

AVALIAÇÃO DA SECA NO ESTADO DE PERNAMBUCO UTILIZANDO O ÍNDICE DA CONDIÇÃO DA VEGETAÇÃO (VCI), UMIDADE DO SOLO DO SATÉLITE SMOS E PRECIPITAÇÃO

Alzira Gabrielle Soares Saraiva Souza ¹, Alfredo Ribeiro Neto ¹ e Laio Lucas de Souza ²

¹Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife - Pernambuco, Brasil, 50740-530, saxzira@yahoo.com.br (A.G.S.S.S); alfredoribeiro@ufpe.br (A.R.N)

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB, João Pessoa – Paraíba, Brasil, 58015-435, laio_lucas@yahoo.com.br

RESUMO

O Estado de Pernambuco possui 80% do seu território inserido na região semiárida, sofrendo com as irregularidades das chuvas e com o fenômeno das secas, o que reforça a necessidade de acompanhamento constante das variações do vigor vegetativo, que estão diretamente relacionadas aos eventos climáticos. Diante disso, esse estudo consistiu em avaliar a seca nessa área de estudo, levando em consideração três regiões climáticas: mata, agreste e sertão. Para isso, foi utilizado o VCI, calculado a partir do NDVI, durante o período de 2010 a 2017. Esse índice teve seu desempenho avaliado com os dados de umidade do solo do satélite SMOS e precipitação (CPTEC/INPE), os quais apresentaram mesma tendência e resultados estatísticos variando entre moderado a muito forte, sendo melhor correlacionado com a umidade do solo.

Palavras-chave — Seca, NDVI, VCI, umidade do solo do SMOS e precipitação.

ABSTRACT

The State of Pernambuco has 80% of its territory inserted in the semiarid region, suffering the irregularities of the precipitation and the phenomenon of droughts, which reinforces the need for constant monitoring of variations in vegetative vigor, which are directly related to climatic events. This study aimed to assess drought in three regions of Pernambuco: Mata, Agreste and Sertão. To do so, the Vegetation Condition Index (VCI) was calculated using NDVI, during the period from 2010 to 2017. This index had its performance evaluated with the soil moisture data of the SMOS mission and precipitation data (CPTEC / INPE). The evaluation presented similar trend and statistical results ranging from moderate to very strong, getting better correlation with soil moisture.

Key words — Drought, NDVI, VCI, soil moisture of SMOS and precipitation.

1. INTRODUÇÃO

A seca é um fenômeno que pode ser definido como um desequilíbrio natural na disponibilidade de água que consiste em precipitação persistente abaixo da média e que resulta na redução da disponibilidade dos recursos hídricos e da capacidade de resposta dos ecossistemas [1-3]. Esse fenômeno pode ser classificado de acordo com o seu grau de intensidade. A primeira a ocorrer é a seca meteorológica, associada a déficits de precipitação. Seguida da seca agrícola, devido à persistência das condições de baixa umidade, que leva ao déficit de água no solo, resultando em estresse das culturas [4, 5, 3].

Esse desequilíbrio acarreta em uma série de consequências negativas no âmbito ambiental, social e econômico, sendo muito importante o estudo das suas causas e efeitos. No entanto, para o monitoramento da seca em grandes áreas, a obtenção de dados *in situ* se torna onerosa e pode apresentar dificuldades para a sua operacionalidade. Diante disso, o sensoriamento remoto se torna um instrumento fundamental para coleta de dados e para o estudo dos impactos da seca em função do tempo e do espaço [5, 6].

Estudos relacionados as mudanças climáticas necessitam de informações constantes para que sejam melhor compreendidas e modeladas [7]. Assim, as imagens orbitais do sensor *Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), oferecem produtos relacionados à atmosfera, solo e oceano para todo o globo [8]. Essas características tornam os produtos do MODIS importantes no monitoramento de secas e estiagem avaliando as variações do vigor vegetativo, que é diretamente afetado pelos eventos climáticos em regiões semiáridas [2, 3].

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo obter o Índice da Condição da Vegetação (VCI), calculado a partir do Índice de Vegetação Normalizado (NDVI) para o Estado de Pernambuco, levando em consideração as regiões climáticas, durante o período de 2010 a 2017 e avaliar as anomalias de seca nesse período. Além de analisar o comportamento da seca com a umidade do solo do satélite SMOS e os dados de precipitação fornecido pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O Estado de Pernambuco está localizado na região Nordeste do Brasil e abrange uma área de aproximadamente 98.281km². Devido a sua amplitude longitudinal, em torno de

80% do seu território está inserido na região semiárida, abrangendo as mesorregiões do agreste, São Francisco e sertão pernambucano (Figura 1). Essas regiões sofrem com as irregularidades das chuvas e com o fenômeno das secas, o que acarretam em impactos ambientais, sociais e econômicos [9].

A área de estudo está classificada em cinco diferentes mesorregiões: região metropolitana de Recife, mata, agreste, São Francisco e sertão pernambucano (Figura 1). Conforme realizado por Souza et al. [10] as cinco mesorregiões serão agrupadas em três para avaliar o índice de seca no Estado, de acordo com as suas características climáticas. A região 1 abrange a região metropolitana de Recife e a mata, a região 2 é representada pelo agreste e a região 3 abrange a mesorregião do São Francisco e sertão pernambucano.

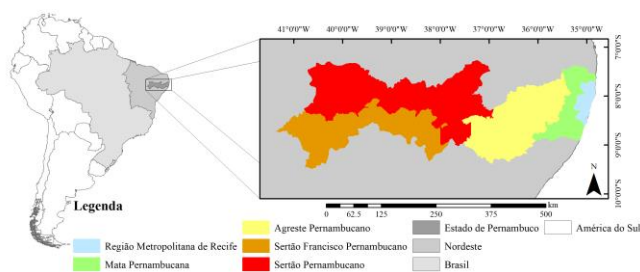


Figura 1. Localização do Estado de Pernambuco e das mesorregiões. Fonte: Souza et al. (2018).

2.2. Produto MODIS

As imagens obtidas pelo sensor MODIS, que opera a bordo dos satélites Terra e Aqua da NASA foram coletados no portal *Land Processes Distributed Active Archive Center* (LP DAAC) (<https://lpdaac.usgs.gov>) no qual estão disponíveis gratuitamente para *download*.

O produto MODIS/Aqua utilizado nessa pesquisa foi o MYD09A1. Esse produto possui imagens de refletância da superfície, com composição de oito dias e resolução espacial de 500 m.

Para cobrir todo o Estado de Pernambuco foram necessários obter dois tiles (h14 v09, h13 v09). Sendo posteriormente realizado o mosaico, o recorte da região de interesse, a reprojeção para coordenadas geográficas e a conversão desses produtos de hdf para geotiff, que foi realizado no *software* MRTools, disponibilizado gratuitamente no site da Agência Espacial Americana (NASA), pelo seu portal na internet (https://lpdaac.usgs.gov/tools/modis_reprojection_tool).

Após esse procedimento foi realizado o cálculo para o índice do NDVI, utilizando a Equação 1.

$$NDVI = \frac{(\rho_2 - \rho_1)}{(\rho_2 + \rho_1)} \quad (1)$$

sendo ρ_i a refletância de superfície das bandas 1 e 2 (648, 858 nm, respectivamente).

Esse índice é altamente utilizado no monitoramento de seca agrícola por fornecer o estado de saúde da vegetação, indicando condição de seca quando o índice é muito baixo e a temperatura da vegetação é alta [2, 3].

2.3. Índice de seca VCI

O Índice da Condição da Vegetação (VCI) reflete a variabilidade espaço-temporal e os impactos climáticos sobre a vegetação [11, 12].

Vários estudos evidenciam que o VCI possui bom desempenho para o monitoramento da intensidade, duração e impacto da seca [11, 13]. Esse índice também é considerado adequado para monitorar a seca agrícola e é altamente correlacionado com a produtividade, mas sua aplicação possui limitações por ser uma medida indireta da umidade do solo [14].

A obtenção desse índice deriva do NDVI, conforme apresentado na Equação 2.

$$VCI = \frac{NDVI_i - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \times 100 \quad (2)$$

sendo o $NDVI_i$ o produto de oito dias analisado, e o $NDVI_{min}$ e $NDVI_{max}$ são os valores mínimo e máximo para cada pixel de todo o período estudado, que abrangeu os anos de 2010 a 2017.

Para analisar o comportamento do VCI na área de estudo foram realizadas análises de correlação de Pearson do índice com a precipitação fornecida pelo CPTEC/INPE e com a umidade do solo do satélite SMOS, na versão L3 e na resolução espacial de 25 km, pertencente ao SMOS Barcelona Expert Centre (SMOS BEC) (<http://cp34-bec.cmima.csic.es/data/data-access/>). A correlação de Pearson é classificada entre muito fraca a muito forte [15]. Para ambos os produtos foram calculados a média de oito dias, a fim de obter mesma resolução temporal do MYD09A1. Essa análise foi realizada para as três regiões climáticas adotadas: mata, agreste e sertão; considerando a média de todos os pixels referentes a cada área.

Também foi realizada uma avaliação da seca pelo índice VCI obtendo o cálculo de anomalia para cada ano em relação a todo o período trabalhado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise estatística do VCI com a precipitação e umidade do solo do satélite SMOS

O VCI foi obtido com base no NDVI para o Estado de Pernambuco por oito anos, tendo esse período abrangido precipitação abaixo da média durante os anos de 2012 a 2017 [10, 16]. Esse evento de seca foi estudado por muitos autores, sendo o ano de 2012 apontado como o mais seco [2, 4, 12, 16].

A avaliação do índice foi realizada para as três regiões climáticas: mata, agreste e sertão; sendo realizada a correlação de Pearson entre o VCI e a precipitação e do índice com a umidade do solo do satélite SMOS, considerando uma

média móvel de janela cinco [14]. A Figura 2 apresenta o comportamento temporal entre as variáveis para cada região, mostrando que possuem mesma tendência. Também é possível observar que quanto maior a intensidade da precipitação maior é o vigor da vegetação e o mesmo foi observado para a umidade do solo.

A correlação de Pearson do VCI para a região da mata apresentou melhor correlação em relação a precipitação do

que para a umidade do solo (Figura 2 a, b), correspondendo a 0,68 e 0,60, respectivamente, no entanto, ambos foram classificados como uma correlação moderada. Já as regiões do agreste e do sertão apresentaram correlação muito forte entre o índice e a média móvel da umidade do solo do SMOS (Figura 2 d, f), enquanto, que em relação a precipitação essa correlação foi classificada como forte (Figura 2 c, e).

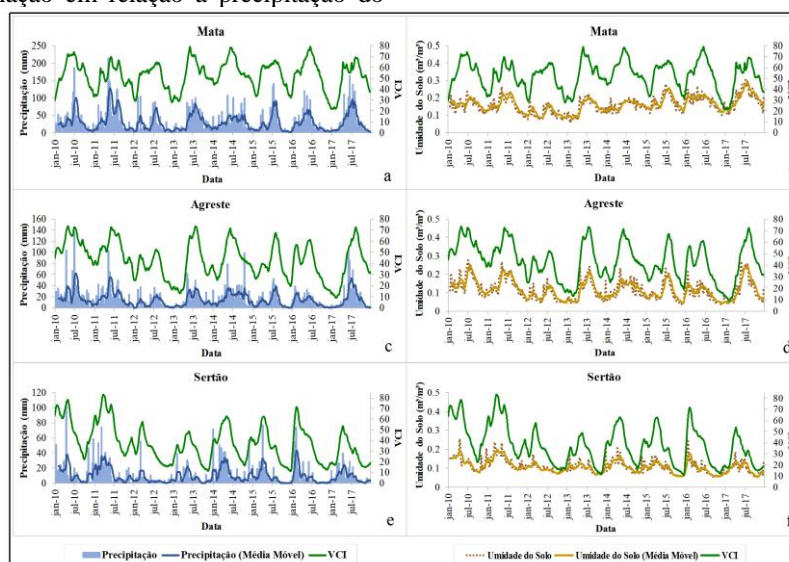


Figura 2. Análise do VCI em relação a precipitação (CPTEC/INPE) e a umidade do solo do satélite SMOS em três regiões climáticas, respectivamente. Para a região da mata (a, b), agreste (c, d) e sertão (e, f).

3.2. Anomalias do VCI

A anomalia do VCI foi calculada em termos de porcentagem, em que um valor negativo significa que um determinado ano, dentro da série trabalhada, foi mais seco em relação a todo o período estudado.

Para os anos de 2010 e 2011 o índice indicou uma melhor condição para a vegetação, principalmente para as regiões do agreste e sertão (Figura 3). Esse resultado corrobora com Souza *et al.* [10], que apresentaram para o mesmo período e regiões, anomalias positivas para a umidade do solo e para a precipitação.

Já para o período de 2012 a 2017 mostraram anomalias igual ou menor que -50%, indicando um estresse da vegetação para esse período, sendo os anos de 2012, 2013 e 2017 os que apresentaram valores mais acentuados de seca. O ano de 2012 foi o que apresentou o índice com mais anomalias negativas para a região do agreste pernambucano em relação ao período estudado e o que registrou a menor precipitação e umidade do solo entre 2010 a 2017[10]. No entanto, segundo Souza *et al.* [10] o ano de 2013 apresentou anomalias mais amenas de precipitação e umidade do solo em relação ao ano anterior. Entretanto, o VCI apresentou o ano de 2013 como um dos mais secos, esse resultado pode estar relacionado a defasagem da resposta da vegetação em relação a precipitação [2, 13], podendo ser um reflexo da estiagem do ano de 2012. O ano de 2017 também apresentou o VCI com

anomalias negativas mais acentuadas para o sertão e o mesmo foi observado por Souza *et al.* [10] para a precipitação e umidade do solo.

4. CONCLUSÕES

O índice de seca utilizado apresentou mesma tendência da precipitação e umidade do solo do satélite SMOS, comportamento, também, refletido estatisticamente. A correlação de Pearson entre o índice e a precipitação variou de moderada a forte, sendo forte para as regiões do agreste e sertão. Já quando avaliadas em relação a umidade do solo essa correlação variou entre moderada a muito forte, sendo muito forte também para o agreste e sertão.

O cálculo da anomalia do VCI para o período de 2010 a 2017 apontou os anos de 2010 e 2011 com as melhores condições para a vegetação, em relação ao período estudado, e os anos de 2012 a 2017 como os mais secos para o Estado de Pernambuco, corroborando com estudos existentes.

5. AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro fornecido à primeira autora, ao Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) CRN3056, financiado por U.S. National Science Foundation (Grant GEO-1128040), o

programa CAPES / ANA edital 19/2015 (processo nº 88887.115873 / 2015-01) e ao CPTEC/INPE pelo fornecimento dos dados de precipitação.

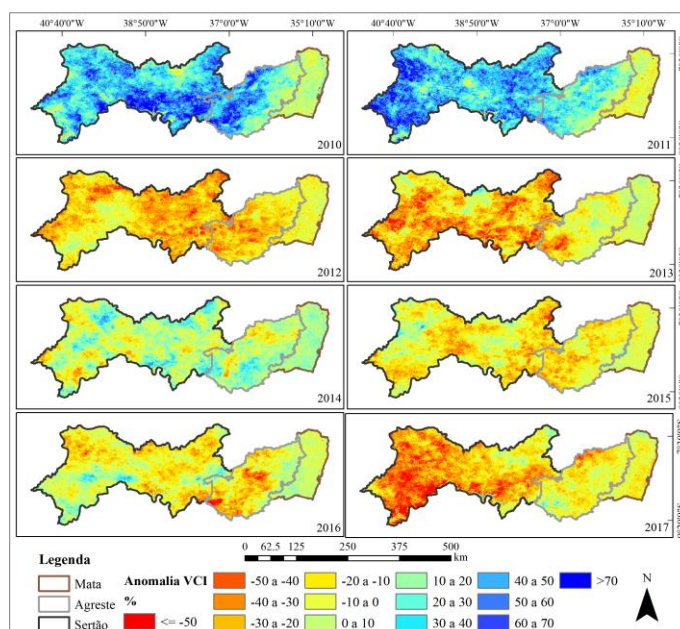


Figura 3. Anomalia anual do VCI para cada ano em relação ao período de 2010 a 2017.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Pereira, L.S., Paulo, A.A. Avanços na gestão do risco em secas. In: Recursos Hídricos para a Convivência com o Semiárido. Galvão, C.O., Cirilo, J.A., Cabral, J.J.S.P., Medeiro, M.G.A. (Org.). ABRH/Editora Universitária UFPE, Porto Alegre, Brasil, p. 515-541, 2011.
- [2] Cunha, A.P.M.A.; Brito, S.S.B.; Alvalá, R.C.S.; Carvalho, M.A.; Zeri, M.; Vieira, R.M.S.P.; Rossato, L.; Maciel, A.P.R.; Andrade, E.S. Avaliação de indicador para o monitoramento dos impactos da seca em áreas de pastagens no semiárido do Brasil. *Revista Brasileira de Cartografia* 2017, 69, 89–106.
- [3] Sousa Júnior, M.A., Sausen, T.M., Lacruz, M.S.P. Monitoramento de estiagem na região Sul do Brasil utilizando dados EVI/MODIS no período de dezembro de 2000 a junho de 2009. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. INPE-16682-TDI/1627. São José dos Campos-SP. 2010.
- [4] Rossato, L.; Alvalá, R.C.S.; Marengo, J.A.; Zeri, M.; Cunha, A.P.M.A.; Pires, L.B.M.; Barbosa, H.A. Impact of soil moisture on crop yields over Brazilian semi-arid. *Front. Environ. Sci.* 2017, 5, 1–16, doi: 10.3389/fenvs.2017.00073.
- [5] Sánchez, N.; Zamora, A. G.; Piles, M.; Fernández, J. M. A New Soil Moisture Agricultural Drought Index (SMADI) Integrating MODIS and SMOS Products: A Case of Study over the Iberian Peninsula. *Remote Sens.* 2016, 8, 287. Doi:10.3390/rs8040287.
- [6] Scaini A. et al., A comparative analysis: SMOS-derived Soil Moisture and drought indices: a comparative analysis using in situ measurements. *Hydrol. Process.* 29, 373–383 (2015).
- [7] IPCC. *Climate Change and Water*. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland, 2008.
- [8] Santos, C. A. C dos. et al., Obtenção do saldo de radiação em áreas de pastagem e floresta na Amazônia (estação seca) através do sensor MODIS. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.29, n.3, 420 - 432, 2014, doi:10.1590/0102-778620130591.
- [9] Vieira, R.M.S.P.; Cunha, A.P.M.A.; Alvalá, R.C.S.; Carvalho, V.C.; Ferraz Neto, S.; Sestini, M.F. Land use and land cover map of a semi-arid region of Brazil for meteorological and climatic models. *Braz. J. Meteorol.* 2013, 28, 129–138, doi: 10.1590/S0102-77862013000200002
- [10] Souza, A.G.S.S.; Neto, A.R.; Rossato, L.; Alvalá, R.C.S.; Souza, L.L. Use of SMOS L3 Soil Moisture Data: Validation and Drought Assessment for Pernambuco State, Northeast Brazil. *Remote Sens.* 2018, 10, 1314, doi: 10.3390/rs10081314.
- [11] Kogan FN. 1995. Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polar orbiting satellite data. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 76: 655–668.
- [12] Brito, S.S.B.; Cunha, A.P.M.A.; Cunningham, C.C.; Alvalá, R.C.S.; Marengo, J.A.; Carvalho, M.A. Frequency, duration and severity of drought in the Semi-arid Northeast Brazil region. *Int. J. Climatol.* 2017, 38, 517–529. Doi: 10.1002/joc.5225
- [13] Quiring, S. M. e Ganesh, S. Evaluating the utility of the Vegetation Condition Index (VCI) for monitoring meteorological drought in Texas. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2010, 150, 3, 330-339, doi: 10.1016/j.agrformet.2009.11.015.
- [14] Abbas, S., Nichol, J.E., Qamer, F.M., Xu, J. Characterization of drought development through remote sensing: A case study in central Yunnan, China. *Remote Sens.* 2014, 6, 4998-5018; doi:10.3390/rs6064998.
- [15] Shimakura, S. E. Estatística Básica: Interpretação do coeficiente de correlação. Disponível em: <http://leg.ufpr.br/~shimakur/CE003/node74.html>. Acesso em: 20 de setembro de 2018.
- [16] Marengo, J.A.; Alves, L.M.; Alvalá, R.C.S.; Cunha, A.P.M.A.; Brito, S.; Moraes, O.L.L. Climatic characteristics of the 2010–2016 drought in the semi-arid Northeast Brazil region. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 2017. doi: 10.1590/0001-3765201720170206