



DINÂMICA VEGETACIONAL E HÍDRICA EM ÁREAS DE CAATINGA POR SENSORIAMENTO REMOTO

Cloves Vilas Boas dos Santos¹, Hérica Fernanda de Sousa Carvalho², Marcelo José da Silva³, Magna Soelma Beserra de Moura⁴, Josiclêda Domiciano Galvêncio⁵

¹ Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, clovesvilasboas@gmail.com

² Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, hericafernanda_17@hotmail.com

³ Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Vale do São Francisco, marcelosilvaagr@gmail.com

⁴ D. Sc. em Recursos Naturais, Pesquisadora da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, magna.moura@embrapa.br

⁵ D. Sc. em Recursos Naturais, Professora da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), josicleda@gmail.com

RESUMO: O uso do sensoriamento remoto associado ao processamento digital de imagens tem sido muito importante nos estudos ambientais, pois por meio dele é possível a análise da superfície sem o contato direto com os alvos. O objetivo do presente trabalho foi analisar a dinâmica vegetacional e hídrica da caatinga utilizando índices espectrais. Este estudo foi realizado em uma área de caatinga no município de Araripina-PE. Foram determinados índices de vegetação em imagens do sensor OLI ao longo de três anos. Foram utilizados dados de precipitação para compreender a relação entre os padrões estabelecidos pelos índices e a dinâmica das chuvas. Os índices apresentaram comportamento semelhante, diferenciando em suas intensidades, com valores mais críticos nos meses de setembro e outubro, extrema seca; e valores mais expressivos de janeiro a abril. Correlações lineares entre a chuva ocorrida nos 15 e 30 dias que antecederam as datas dos índices espectrais apresentaram maiores coeficientes. Os índices espectrais apresentaram boa resposta as ocorrências de precipitação na área de caatinga, representando a dinâmica hídrica e fenológica da vegetação.

PALAVRAS-CHAVE: florestas tropicais sazonalmente secas, índices espectrais, SIG

VEGETATIONAL AND HYDRICAL DYNAMICS IN CAATINGA AREAS DETERMINED BY REMOTE SENSING

ABSTRACT: The use of remote sensing associated with digital image processing has been very important in environmental studies because it is possible to analyze the surface without direct contact with the targets. The objective of the present work was to analyze vegetation and water dynamics of the caatinga using spectral indexes. This study was carried out in an area of Caatinga in the municipality of Araripina-PE. Vegetation indexes were determined on OLI sensor images over three years. Precipitation data were used to understand the relation between the patterns established by the indices and the rainfall dynamics. The indices presented similar behavior, differentiating in their intensities, with more critical values in the months of September and October, extreme dry; and more significant values from January to April. Linear correlations between rainfall occurring in the 15 and 30 days preceding the spectral index dates presented higher coefficients. The spectral indices presented a good response to the occurrence of precipitation in the caatinga area, representing the water and phenological dynamics of the vegetation.

KEYWORDS: seasonally dry tropical forests, spectral indices, GIS

INTRODUÇÃO

Há um grande interesse no desenvolvimento de tecnologias mais eficientes no monitoramento dos recursos naturais, com destaque para o sensoriamento remoto associado ao processamento digital de imagens, pois essas ferramentas vem sendo uma alternativa que nos permite analisar os ambientes utilizando índices espectrais, que de acordo com Duft *et al.* (2008) são muito eficientes na caracterização dos alvos na superfície.

Análises espaciais utilizando índices espectrais são muito importantes, pois possibilitam a obtenção de informações sobre a dinâmica das condições biofísicas da vegetação e, no caso da caatinga, tem-se dado especial atenção ao comportamento hídrico, pelo fato deste bioma apresentar longos períodos de seca.

Pesquisas voltadas para a dinâmica da vegetação por sensoriamento remoto foram realizadas por Zanzarini *et al.* (2013), que avaliaram a variabilidade do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e sua relação com os atributos no solo; Lima Junior *et al.* (2014) que utilizaram índice de vegetação na estimativa de biomassa lenhosa na caatinga; Miranda *et al.* (2017) que estimaram a evapotranspiração da caatinga com imagens de satélite; e Duft *et al.* (2018) que verificaram o potencial de índices no monitoramento de secas.

A Chapada do Araripe está inserida no semiárido Brasileiro, estendendo-se por mais de 76 mil km², cobrindo 103 municípios, 18 deles no estado de Pernambuco, sendo um deles o de Araripina (DRUMOND, 2012). O Sertão do Araripe é uma região que tem apresentado grandes modificações no ambiente ao longo do tempo, como consequência da retirada da cobertura vegetal das áreas nativas por meio do desmatamento para a extração de lenha que era fonte de energia utilizada nas indústrias gesseiras, o que tem resultado em problemáticas ambientais (SÁ *et al.*, 2008).

Nessa região existem muitas áreas vegetadas que estão em processo de sucessão biológica, pois segundo Drumond (2012) estima-se que 65% da área da Chapada do Araripe foi desmatada até 2009, e o autor ainda ressalta que a recuperação da caatinga é lenta e pode levar de 13 a 15 anos.

Sá *et al.* (2008) utilizaram índices de vegetação para avaliação da cobertura vegetal na região do Araripe, demonstrando viabilidade da técnica. Os estudos nessa região ainda são incipientes, porém de grande importância para a compreensão do estado da cobertura vegetal, bem como para o acompanhamento de sua recuperação. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi analisar a dinâmica vegetacional e hídrica da caatinga preservada utilizando índices espectrais em uma área de caatinga preservada no município de Araripina-PE.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma área de caatinga preservada (Figura 1) situada na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) no município de Araripina-PE. De acordo com Sá *et al.* (2010), a região possui uma temperatura média variando entre 24 a 26 °C. Assim como em grande parte da região semiárida, o Araripe também possui baixos índices pluviométricos com chuvas de ocorrência muito irregular e com estações secas que se prolongam de 7 a 10 meses. Segundo Lacerda *et al.* (2016), a região possui uma precipitação anual em torno de 800 mm.

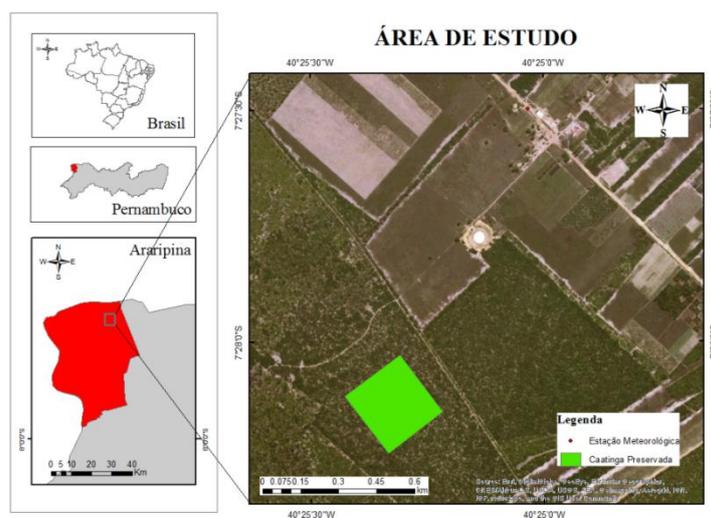


Figura 1. Localização da área de estudo

Foram utilizadas 18 imagens do sensor OLI (Landsat-8) obtidas tanto nos períodos chuvosos quanto secos dos anos de 2016 e 2018. Os dias utilizados na análise em 2016 foram: 31, 146, 233, 255 e 303. Em 2017, os dias foram: 1, 97, 161, 255 e 273. Em 2018, os dias foram: 68, 100, 164, 196, 228, 260, 276 e 324. A área estudada foi delimitada por meio de um equipamento GNSS.

Na etapa de Processamento Digital das Imagens (PDI), primeiramente foi realizada a conversão dos números digitais para radiância e em seguida a correção dos efeitos atmosféricos. Posteriormente, foram determinados o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) proposto por Rouse *et al.* (1973), e o índice global de umidade da vegetação (GVMI) proposto por Ceccato *et al.* (2002). Ambos os índices têm relação com o status hídrico de áreas vegetadas.

Foram utilizados dados diários de precipitação pluviométrica para o período de 1 de janeiro de 2016 a 31 de dezembro de 2018, obtidos na Estação Meteorológica do Instituto

Agrônomo de Pernambuco (IPA), e disponibilizados na plataforma de dados da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC).

Os dados diários de chuva foram acumulados para períodos de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 que antecedem as datas das imagens de satélite usadas para o cômputo dos índices espectrais. Foi utilizada regressão linear e correlação de Pearson (r) para verificar o ajuste dos dados de chuva com o NDVI e GVMÍ.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 são apresentados os totais de precipitação mensal e os índices espectrais (NDVI e GVMÍ) obtidos entre 2016 e 2018. Foram registrados valores abaixo de 50 mm na grande parte dos meses. Verificou-se que 54% da precipitação ocorreu entre janeiro e março, e que 91% do total anual de chuva foi verificado entre os meses de novembro a abril. O maior volume de água registrado foi em dezembro de 2018, com 223 mm; seguido de janeiro e março de 2016 com 190 mm e 111 mm, respectivamente. Os índices espectrais (NDVI e GVMÍ) mostraram-se bons indicativos de áreas verdes, acompanhando a ocorrência de chuvas ao longo do ano e apresentando decréscimos dos valores desde o final do período chuvoso até a estação seca.

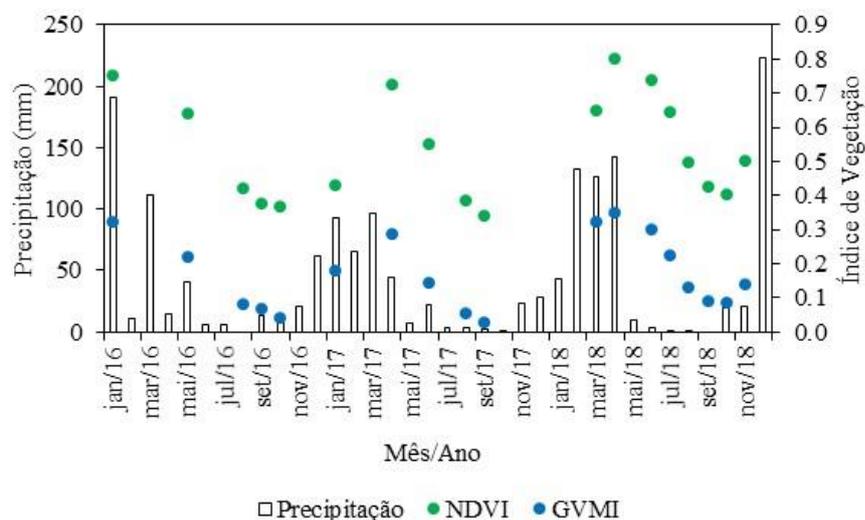


Figura 2. Índices de Vegetação por Diferença Normalizada e Índice Global de Umidade da Vegetação em uma área de Caatinga preservada na região do Araripe

Os valores mínimos do NDVI e GVMÍ ocorreram nos meses de setembro e outubro. Há de se destacar que em outubro de 2016 foram registrados 11 mm de chuva nos 7 dias antecedentes ao imageamento; em setembro de 2017 houve menos de 1 mm de chuva a 6 dias antecedentes ao imageamento e em outubro de 2018, se passaram 57 dias desde o último

registro de chuva (que foi menos de 1 mm). Os maiores valores dos índices ocorreram em janeiro de 2016, onde foi registrado 6 mm em dois dias antecedentes ao imageamento, com acúmulo de 190 mm nos 23 dias antes do imageamento.

Em 2017, os maiores valores de NDVI e GVMI ocorreram em abril, quando se registraram 7 mm em 5 dias antecedentes ao imageamento e um acumulado de 99 mm nos últimos 30 dias. Em abril de 2018 foram determinados os maiores valores de índice desse ano, pois no dia anterior foi registrado 7 mm e mais um acumulado de 195 nos últimos 30 dias. O maior valor de NDVI encontrado no período chuvoso foi de 0,77 em abril, e é um resultado que corrobora com o maior valor do mesmo índice encontrado por Sá *et al.* (2008) na região do Araripe, que foi 0,79.

Verificou-se a correlação positiva e significativa (exceto para NDVI e precipitação acumulada de 5 dias que não foi significativa) entre as variáveis (índices espectrais e a precipitação acumulada) (Tabela 1). Percebe-se que a partir dos 15 dias de acúmulo de chuva quase não ocorre variação nos valores de r , sendo que esse pode representar um período limiar no impacto das chuvas nos valores dos índices de vegetação. Obteve-se correlação moderada para NDVI e os acumulados de chuva até os 30 dias.

Tabela 1. Coeficiente de correlação de Pearson (r) para o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice Global de Umidade da Vegetação (GVMI) em relação a precipitação acumulada nos dias anteriores ao imageamento na região do Araripe – PE

Precipitação Acumulada	Índices de Vegetação	
	NDVI	GVMI
5 dias	0,44 ns	0,55*
10 dias	0,62**	0,69**
15 dias	0,66**	0,74**
20 dias	0,66**	0,75**
25 dias	0,65**	0,75**
30 dias	0,66**	0,77**

ns = não significativo; * significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade

Para o índice GVMI, a correlação foi moderada para os primeiros 10 dias, no entanto, foi forte a partir do acumulado de 15 a 30 dias. Esses resultados concordaram com Santos *et al.* (2017), que obteve em outra área de caatinga preservada entre os anos 2013 a 2016 uma correlação ($r = 0,66$) moderada para NDVI e precipitação acumulada em 30 dias. Esses resultados também concordam com Duft *et al.* (2018), que obtiveram correlações significativas com índices em área de agricultura.

CONCLUSÕES

Os padrões estabelecidos pelos índices espectrais permitiram uma boa análise da dinâmica hídrica para a vegetação de caatinga preservada na região do Araripe, representando bem os períodos chuvosos e secos. Os índices também apresentaram um grande potencial, sendo um bom parâmetro no monitoramento do status hídrico em áreas de caatinga.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela concessão da bolsa de Pós-Graduação para o primeiro autor e pelo apoio financeiro do Projeto “Monitoramento dos fluxos de radiação, energia, CO₂ e vapor d'água e da fenologia em áreas de Caatinga: Caatinga-FLUX Fase 2 (Processo APQ 0062-1.07 / 15)”. Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) pelos dados meteorológicos. Ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

REFERÊNCIAS

- CECCATO, P.; GOBRON, N.; FLASSE, S.; PINTY, B.; TARANTOLA, S. Designing a spectral index to estimate vegetation water content from remote sensing data: Part 1 Theoretical approach. **Remote Sensing of Environment**, v. 82, p. 188-197, 2002.
- DRUMOND, M. A. As florestas energéticas podem preservar as caatingas. *Opiniões*, v.26, p. 30, 2012.
- DUFT, D. G.; PICOLI, M. C. A. Uso de imagens do sensor MODIS para identificação da seca na cana-de-acúcar através de índices de vegetação, **Revista Scientia Agraria**, v. 19, p. 52-63, 2018.
- LACERDA, F. F.; NOBRE, P.; SOBRAL, M. C. M.; LOPES, G. M. B.; ASSAD, E. D. Tendência do Clima do Semiárido Frente as Perspectivas das Mudanças Climáticas Globais; O Caso de Araripina, Pernambuco. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 31, p. 132-141, 2016.
- LIMA JUNIOR, C.; ACCIOLY, L. J. O.; GIONGO, V.; LIMA, R. L. F. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; MENEZES, R. S.C. Estimativa de biomassa lenhosa da Caatinga com uso de equações alométricas e índice de vegetação. **Scientia Forestalis**, v. 42, p. 289-298, 2014.
- MIRANDA, R. D. Q.; GALVINCIO, J. D.; MOURA, M. S. B. de; JONES, C. A.; SRINIVASAN, R. Reliability of MODIS evapotranspiration products for heterogeneous dry forest: a study case of Caatinga. **Advances in Meteorology**, v. 2017, p. 1-14, 2017.
- ROUSE, J. W.; HASS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ErtS. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE SYMPOSIUM, 3., 1973, Washington. **Proceedings**. Washington: NASA, 1974. p. 309317.
- SANTOS, C. V. B.; BAPTISTA, G. M. M.; MOURA, M. S. B. Seasonality of Vegetation Indices in different land uses in the Sao Francisco Valley. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 7, p. 158-167, 2017.
- ZANZARINI, F. V.; PISSARRA, T. C.; BRANDAO, F. J.; TEIXEIRA, D. D. Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 608-614, 2013.
- SÁ, I. I. S.; GALVINCIO, J. D.; MOURA, M. S. B.; SÁ, I. B. Cobertura vegetal e uso da terra na região Araripe pernambucana. **Mercator**, v. 9, p. 143 a 163, 2010.
- SÁ, I. I. S.; GALVINCIO, J. D.; MOURA, M. S. B.; SÁ, I. B. Uso do índice de vegetação da diferença normalizada (IVDN) para caracterização da cobertura vegetal da região do Araripe pernambucano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 1, p. 28-38, 2008.