

COMPORTAMENTO TEMPORAL DO NDVI EM DIFERENTES USOS E OCUPAÇÃO DO SOLO

Melina da Silva de Souza¹, Erialdo de Oliveira Feitosa², Fernando Bezerra Lopes³

RESUMO: O sensoriamento remoto pode ser aplicado para a classificação do uso e ocupação da terra e monitoramento de áreas. Para auxiliar no processo, o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) torna-se ferramenta importante, pois permite inferir sobre o estado da cobertura vegetal. Portanto, este estudo objetiva através do sensor MODIS analisar o comportamento temporal do NDVI em quatro áreas com usos diferentes. O objeto de estudo foi quatro alvos: 1- Açude Castanhão; 2- Agricultura; 3- Cidade; 4- Solo exposto, em cada alvo foi coletado quatro pontos diferentes e calculado a média aritmética. Os dados (2000-2020) foram retirados do sensor MODIS acoplado ao satélite TERRA, disponibilizados no Sistema de Análise Temporal da Vegetação (SATVeg). Além do mais, as informações foram tratadas com o filtro Savitzky-Golay para a retirada de ruídos. A série temporal do NDVI mostrou o processo de construção do Açude Castanhão, em 2000 com valor de 0,5, o índice foi decrescendo até chegar a valores negativos logo após a conclusão da obra (2004). O solo exposto apresentou tendência estável com NDVI de 0,10 e a área de agricultura com valores mínimos e máximos de 0,34 e 0,67, respectivamente, como não houve especificidade da atividade, os valores podem variar. A região urbana exibiu valor de 0,5 em 2000 e foi decaindo até chegar a 0,37 em 2020, devido a diminuição das áreas verdes para a expansão da cidade. Portanto, por meio da série temporal do NDVI dos alvos observou-se a diferença entre eles e as modificações do ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: SATVeg, sensoriamento remoto; geotecnologias

NDVI TEMPORAL SERIES THROUGH THE MODIS SENSOR FOR TARGET DETECTION

ABSTRACT: Remote sensing can be applied to classify land use and occupation and monitor areas. To assist in the process, the *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) becomes

¹ Engenheira Agrônoma – UFC; Mestranda no Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola – UFC; melinasilvasouza@gmail.com

² Doutor em Engenharia Agrícola – Bolsista PNPd/CAPES/PPGEA/UFC; erialdofeitosa5@gmail.com

³ Professor no Departamento de Engenharia Agrícola e no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – UFC; lopesfb@ufc.br

important because it allows inferring about the state of the vegetation cover. Therefore, this study aims through the MODIS sensor to analyze the temporal behavior of NDVI in four areas with different uses. The object of study was four targets: 1- Açude Castanhão; 2- Agriculture; 3- City; 4- Exposed soil, four different points were collected for each target and the arithmetic mean was calculated. The data were taken from the MODIS sensor coupled to the TERRA satellite, made available in the Temporal Vegetation Analysis System (SATVeg) records from 2000 to 2020. Furthermore, the information was treated with the Savitzky-Golay filter to remove noise. The NDVI time series showed the construction process of the Castanho Reservoir, in 2000 with a value of 0.5, the index decreased until reaching negative values shortly after the completion of the work (2004). The exposed soil showed a stable trend with NDVI of 0.10 and the agricultural area with minimum and maximum values of 0.34 and 0.67, respectively, as there was no specificity of the activity, the values may vary. The urban region showed a value of 0.5 in 2000 and decreased until reaching 0.37 in 2020, due to the decrease in green areas for the expansion of the city. Therefore, through the NDVI time series of the targets, the difference between them and the changes in the environment was observed.

KEYWORDS: SATVeg, remote sensing, geotechnologies

INTRODUÇÃO

As geotecnologias são utilizadas para estudar as modificações na superfície da terra, com destaque para o sensoriamento remoto (SR) (ROMERO et al., 2019). O SR baseia-se na obtenção de informações sobre um alvo sem entrar em contato físico (FLORENZANO, 2007). Ainda segundo o autor, a coleta de dados pode ser realizada através de sensores ativos ou passivos no meio orbital, terrestre ou aéreo.

O SR baseia-se na radiação eletromagnética, ou seja, na interação entre a energia refletida pelos objetos e captada por meio dos sensores (MORAES, 2002). A segmentação da energia eletromagnética conforme o comprimento ou frequência da onda se chama espectro eletromagnético (SAUSEN, 2008). Ainda conforme o autor, as faixas mais importantes são: visível (0,4 a 0,7 micrômetros), infravermelho próximo, médio e distante (0,7 a 1000 micrômetros) e ondas microondas (>1 cm).

No sensoriamento remoto, cada objeto apresenta uma assinatura espectral dependendo da sua reflectância e absorbância, por meio da reflectância sucessiva se faz possível observar em qual parte do espectro pertence o alvo (MORAES, 2002). Então, a energia refletida é captada

pelos sensores que transformam as informações em dados imageadores e não-imageadores, o primeiro resulta em imagens e o segundo em gráficos (MORAES et al., 2018).

Com os dados, o SR possibilita analisar as transformações na paisagem ao decorrer dos anos, para isso a resolução temporal se torna imprescindível. Sendo a resolução temporal o período para coletar novos dados em uma mesma área (MENESES, 2012). Através de uma série histórica de dados, o SR pode ser utilizado para observar as mudanças no uso e ocupação do solo (ROMERO et al., 2019), detectar áreas desmatadas em biomas brasileiros (TRAMONTINA et al., 2019) e avaliar as alterações na vegetação devido as mudanças climáticas (GHEBREZGABHER et al., 2020).

Dessa maneira, os dados de satélites e radares orbitais se tornam importante devido a periodicidade e a possibilidade de coletar informações sobre grande parte do globo terrestre, proporcionando analisar as modificações territoriais (TRAMONTINA et al., 2019). Além do que, os índices de vegetação são ferramentas do SR que auxiliam na determinação do uso e ocupação do solo e na identificação de mudanças na cobertura, dentre eles o *Enhanced Vegetation Index* (EVI) e o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI).

Entre os índices vegetativos, o NDVI é o mais aplicado pois apresenta diversas utilidades, por exemplo, pode ser usado como indicador de áreas degradadas (GAITÁN et al., 2015), possibilita a diferenciação entre os estratos vegetais e outras categorias de uso do solo (SALES et al., 2017) e ajuda na análise morfodinâmica da paisagem (ALMEIDA et al., 2012).

Sendo assim, este trabalho objetiva através do sensor MODIS analisar o comportamento temporal do NDVI em quatro áreas com usos diferentes, no Estado do Ceará.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o estudo utilizou-se quatro alvos, todos no Estado do Ceará, sendo: 1- Açude Castanhão (latitude: -5,536; longitude: -38,457); 2- Agricultura (latitude: -5,567; longitude: -38,496); 3- Cidade (latitude: -3,873; longitude: -38,667); 4- Solo exposto de dunas (latitude: -3,534; longitude: -38,892), conforme Figura 1.

Em cada área foi selecionado quatro pixels com dados temporais (2000-2019) referentes ao NDVI, a escolha dos pontos foi baseada nas imagens do *Google Earth*, possibilitando a identificação da cobertura do solo.

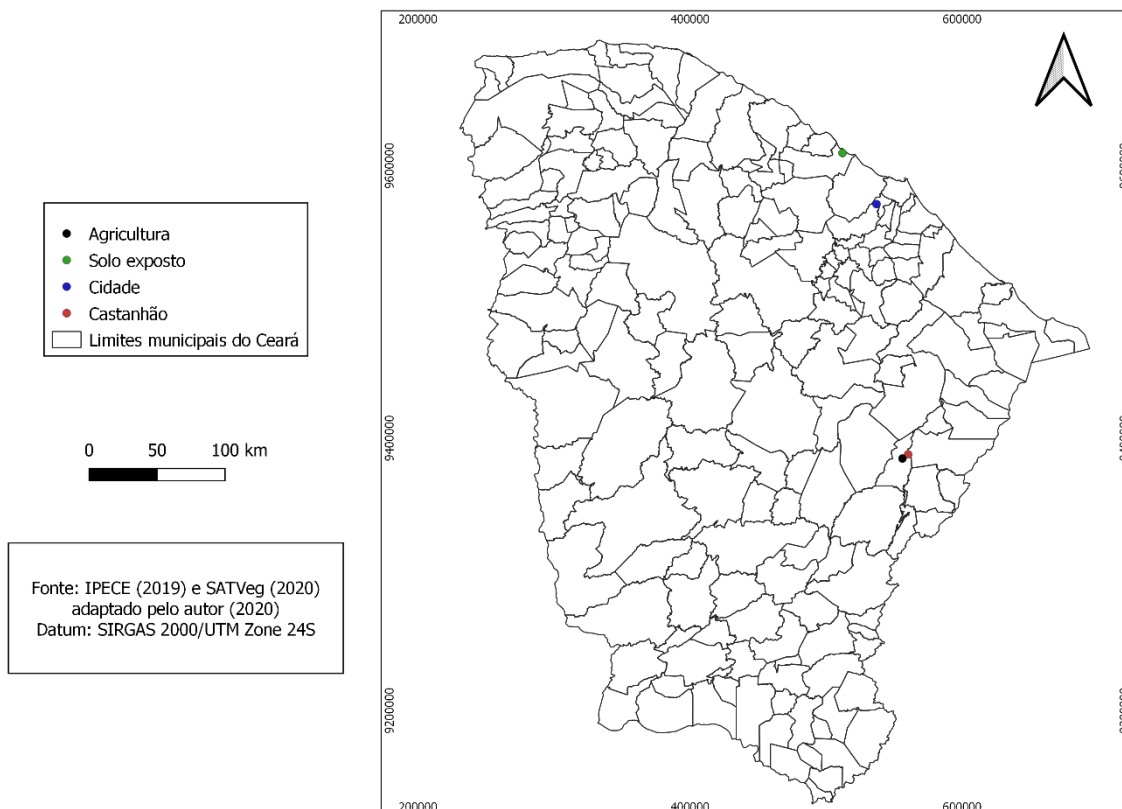


Figura 1. Localização geográfica dos alvos estudados.

As informações temporais sobre o índice de vegetação (NDVI) foram obtidas por meio do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) acoplado ao satélite TERRA, com resolução temporal de 16 dias e espacial de 250 metros. O TERRA coleta materiais diariamente e registra informações de reflectância da terra em 36 partes do espectro eletromagnético (GAITÁN et al., 2015).

O NDVI pode ser calculado por meio da seguinte fórmula, elaborada por Huete (1988):

$$NDVI = \frac{(IR-R)}{(IR+R)} \tag{1}$$

Onde,

NDVI – índice de vegetação por diferença normalizada;

IR – reflectância no infravermelho próximo;

R – reflectância no vermelho.

Os dados do NDVI foram disponibilizados na plataforma *online* Sistema de Análise Temporal da Vegetação (SATVeg), criada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

Antes da coleta de dados, na plataforma SATVeg realizou-se a pré-filtragem para a correção de pixels sem dados e acometidos por nuvens e sombras, além disso, se adicionou o filtro Savitzky-Golay para a remoção de ruídos.

Posteriormente, os dados de 2000 a 2019 foram transferidos para planilha eletrônica e realizado a média aritmética dos quatro pontos de cada uso e com isso a geração do gráfico com a série temporal de cada alvo. Além disso, para cada alvo foi calculado a média aritmética e o desvio padrão do NDVI com os dados mais recentes de 2015 a 2020.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2, as séries temporais dos alvos conforme o índice de vegetação, o NDVI pode variar entre -1 e 1, no qual quanto mais próximo de 1 mais vegetação se faz presente na área, valores baixos ou negativos representam solos expostos, com pouca vegetação e corpos hídricos (CORDEIRO et al., 2017).

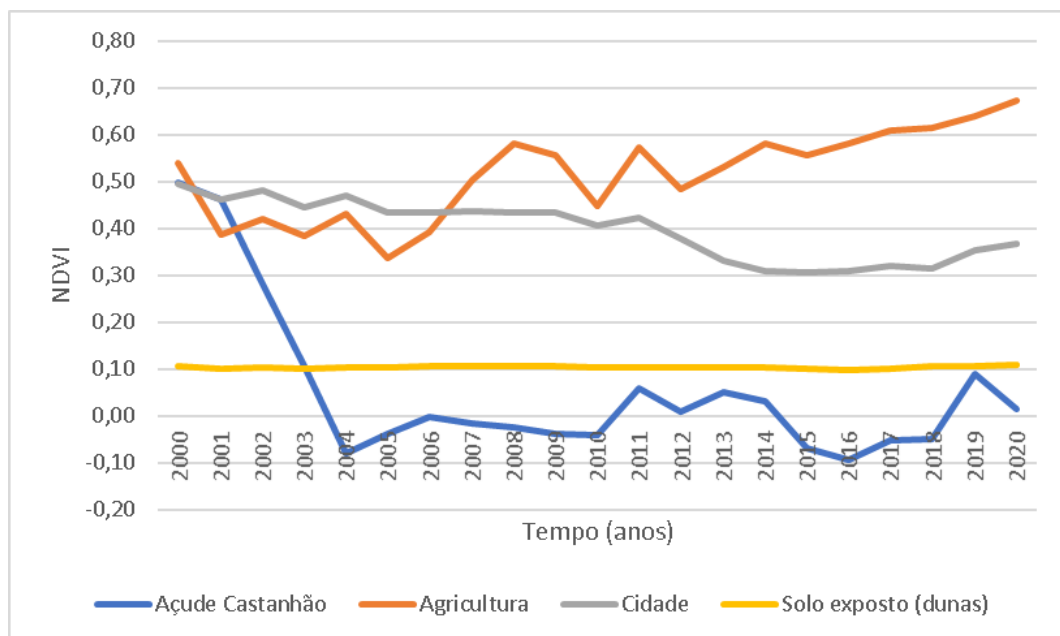


Figura 2. Séries temporais de NDVI de áreas de agricultura, cidade, recurso hídrico e solo exposto.

O Açude Castanhão ficou pronto em 2003, na Figura 2 se observou o processo de construção do reservatório através do decréscimo nos valores de NDVI, no ano 2000, durante a obra, o NDVI era de 0,50 e decaiu até chegar a valores negativos em 2004, logo após a sua conclusão. Ainda sobre o reservatório, devido a presença de água o NDVI ficou negativo de 2004-2010, em contraponto por conta dos períodos secos o índice de vegetação passou a ser acima de zero durante os anos de 2011, 2012, 2013, 2014, 2019 e 2020.

O solo exposto também demonstrou valores baixos e constantes de NDVI, em torno de 0,10. Ambos os resultados corroboraram com Ghebrezgabher et al. (2020), segundo os autores os valores de NDVI em corpos hídricos são negativos e em solos expostos com pouca vegetação o índice varia de 0,05 a 0,25.

Ainda em conformidade com a Figura 2, para a cidade, com o passar dos anos o NDVI médio passou de 0,50 para 0,37, provavelmente devido a intensa expansão imobiliária e diminuição das áreas verdes

Os valores de NDVI para a agricultura apresentaram valores mínimos e máximos de 0,34 e 0,67 (Figura 2), oscilando de acordo com a série temporal, no entanto observou-se um aumento a partir de 2015. Tramontina et al. (2019) encontraram resultado semelhante quando estudaram os padrões de NDVI para a agricultura, campo e floresta no Bioma Mata Atlântica. Ainda, segundo os autores, o NDVI mínimo para a agricultura foi de 0,37, e durante a pesquisa o valor aumentava durante a quadra chuvosa e reduzia no período seco. O NDVI para áreas vegetadas apresenta tendência de ser alto pois quanto mais ativa a vegetação maior absorvência e menor reflectância na faixa vermelha, devido a intensa atividade da clorofila.

Na tabela 1, a média do NDVI para cada uso e ocupação do solo nos últimos cinco anos, confirmando os resultados encontrados, o corpo hídrico representando pelo Açude Castanhão demonstrou valores negativos, o solo exposto com valores médios de 0,10, a cidade ficou com quantia intermediária de 0,33 e a agricultura mostrou os maiores resultados com 0,66. Tramontina et al. (2019) alcançaram os mesmos resultados com valores médios de NDVI de 0,63 para uma área agrícola.

Todavia, para Ghebregabher et al. (2020) em estudo realizado na África, o NDVI entre 0,25 e 0,55 representa pastagens e campos agrícolas e maior do que 0,55 corresponde as áreas florestais. Na agricultura os valores de NDVI mudam de acordo com a cultura, estágio fenológico e presença ou ausência de pragas e doenças (ROMERO et al., 2019).

Tabela 1. Média de NDVI dos alvos nos últimos 5 anos (2015-2020)

| Alvos | Média | DS ¹ |
|-----------------|-------|-----------------|
| Açude Castanhão | -0,03 | 0,068 |
| Agricultura | 0,61 | 0,042 |
| Cidade | 0,33 | 0,026 |
| Solo exposto | 0,10 | 0,005 |

¹DS: desvio padrão.

Ainda na Tabela 1, podemos observar que todos os desvios foram menores do que 0,1, significando uma homogeneidade dos dados, ou seja, os valores estão próximos a média calculada.

CONCLUSÕES

Através da série temporal de NDVI foi possível observar as diferenças dos valores do índice de vegetação nos diferentes alvos, e a alteração do uso e ocupação da terra, como no caso a modificação dos valores após a construção do Açude Castanhão. No entanto, ainda se faz

necessário um maior aprofundamento para entender as especificidades do NDVI, principalmente da área de agricultura, no qual é possível inferir sobre a cultura e o estágio fenológico por meio do índice.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, N. V.; CUNHA, S. B.; NASCIMENTO, F. R. A cobertura vegetal e sua importância na análise morfodinâmica da bacia hidrográfica do rio Taperoá–Nordeste do Brasil/Paraíba. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 6, p. 365-378, 2012.

CORDEIRO, A. P. A.; BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.; MELO, R. W.; SHIMABUKURO, Y. E.; FIOR, C. S. Regiões homogêneas de vegetação utilizando a variabilidade do NDVI. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 3, p. 883-896, 2017.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. Oficina de textos, 2007.

GAITÁN, J. J.; BRAN, D.; AZCONA, C. Tendencia del NDVI en el período 2000-2014 como indicador de la degradación de tierras en Argentina: ventajas y limitaciones. **Agriscientia**, v. 32, n. 2, p. 83-93, 2015.

GHEBREZGABHER, M. G.; YANG, T.; YANG, X.; SEREKE, T. E. Assessment of NDVI variations in responses to climate change in the Horn of Africa. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science**, 2020.

HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, p. 295-309, 1988.

MENESES, P. R. Princípios de sensoriamento remoto. In: MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. (Org.). **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Universidade de Brasília: Brasília, 2012, Cap. 1, p. 1-31.

MORAES, E. C. Sistemas Sensores. In: MAIO, A.; RUDORFF, B. F. T.; MORAES, E. C.; PEREIRA, G.; MOREIRA, M. A.; SAUSEN, T. M.; FLORENZANO, T. G (Org.). **Curso Astronáutica e Ciências do Espaço: Sensoriamento Remoto**. [S.l.], Ministério da Ciência e Tecnologia, 2008, Cap. 2, p. 13-16.

ROMERO, C. W. S.; SILVA, Y. F.; SILVA, I. D. C.; GARÇON, E. A. M.; LAMPARELLI, R. A. C.; ROCHA, J. V. Comparação entre resultados de classificação supervisionada para única

data e para diferentes datas do município de Santa Fé do Sul-SP. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 19., 2019, Santos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2019.

SALIS, H. H. C.; COSTA, A. M.; VIANA, J. H. M. Análise do uso e ocupação do solo nas APP de curso d'água da bacia do córrego Marinheiro por meio de NDVI aplicado em imagens Landsat 8 e Ikonos-II. **Revista Geografias**, p. 40-53, 2017.

SAUSEN, T. M. **Desastres naturais e geotecnologias-sensoriamento remoto, caderno didático nº 2.** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, 2008.

TRAMONTINA, J.; KUPPLICH, T. M.; SALDANHA, D. L.; ALBA, E.; MARCHESAN, J.; PEREIRA, R. S. Séries temporais de índices de vegetação do sensor MODIS para detecção de limiares de desmatamento no Bioma Mata Atlântica. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 19., 2019, Santos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2019.