
	5	17.058,370	2.398.838,392

Tabela 1 Parâmetros estatísticos característicos das bandas 3, 4 e 5

Atentando-se aos objetivos propostos nesta pesquisa, foi analisado um período correspondente a duas situações, anterior e posterior à criação da UC. Com os valores de média e variância obtidos a partir das imagens digitais disponíveis no portal eletrônico do USGS, foi possível realizar o cálculo dos valores de Ganho e *Offset*.

Inicialmente, para o cálculo de Ganho (Equações 1 e 2), foram definidas relações entre os

anos de 1986-2006 e 2006-2018, conforme mostrado nas Equações 1 e 2. Na uniformização das médias e variâncias a imagem de 2006 foi utilizada como referência e as imagens correspondentes aos anos de 1986 e 2018, como imagens de ajuste.

$$Ganho_{1986/2006} = \left( \frac{V_{R2006}}{V_{a1986}} \right)^2 \quad (1)$$

$$Ganho_{2006/2018} = \left( \frac{V_{R2006}}{V_{a2018}} \right)^2 \quad (2)$$

Onde:  $V_{a1986}$ ,  $V_{R2006}$ ,  $V_{a2018}$  correspondem à variância para os anos de 1986, 2006 e 2018, respectivamente.

Por sua vez, os resultados obtidos foram utilizados para determinar o valor de *Offset* (Equações 3 e 4), conforme detalhado nas Equações 3 e 4:

$$Offset_{1986/2006} = M_{R2006} - (Ganho_{1986/2006} * M_{a1986}) \quad (3)$$

$$Offset_{2006/2018} = M_{R2006} - (Ganho_{2006/2018} * M_{a2018}) \quad (4)$$

Onde:  $M_{a1986}$ ,  $M_{R2006}$ ,  $M_{a2018}$  correspondem aos valores da média para os respectivos anos.

Determinados os valores de Ganho e *Offset*, as imagens mais recentes foram ajustadas de forma a coincidir com os valores de média e variância da imagem de referência (Equações 5 e 6):

$$S'_{1986} = (S_{1986} * ganho) + Offset_{1986/2006} \quad (5)$$

$$S'_{2018} = (S_{2018} * ganho) + Offset_{2006/2018} \quad (6)$$

Onde S representa a imagem de ajuste, e S' a imagem após ajuste. O resultado obtido será uma nova imagem S, correspondente a cada banda, sendo essa utilizada na verificação da variação de vegetação após cálculo do NDVI.

Com a finalidade de realçar a vegetação da área observada, reduzindo ao mínimo a influência do solo, foram geradas as imagens NDVI dos anos



de 1986 e 2018, fazendo uso das respectivas bandas ajustadas, conforme método descrito acima. O índice foi então calculado com o auxílio da Equação 7.

$$NDVI = \frac{(\rho_{NIR} - \rho_{RED})}{(\rho_{NIR} + \rho_{RED})} \quad (7)$$

Onde  $\rho_{NIR}$  e  $\rho_{RED}$  representam os valores da reflectância das bandas do infravermelho próximo e do vermelho visível, respectivamente.

Objetivando-se avaliar as mudanças ocorridas entre o período estudado, foi realizada a subtração das imagens NDVI geradas, de acordo com as Equações 8 e 9.

$$C_{1986/2006} = NDVI_{2006} - NDVI'_{1986} \quad (8)$$

$$C_{2006/2018} = NDVI'_{2018} - NDVI_{2006} \quad (9)$$

Onde C representa a imagem gerada pela diferença e NDVI' a imagem gerada a partir do ajuste das bandas espectrais.

A Figura 2 representa o fluxograma contendo

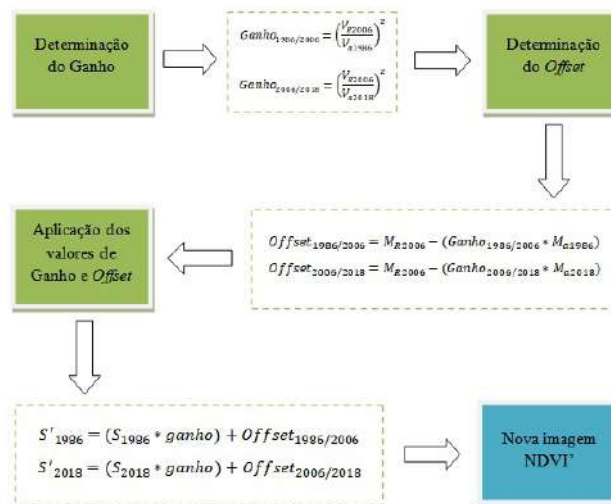


Figura 2 Fluxograma do procedimento para a determinação da variação de vegetação

Para a classificação das imagens de subtração foi utilizado o complemento *Semi-Automatic Classification Plugin* objetivando a geração de imagens com as classes presentes nas Tabelas 2 e 3. O procedimento utilizado pelo complemento baseia-se no sistema de amostragem por classificação em intervalos, isto é, o mesmo permite a delimitação de diferentes categorias a partir da análise de áreas

os procedimentos empregados na determinação das perdas de vegetação.

Em seguida foram gerados dois mapas para a verificação visual/quantitativa da perda de vegetação no espectro temporal analisado. Para a definição das classes temáticas constantes nos mapas, foram definidos intervalos numéricos a partir dos valores de média e desvio padrão das imagens de subtração geradas, conforme Tabelas 2 e 3.

Classes	Níveis de Cinza
Supressão	-0,1804 a $\mu - \sigma$ (-0,1804 a -0,0435)
Sem alteração	$\mu - \sigma$ a $\mu + \sigma$ (-0,0435 a 0,0715)
Regeneração	$\mu + \sigma$ a 0,2799 (0,0715 a 0,2799)

Tabela 2 Limites das classes temáticas ( $C_{1986/2006}$ )

Classes	Níveis de Cinza
Supressão	-01960 a $\mu - \sigma$ (-0,1960 a -0,0531)
Sem alteração	$\mu - \sigma$ a $\mu + \sigma$ (-0,0531 a 0,0246)
Regeneração	$\mu + \sigma$ a 0,1404 (0,0246 a 0,1404)

Tabela 3 Limites das classes temáticas ( $C_{2006/2018}$ )

Onde  $\mu$  representa a média dos valores e  $\sigma$  o desvio padrão.

similares. Como produto desse procedimento também é gerado uma camada vetorial, sendo possível o cálculo de área e verificação da influência de cada classe em relação ao todo.

Toda a rotina de processamento e manipulação das imagens foi realizada utilizando-se o software QGIS, versão 2.18.13. A composição dos mapas como produto do processamento foi realizada

utilizando-se o compositor de impressão do QGIS.

### 3 Resultados e Discussões

Com vistas à determinação da alteração de área vegetada entre os anos de 1986-2006 e 2006-2018, correspondentes aos períodos que antecederam e precederam o decreto de criação da UC do Parque Estadual das Carnaúbas, foi utilizada uma adaptação da técnica proposta por Crósta (1992) e Moreira (2005). Tal técnica permite, após procedimentos matemáticos considerando os parâmetros estatísticos de média (M) e variância (V), a determinação dos valores de Ganho e *Offset*, conforme Equações 1 a 4.

A normalização das imagens foi realizada somente nas bandas espectrais 3 e 4, para o ano de 1986, correspondentes ao satélite *Landsat* 4-5, sensor TM; e nas bandas 4 e 5 para o ano de 2018, produtos do satélite *Landsat* 8, sensor OLI/TIRS. A imagem referente ao ano de 2006 foi utilizada como referência. Com os resultados de ganho e *offset* determinados, foi possível realizar o ajuste das imagens dos anos de 1986 e 2018, de forma a coincidir com os valores de média e variância da imagem de referência, demonstrado pelas Equações 5 e 6. Em ambos os casos foram analisadas somente imagens equivalentes ao período seco examinado.

De acordo com Ponzoni & Shimabukuro (2007) o *Offset* refere-se à quantidade em valores dos números digitais suficiente para compensar a resposta do detector mesmo quando esse não recebe qualquer quantidade de radiação incidente, enquanto que o Ganho refere-se a um valor de ganho normalmente ajustado para impedir que o valor medido sature positivamente quando observa objetos claros, e negativamente quando observa objetos escuros.

Seguindo o procedimento, foram geradas imagens NDVI' com a utilização das bandas espectrais pós ajustes, conforme Equação 7. Posteriormente, para avaliação da alteração de características inerentes aos anos observados foram realizadas subtrações das imagens NDVI', expostas pelas Equações 8 e 9.

Constituídas as imagens de subtração, correspondentes aos anos 2006-1986 e 2018-2006,

foram definidas classes a partir dos valores de média e desvio padrão - parâmetros estatísticos inerentes as imagens de satélite - conforme Tabelas 2 e 3. Para a classificação foi utilizado o complemento *Semi-Automatic Classification Plugin* que faz uso de métodos de amostragem para geração de classes com características semelhantes. Como produto final é gerado um novo *raster* com as classes definidas a partir de intervalos pré determinados, bem como uma camada vetorial *shapefile*, possibilitando a análise das áreas da região estudada (Figura 3), presentes nas Tabelas 4 e 5. Dois mapas (Figuras 4 e 5) foram criados para a realização de uma análise visual dos percentuais de área identificados e classificados.

Situação	Área (km <sup>2</sup> )	Percentual
Supressão	23,622	23,61%
Sem alteração	63,994	63,97%
Regeneração	12,424	12,42%

Tabela 4 Percentual de áreas por classe: 2006-1986

Situação	Área (km <sup>2</sup> )	Percentual
Supressão	8,519	8,516%
Sem alteração	73,858	73,828%
Regeneração	17,663	17,656%

Tabela 5 Percentual de áreas por classe: 2018-2006

Visualmente é possível inferir que houve um aumento de área vegetada no período de 2006 a 2018, dita como regeneração, quando comparadas as Figuras 4 e 5. Analiticamente essa mesma hipótese se confirma, tendo em vista que para o período 2018-2016, a supressão correspondeu a 8,519 km<sup>2</sup> (8,516%), e a regeneração a 17,663 km<sup>2</sup> (17,656%). Enquanto no intervalo de 2006-1986, houve uma supressão de área vegetada de 23,622 km<sup>2</sup> (23,61%) e regeneração de 12,424 km<sup>2</sup> (12,42%). As áreas sem alteração corresponderam a 63,994 km<sup>2</sup> (63,97%) e 73,858 km<sup>2</sup> (73,828%), respectivamente, para os períodos analisados. Esses valores corroboram com os resultados dos parâmetros estatísticos obtidos nas propriedades das imagens NDVI, visto que grande parte do Parque estava em situação de vegetação rala a densa, com crescimento visual e quantitativo entre os anos de 1986, 2006, 2018, sequencialmente. Outra explicação para a não

alteração ser maior no período de 2018-2006, se dá ao fato de, a partir de 2006 a área se tornar uma UC de proteção integral, com usos restritivos e combate

a interferências antrópicas, estando vulnerável somente a condições e alterações ambientais.

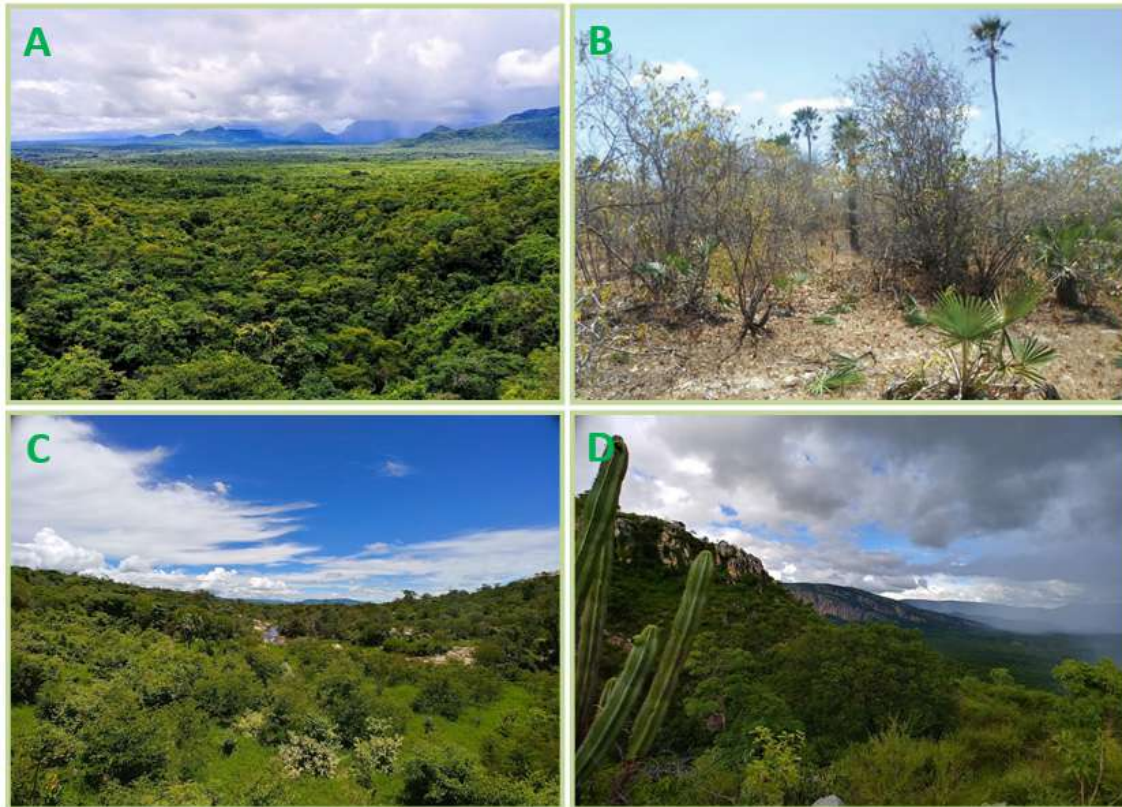


Figura 3 – Diferentes tipos de vegetação encontrados na Unidade de Conservação do Parque Estadual das Carnaúbas; A. Visão geral do Parque; B. Área de perda de vegetação; C. Área de ganho de vegetação; D. Área de vegetação estacionária (acervo pessoal de João Rafael Muniz, 2018).

Para a realização dessa análise foram utilizadas somente imagens NDVI correspondentes ao período seco analisado, uma vez que o índice

sofre alterações na presença de umidade do solo, acarretando em resultados alterados.

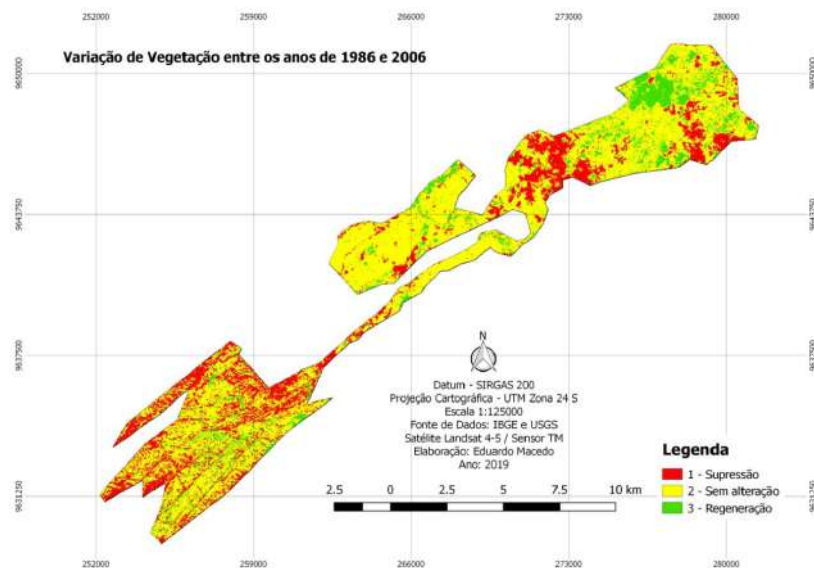


Figura 4 Mapa de variação de cobertura vegetal: 2006-1986



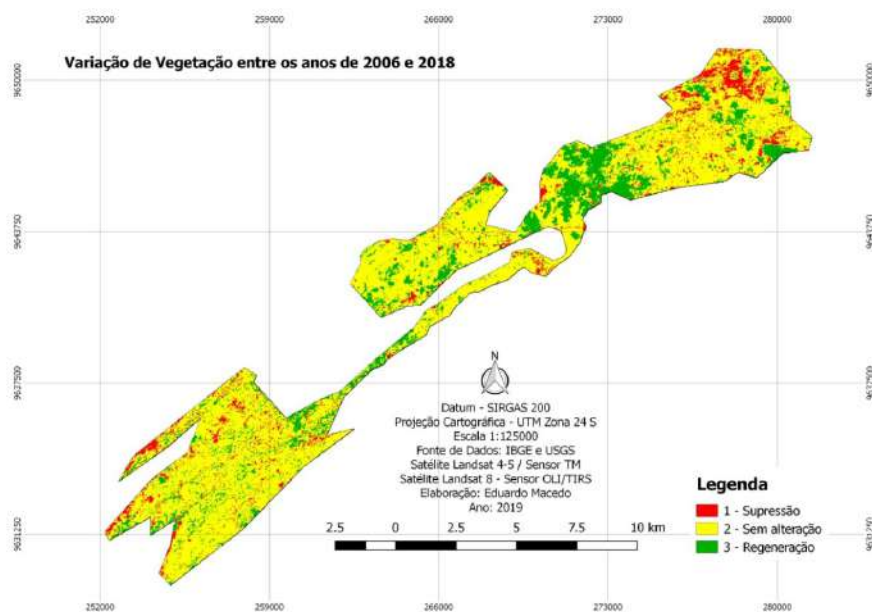


Figura 5 Mapa de variação de cobertura vegetal: 2018-2006

#### 4 Conclusão

O uso de técnicas atuais do sensoriamento remoto demonstra ser de grande valia em aplicações ambientais. Esta pesquisa valida esta ferramenta na investigação do monitoramento da cobertura vegetal através da estimativa e análise do índice NDVI a partir da demonstração da aplicabilidade de técnicas de SR na prospecção do monitoramento ambiental. Através de dados disponíveis gratuitamente no portal eletrônico do USGS é possível realizar o tratamento e manipulação das imagens de satélite, o que permitiu a estimativa das estatísticas de grade do NDVI para os anos analisados.

O objetivo do estudo foi atingido com base na utilização da técnica de subtração de imagens digitais. Técnica essa que permite a verificação visual e quantitativa de regiões onde houve perda, recuperação e manutenção de cobertura vegetal. Dentro do escopo desta pesquisa, a constatação dos resultados inerentes a diferença entre as imagens permitiu não só descrever analiticamente os parâmetros estatísticos, mas também confirmar a importância de se conservar e preservar o meio ambiente. Através do decreto de criação da Unidade, estabelecido em 2006, diversas restrições à utilização da área foram delimitadas, impedindo o uso indiscriminado da terra, ocupação irregular e o desmatamento violento.

É importante destacar que os índices de vegetação não devem ser os únicos parâmetros utilizados em estudos sobre as alterações ocorridas na dinâmica da cobertura vegetal. São importantes

indicadores dessas alterações, no entanto devem ser utilizados em conjunto com maiores informações sobre a área de estudo, complementadas através de pesquisas *in loco*.

#### 5 Referências

- Boratto, I.M.P. & Gomide, R.L. 2013. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 16, Foz do Iguaçu, 2013. Anais, São José dos Campos, INPE, p. 7345-7352.
- SEMA-CE. 2019. Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Ceará. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/1GxT82D027c82cOeUZ3p4Pij1Bs52K6fe/view?usp=sharing>>. Acesso em: 10 mai. 2019.
- SEPLAG-CE. 2006. Secretaria do Planejamento e Gestão do Estado do Ceará. Disponível em: <<http://imagens.seplag.ce.gov.br/PDF/20060221/do20060221p01.pdf#page=1>>. Acesso em: 12 mar. 2019.
- SEMACE. 2010. Superintendência Estadual do Meio Ambiente. Disponível em: <<https://www.semace.ce.gov.br/2010/12/09/parque-estadual-das-carnaubas/>>. Acesso em: 05 mar. 2019.
- Crósta, A.P. 1992. *Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto*. Campinas, UNICAMP, 170p.
- Freire, N.C.F. & Pacheco, A.P. 2017. Uma Abordagem Geoespacial e Espectro-Temporal da Degradação Ambiental no Bioma Caatinga na Região de Xingó, Brasil. *Revista Ciência e Trópico*, 41(2): 97-128.
- Hassler, M.L. 2005. A Importância das Unidades de Conservação no Brasil. *Sociedade & Natureza*, 17(33): 79-89.
- Melo, E.T. & Sales, M.C.L. 2011. Aplicação do Índice de Vege-



tação por Diferença Normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do Riacho dos Cavalos, Crateús - CE. *RA'EGA – O Espaço Geográfico em Análise*, 23: 520-533.

- Moreira, M.A. 2005. *Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação*. Viçosa, UFV, 320p.
- Oliveira-Filho, A.T.; Jarenkov, J.A. & Rodal, M.J.N. 2006. Floristic Relationships of Seasonally Dry Forests of Eastern South America Based on Tree Species Distribution Pattern. *In: Pennington, R.T.; Ratter, J.A. & Lewis, G.P. (eds.). Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests. CRC Press*, p. 159-190.
- Polonio, V.D. 2015. Índices De Vegetação Na Mensuração Do Estoque De Carbono Em Áreas Com Cana-De-Açúcar. Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Dissertação de Mestrado, 73p.
- Ponzoni, F.J. & Shimabukuro, Y.E. 2007. *Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação*. São José dos Campos, Parêntese Editora, 150p.
- Risso, J.; Rizzi, R.; Epiphanyo, R.D.V.; Rudorff, B.F.T.; Formaggio, A.R.; Shimabukuro, Y.E. & Fernandes, S.L. 2009. Potencialidade dos Índices de Vegetação EVI e NDVI dos Produtos MODIS na Separabilidade Espectral de Áreas de Soja. *In: SIMPÓSIO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 14, Natal, 2009. Anais, São José dos Campos, INPE, p. 379-386.
- Rosemback, R.; França, A.A.S. & Florenzano, T.G. 2005. Análise Comparativa dos Dados NDVI Obtidos de Imagens CCD/CBERS e TM/Landsat5 em uma Área Urbana. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 12, Goiânia, 2005. Anais. São José dos Campos, INPE, p. 1075-1082.
- Rouse, J.W.; Haas, R.H.; Schell, J.A. & Deering, D.W. 1973. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. *NASA Technical Reports Server*, 1: 309-317.
- Soares Filho, B.S. 1998. *Modelagem da Dinâmica de Paisagem de uma Região de Fronteira de Colonização Amazônica*. Departamento de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 299 p.