

AVALIAÇÃO COMPORTAMENTAL DO NDVI PARA DIFERENTES INTENSIDADES PLUVIOMÉTRICAS EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA DO SEMIÁRIDO

Valéria Severo de Noronha¹, Nicole Sarah Carvalho Ponte², Julyanne Braga da Cruz Amaral³,
Fernando Bezerra Lopes⁴

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Federal do Ceará (UFC),
eeepdv.valeriasevero@gmail.com;

⁽²⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Federal do Ceará (UFC),
nicolle.ncsp@hotmail.com;

⁽³⁾ Mestranda, Universidade Federal do Ceará (UFC), julyanne_braga@hotmail.com;

⁽⁴⁾ Professor, Universidade Federal do Ceará (UFC), lopesfb@ufc.br;

RESUMO: O uso e a ocupação adequada do solo são fatores primordiais que favorecem a conservação das bacias hidrográficas. Uma das ferramentas de grande importância na identificação da ocupação de áreas são os índices de vegetação empregados em imagens orbitais obtidas por meio do Sensoriamento Remoto. Dentre os vários índices de vegetação, o NDVI (Índice de Vegetação das Diferenças Normalizadas) tem sido frequentemente utilizado. Desse modo, objetivou-se analisar as mudanças espaço temporais de uma bacia hidrográfica, localizada na região semiárida brasileira, avaliando a presença da cobertura vegetal com o emprego do índice NDVI para junho de 2007 e agosto de 2017. A área de estudo corresponde à bacia hidrográfica do reservatório Pereira de Miranda, presente na bacia do Rio Curu, Ceará. Para 2007 a pluviometria acumulada foi de 637 mm.ano⁻¹, o intervalo de NDVI predominante para a imagem foi de 0,44 a 0,75, que corresponde a uma vegetação mais densa. Para o ano de 2017 apresentou um maior regime pluviométrico, apesar disso o intervalo de NDVI predominante para o mês de agosto foi de 0,23 a 0,44, indicando uma vegetação mais esparsa, relacionada ao período de estiagem. Notou-se a presença de uma maior densidade vegetal nas áreas mais elevadas da bacia. O comportamento da vegetação em relação à presença de regimes pluviométricos e de água armazenada é extremamente relevante, podendo justificar a presença ou ausência da cobertura vegetal em diferentes épocas ou com diferentes regimes pluviométricos.

PALAVRAS CHAVE: Sensoriamento remoto, Vegetação, Recursos Hídricos.

BEHAVIORAL ASSESSMENT OF NDVI FOR DIFFERENT RAINFALL INTENSITIES IN A SEMI-ARID WATERSHED

ABSTRACT: The use and proper occupation of the soil are a fundamental factor that favors the conservation of the hydrographic basins. One of the tools of great importance in the identification of the occupation of areas is the vegetation indexes used in images obtained through Remote Sensing. Among the various vegetation indices, the NDVI (Vegetation Index of Normalized Differences) has been frequently used. Thus, the objective was to analyze the temporal space changes of a hydrographic basin, located in the Brazilian semi-arid region, evaluating the presence of vegetation using the NDVI index for June 2007 and August 2017. The study area corresponds to the basin watershed of the Pereira de Miranda reservoir, present in the Rio Curu basin, Ceará. For 2007 the accumulated rainfall was 637 mm.year⁻¹, the NDVI range predominant for the image was from 0.44 to 0.75, which corresponds to a denser vegetation. The year 2017 presented a greater rainfall, although the NDVI interval

predominant for the month of August was from 0.23 to 0.44, indicating sparse vegetation, related to the drought period. It was noted the presence of a higher vegetation density in the higher areas of the basin. The behavior of vegetation in relation to the presence of pluviometric regimes and stored water is extremely relevant, which may justify the presence or absence of vegetation cover at different times or with different rainfall regimes.

KEYWORDS: Remote sensing, Vegetation, Water Resources.

INTRODUÇÃO

A sustentabilidade dos recursos naturais vem se tornando uma preocupação mundial devido ao crescimento populacional atrelado a demanda por alimentos. Muitos recursos são explorados de forma inadequada, principalmente nas regiões mais áridas, na qual a população com menor poder aquisitivo necessita extrair ao máximo os recursos para a sobrevivência (GOMES *et al.*, 2005). O desmatamento, a inserção de animais para pastejo próximo aos cursos hídricos e o uso de defensivos agrícolas de forma imprópria são as principais ações antrópicas responsáveis pela poluição dos rios e reservatórios, o que reduz a sua disponibilidade para uso doméstico, tornando este recurso cada vez mais escasso, além de prejudicar a qualidade do solo para fins agrícola. Segundo Lopes *et al.* (2011), o uso e a ocupação adequada do solo é um fator primordial que favorece a conservação das bacias hidrográficas.

Para analisar fatores tais como as mudanças na cobertura vegetal do solo ou na qualidade da água, é necessário um monitoramento periódico (DOURADO *et al.*, 2019). O sensoriamento remoto (SR) é uma ferramenta que possibilita a obtenção de dados sem que ocorra o contato direto com a superfície analisada, sendo utilizada para a estimativa de diversos fenômenos, inclusive, para monitorar mudanças espaço-temporais em ambientes que podem sofrer a influência de vários fatores, sejam esses naturais ou antrópicos o que irá contribuir para decisões que melhorem a conservação do ambiente (MOREIRA, 2003).

Uma das ferramentas de grande importância na identificação da ocupação de áreas são os índices de vegetação empregados em imagens obtidas através do SR. Segundo Jensen (2009), avaliar a cobertura vegetal por meio de índices facilita o monitoramento de mudanças sazonais e interanuais do seu desenvolvimento. Dentre os vários índices de vegetação, o NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) tem sido frequentemente utilizado (LIMA *et al.*, 2017). Esse índice indica a presença da vegetação em uma determinada área de interesse, variando de -1 a 1: a vegetação é representada pelos intervalos mais próximos de 1, indicando uma maior densidade vegetal (AQUINO *et al.*, 2018).

Desse modo, objetivou-se analisar as mudanças ocorridas no espaço e no tempo em uma bacia hidrográfica, avaliando o uso e ocupação do solo com o emprego do índice NDVI.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo corresponde a bacia hidrográfica do reservatório Pereira de Miranda, Ceará (Figura 1), esta possui uma área de 3220 km². O clima da bacia é BSh'w' para a classificação de koppen, ou seja, semiárido quente, com chuvas de outono, temperatura média

acima de 18°C, precipitação média anual de 755 mm e a evaporação anual é de 1.899 mm. As principais classes de solos presentes na bacia são: Luvissoilo, planossolo, argissolo e neossolo.

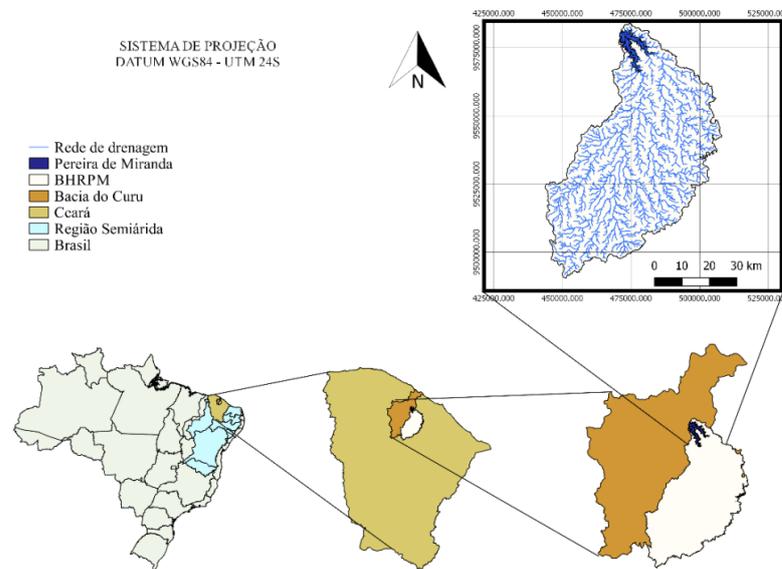


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do reservatório Pereira de Miranda, Ceará.

A partir da obtenção do modelo digital do terreno, utilizando a Shuttle Radar Topography Mission – SRTM, realizou-se a delimitação da bacia, assim como a extração da rede de drenagem, através do uso do conjunto de ferramentas do ArcHydro disponibilizada no software ArcMap 10.3. Na Figura 2, o fluxograma representa de forma resumida os passos que foram utilizados na ferramenta ArcHydro para a delimitação da bacia hidrográfica de acordo com Pereira *et al.* (2017).

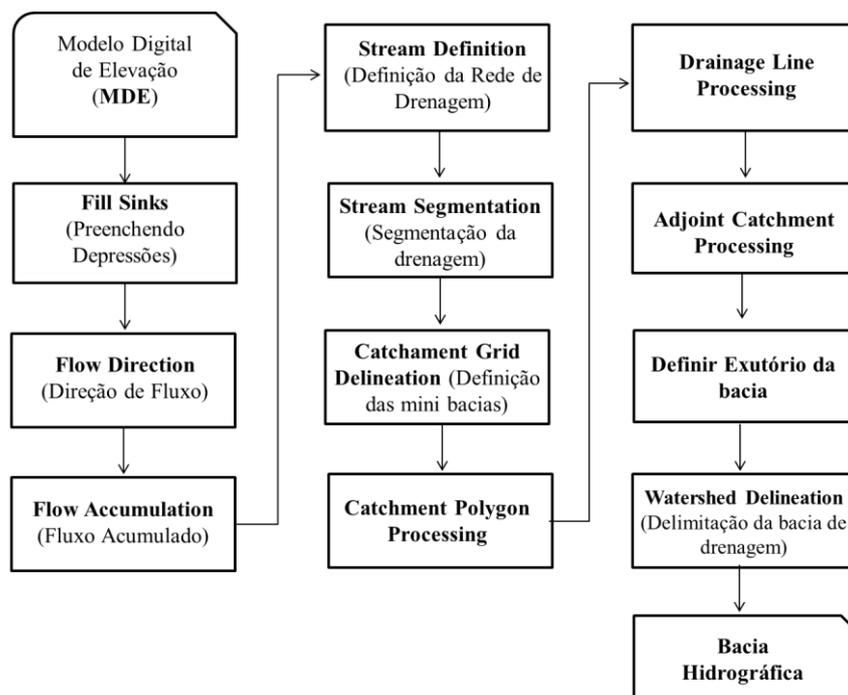


Figura 2. Fluxograma do processo para delimitação de bacias hidrográficas utilizando ArcHydro

As imagens orbitais foram captadas pelos sensores Thematic Mapper – TM e Scanner – MSS, a bordo do satélite Landsat 5 e pelo sensor Operational Land Imager - OLI, instalado a bordo do satélite Landsat-8 disponibilizadas na página da United States Geological Survey (USGS). O imageamento ocorreu nas seguintes datas: 15 de junho de 2007 (Landsat 5) e 13 de agosto de 2017 (Landsat 8). Para a escolha das imagens, foram preferíveis aquelas que apresentassem uma menor incidência de nuvens, para que a interpretação da imagem não fosse dificultada.

Para o processamento das imagens, primeiramente, foi necessário realizar a calibração radiométrica (Equação 1) do número digital (ND) aplicando a ferramenta Radiometric Calibration, em seguida realizou-se a correção atmosférica utilizando algoritmo Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes (FLAASH), encontrado no software Environment for Visualizing Images (ENVI), no qual o modelo empregado foi o Moderate Resolution Atmospheric Radiance and Transmittance (MODTRAN).

$$L\lambda = \text{Ganho} * \text{DN do pixel} + \text{offset} \quad (1)$$

Em que, L: radiância (watts/m²); DN do pixel: número digital do pixel; offset: tendência redimensionada (watts/m²).

Com o intuito de obter informações sobre a presença da vegetação e analisar suas condições, foi utilizado o Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), no qual possui alta reflectância na banda do infravermelho próximo, o que proporciona uma observação nítida nas variações de densidade da vegetação. Esse índice pode ter uma variação em seu resultado de valores entre -1 e 1, sendo classificados como água e sombra de nuvens os valores de NDVI negativos ou igual à zero. Já o solo exposto caracteriza-se por valores sutilmente superiores a zero e a vegetação tende a ser representada por valores positivos acima de 0,2. A Tabela 1 representa os intervalos de NDVI e suas respectivas classes e alvos que foram adequados por Vasconcellos *et al.* (2016).

Tabela 1. Intervalos de NDVI e suas respectivas classes e alvos de superfície

Intervalos NDVI	Classes	Alvos de superfície
-1 – 0,01	Classe 1	Corpos d’água e sombreamento
0,01 – 0,18	Classe 2	Áreas não vegetadas
0,18 – 0,23	Classe 3	Vegetação bastante esparsa
0,23 – 0,44	Classe 4	Vegetação esparsa
0,44 – 0,75	Classe 5	Vegetação densa
0,75 – 1,00	Classe 6	Vegetação muito densa

Para realização do cálculo NDVI, foi utilizada a seguinte equação de Rouse *et al.* (1974):

$$NDVI = \frac{\rho(NIR) - \rho(Red)}{\rho(NIR) + \rho(Red)} \quad (2)$$

em que:

NDVI - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada;

$\rho(\text{Red})$ - Fator de reflectância bidirecional na banda do vermelho;

$\rho(\text{NIR})$ - Fator de reflectância bidirecional na banda do infravermelho próximo.

Para avaliar o volume do reservatório ao longo dos anos, assim como a precipitação pluviométrica diária e acumulada, foram utilizados os dados do Portal Hidrológico do Ceará. Informações pluviométricas são de grande importância na análise e compreensão da distribuição espacial da cobertura vegetal, pois possuem uma ligação direta com a atividade fotossintética e produção de biomassa vegetal no bioma Caatinga (BARBOSA *et al.*, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição pluviométrica para o ano de 2007 mostrou-se concentrada nos primeiros meses (janeiro a abril), durante esse período caracterizado pela estação chuvosa é possível notar que o valor máximo de pluviometria foi de 107 mm.dia^{-1} no mês de abril, a pluviometria acumulada para esse ano atingiu um valor de 637 mm.ano^{-1} , em 2007 o volume do reservatório Pereira de Miranda sofreu uma diminuição em seu volume, no início do ano, este se encontrava com um volume de 57,7% da sua capacidade, até o fim do ano o reservatório sofreu uma diminuição de 27,7%, restando apenas 30% do volume (Figura 3).

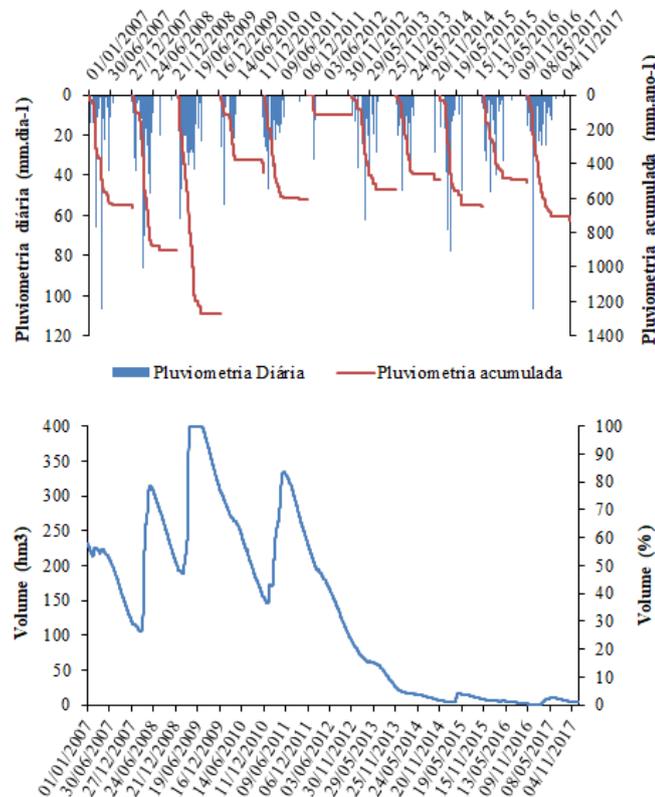


Figura 3. Gráfico de pluviometria diária, acumulada e o volume do reservatório Pereira de Miranda dos anos de 2007 a 2017

Para 2017, ano da segunda imagem analisada, a pluviometria diária máxima foi de 107 mm.dia⁻¹ no mês de fevereiro, a pluviometria acumulada para o mesmo foi de 728,8 mm.ano⁻¹. Nota-se que no início do ano o reservatório encontrava-se praticamente seco, com apenas 0,1% da sua capacidade, após o acúmulo da água das chuvas, o reservatório chegou a atingir o valor de 2,6%.

A partir da aplicação do NDVI nas imagens, foi possível observar a variação desse índice na extensão da bacia hidrográfica. Nota-se a presença de valores entre -1,0 e 1,0, no qual os valores negativos representam a presença de corpos hídricos bem como de nuvens, os intervalos entre 0,18 a 0,23 representados pela coloração amarela, ilustram o solo exposto, já as vegetações mais secas possuem um intervalo entre 0,23 a 0,44. A partir de 0,44, à medida que esses intervalos crescem, vai significando uma maior densidade na vegetação presente na imagem (Figura 4).

Apesar da pluviometria acumulada do ano de 2017 ter sido maior que a de 2007, fatores tais como: secas prolongadas, irregularidade de chuvas, elevadas taxas de evaporação da água, solos secos e rasos, entre outros que foram citados em literaturas por Montenegro *et al.* (2003), fizeram com que esse ano apresentasse uma vegetação mais seca, com um menor acúmulo de água, como pode ser visto na Figura 4B.

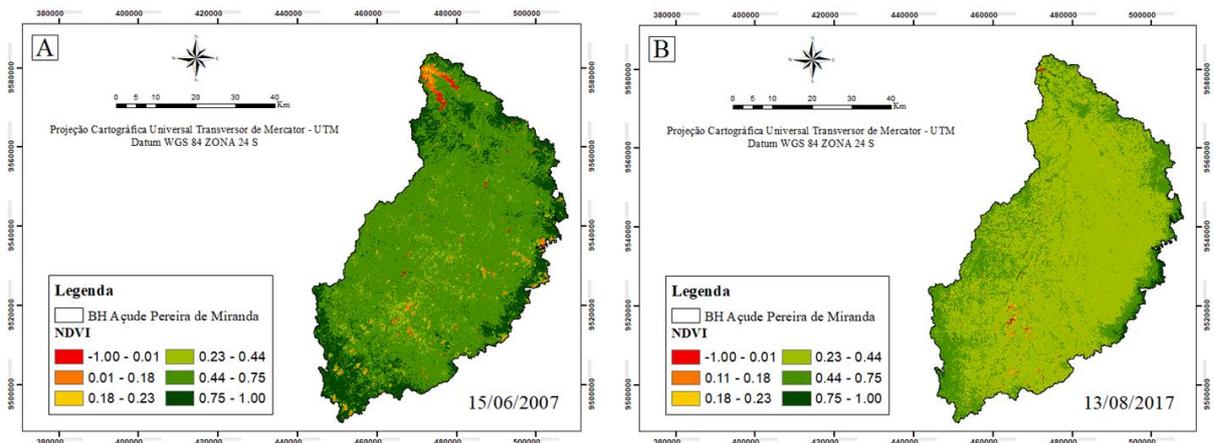


Figura 4. Aplicação do NDVI nas imagens da bacia hidrográfica do reservatório Pereira de Miranda.

Além do mais, a Figura 4B corresponde ao mês de agosto, que é caracterizado pelo período de estiagem. Devido a esse período seco, a caatinga sofre mudanças naturais de acordo com suas características fisiológicas, o que ocasiona a deciduidade das folhas para a diminuição da área de contato para a evapotranspiração, após esse período ocorre a formação de outras folhagens em períodos de maior concentração de umidade (AMORIM *et al.*, 2009).

Em junho de 2007 é possível observar nitidamente uma maior densidade vegetacional, se comparada a agosto de 2017. O intervalo predominante para esse período foi de 0,44 a 0,75, ou seja, vegetação densa (Figura 4A), esse vigor vegetativo é decorrente da recém passagem da estação chuvosa. A classe 5, vegetação densa, representa o maior percentual em relação a ocupação da área do mapa, 74,49%. A classe que menos está representada na imagem é a 3, que corresponde a vegetações bastante esparsas, nota-se que para esse ano o

reservatório possui uma maior área representada, correspondendo a 0,55% do mapa da bacia (Tabela 2).

Tabela 2. Área ocupada por cada classe de NDVI para os anos de 2007 e 2017

Classe	NDVI 2007		NDVI 2017	
	Área (Km ²)	%	Área (Km ²)	%
1	17.8461	0.55	6.8427	0.21
2	42.1362	1.31	12.4956	0.39
3	15.6114	0.48	26.2710	0.82
4	180.3150	5.60	2344.8670	72.82
5	2398.3740	74.49	792.4968	24.61
6	565.6293	17.57	36.9387	1.15
Total	3219.9120	100	3219.9120	100

Para agosto de 2017, o intervalo predominante em toda a área da bacia hidrográfica foi de 0,23 a 0,44, indicando a presença de uma vegetação mais rala e menos úmida, relacionando-se à estação seca, na qual ocorre a perda de cobertura vegetal (Figura 4B). A diferença entre a porcentagem de ocupação da classe 4, para os dois anos em estudo é de 67,22%, essa discrepância é muito elevada por se tratar de meses diferentes (Tabela 2). Segundo Araújo (2006), para que a interpretação dos dados seja feita de forma coerente, é necessário considerar os ciclos fenológicos anuais da vegetação, para que ocorra a diferenciação das oscilações naturais do estado de vegetação.

Para o mesmo ano, nota-se um intervalo de -1 a 0,01, indicando a presença dos corpos hídricos, representados de forma sutil na imagem, devido ao baixo volume do reservatório Pereira de Miranda, localizado na parte norte da bacia. Ademais, a presença de plantas aquáticas na sua superfície pode mascarar o tamanho do espelho d'água do reservatório (Figura 4b).

Através do mapa de altitude da bacia, verifica-se que as áreas mais elevadas entre os intervalos de 435 e 795 metros, são as que representam no mapa de NDVI a maior densidade da vegetação tanto para junho de 2007, como para agosto de 2017 (Figura 5).

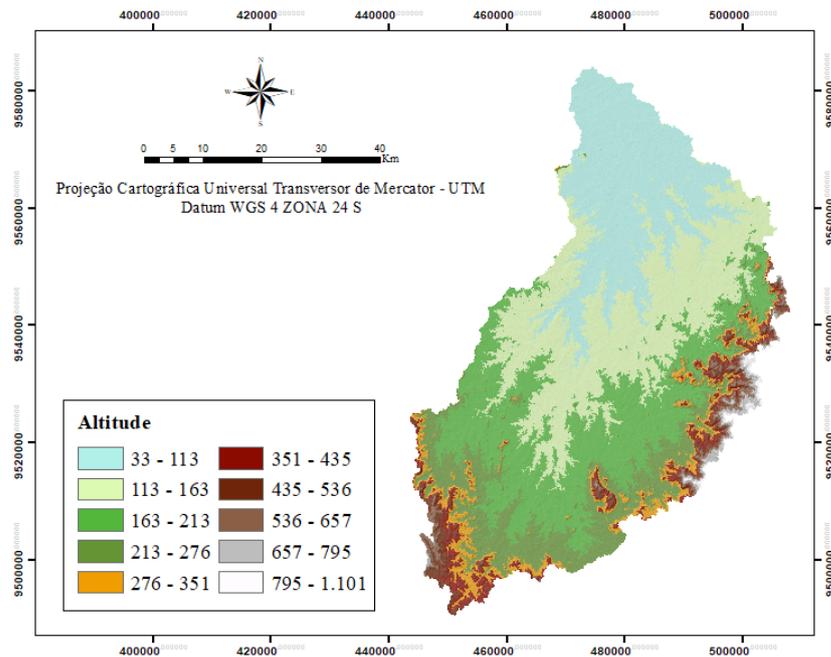


Figura 5. Mapa de altitude da Bacia hidrográfica

Esse fator pode ser justificado pela relação entre precipitações pluviométricas e a altitude, devido a maior frequência das chuvas nessa região, a vegetação ganha uma maior concentração de água e torna-se mais vigorosa. ZHU *et al.* (2011), em um estudo sobre a influência da distribuição espacial da vegetação na bacia do Qaidam, concluiu que fatores como: precipitação, escoamento, altitude e atividades humanas influenciam na distribuição da vegetação, além disso, cita a relação entre a altitude e a precipitação.

CONCLUSÕES

O NDVI apresentou resultados coerentes em relação à densidade da vegetação e o teor de água presente. A densidade da vegetação pode ser relacionada com a altitude do local, devido a maior frequência pluviométrica.

O comportamento da vegetação em relação à presença de regimes pluviométricos e de água armazenada é extremamente relevante, podendo justificar a presença ou ausência da cobertura vegetal em diferentes épocas ou com diferentes regimes pluviométricos.

REFERÊNCIAS

AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. L. Fenologia de espécies lenhosas da caatinga do Seridó, RN. **Revista Árvore**, v.33, n.3, p.491-499, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000300011>

AQUINO, D. N.; NETO, O. C. R.; MOREIRA, M. A.; TEIXEIRA, A. S.; ANDRADE, E. M. Use of remote sensing to identify areas at risk of degradation in the semi-arid region. **Revista Agroambiente online**, v. 49, n. 3, p. 420-429, 2018. DOI: 10.5935/1806-6690.20180047

ARAÚJO, T.L. Estimativa da temperatura e do saldo de radiação à superfície terrestre em Maceió-Al utilizando imagens TM/LANDSAT 5 (2006).. Dissertação (Mestrado em Meteorologia)-Programa de Pós-Graduação em Meteorologia. Universidade Federal de Alagoas, Maceió-Al. 86f.

BARBOSA, A. H. S.; CARVALHO, R. G.; CAMACHO, R. G. V. Aplicação do NDVI para a Análise da Distribuição Espacial da Cobertura Vegetal na Região Serrana de Martins e Portalegre – Estado do Rio Grande do Norte. *Revista do Departamento de Geografia USP*, v.33, p. 128-143, 2017.

DOURADO, G. F.; MOTTA, J. S.; FILHO, A. C. P.; SCOTT, D. F.; GABAS, S. G.; FACINCANI, E. M. Spatiotemporal Analysis of an Urban Water-Supply Watershed. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 42, n. 4, p. 238-248, 2019.

GOMES, A. R. Avaliação da vulnerabilidade à perda de solo em região semiárida utilizando sensoriamento remoto e geoprocessamento – área piloto de Parnamirim (PE). São José dos Campos, São Paulo. 2005. 163f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto)-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

JENSEN, J. R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres. Tradução de José Carlos Ephifanio (coord.) et al. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 598 p.

LIMA, F. J. O.; LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M.; FARIA, C. C.; TEIXEIRA, A. S. Uso do sensoriamento remoto no monitoramento de plantas aquáticas. **Conexões: Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 1, p. 49 - 56, 2017. DOI: <https://doi.org/10.21439/conexoes.v11i1.1077>

LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M.; TEIXEIRA, A. S.; CAITANO, R. F.; CHAVES, L. C. G. Uso de geoprocessamento na estimativa da perda de solo em microbacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Agro@mbiente online**, v. 5, n. 2, p.88-96, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v5i2.503>

MONTENEGRO, S. M. G. L.; MONTENEGRO, A. A. A.; MACHKAY, R.; OLIVEIRA, A. S. C. Dinâmica Hidro-salina em Aquífero Aluvial Utilizado para Agricultura Irrigada Familiar em Região Semiárida. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n.2, p. 85–92, 2003.

MOREIRA, M. A. Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação. Viçosa: Ed. UFV, 2003. 307 p.

PEREIRA, E.; LÊDO, E; LOPES, F. B.; ANDRADE, E. Comparação entre os modelos de elevação SRTM de 30 e 90 m na caracterização morfométrica de bacias hidrográficas. In: III Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido, **Anais...** 2017, Fortaleza. Fortaleza: MASSA/UFC, 2017. p1-6. v. 3. doi: 10.18068/IIISBRNS2017.geoap804

ROUSE, J. J.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. 1974.

VASCONCELLOS, R. C.; BELTRÃO, N. E. S.; FIRMINO, F. A. B.; SILVA, S. M. A.; FARIAS, M. H. C. S. Potencialidades da aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (ndvi) em políticas de regularização ambiental: um estudo em paragominas, Pará, Brasil. II Congresso Amazônico de Meio Ambiente & Energias Renováveis. UFRA Campus Belém, 2016.

WENBIN ZHU, AIFENG LV, SHAOFENG JIA. Distribuição espacial da vegetação e fatores influentes na bacia do Qaidam com base no NDVI. *Journal of Arid Land*, v.3, n.2, p.85-93, 2011.