



## ANÁLISE TEMPORAL POR SENSORIAMENTO REMOTO DO AVANÇO DA SUPRESSÃO DA VEGETAÇÃO NA CIDADE DE BALSAS – MA

Léia Vitor Soares<sup>1</sup>, Jaqueline Macedo Gomes<sup>1</sup>, Michael Douglas Roque Lima<sup>1</sup>,

Taissa Caroline Silva Rodrigues<sup>1</sup>, Isolda Cordeiro Carvalho<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Imperatriz, MA, Brasil. E-mail: Lvs5462@gmail.com; jaquelinegomes@uemasul.edu.br; michael.lima@uemasul.edu.br; taissa.rodrigues@uemasul.edu.br; isoldacarvalho.20200003233@uemasul.edu.br

Autor correspondente: Léia Vitor Soares<sup>1</sup>. E-mail: Lvs5462@gmail.com

### RESUMO

O avanço tecnológico possibilitou o monitoramento da vegetação por meio dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) e o Sensoriamento Remoto. Dessa forma, a presente pesquisa teve como objetivo indicar por meio de sensoriamento remoto e processamento de imagens, os padrões de índice de vegetação no município de Balsas, entre 2001 e 2021 através da utilização Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice Ajustado ao Solo (SAVI). Os mapas processados mostram valores negativos de NDVI e SAVI que representam as áreas urbanas, água e o solo completamente exposto. A vegetação é representada pelos valores positivos de NDVI e SAVI. Os mapas temáticos processados mostram um aumento da concentração vegetativa em alguns pontos de Balsas até 2011. Em 2016, observa-se aumento na supressão vegetal devido a flexibilização do Código Florestal e pequeno acréscimo vegetativo em 2021 devido ao aumento de fiscalizações e monitoramento após a implementação do CAR, assim reduzindo o desmatamento na região.

**Palavras-chave:** Índices vegetativos; NDVI; SAVI; SIG

### ***TEMPORAL ANALISE BY REMOTE SENSING OF THE PROGRESS OF VEGETATION SUPPRESSION IN THE CITY OF BALSAS – MA, BRAZIL***

#### ***ABSTRACT***

*Technological advances made it possible to monitor vegetation using Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing. Thus, the present research aimed to indicate, through remote sensing and image processing, the vegetation index patterns in the municipality of Balsas, between 2001 and 2021 using NDVI and SAVI. The processed maps show negative NDVI and SAVI values that represent urban areas, water, and fully exposed soil. Vegetation is represented by the positive values of NDVI and SAVI. The processed thematic maps show an increase in the vegetative concentration in some points of Balsas until 2011. In 2016, there is an increase in vegetation suppression due to the flexibility of the Forest Code and a small vegetative increase in 2021 due to the increase in inspections and monitoring after implementation CAR, thus reducing deforestation in the region.*

**Key words:** *Vegetative Index; NDVI; SAVI; SIG*

#### ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MENSURAÇÃO FLORESTAL



### INTRODUÇÃO

A conservação dos ecossistemas é um grande desafio da atualidade e a produção sustentável passa a ser uma estratégia para manutenção da biodiversidade dos ecossistemas mitigando os impactos negativos das atividades antrópicas na vegetação nativa. Assim, faz-se necessário aumentar a fiscalização de modo a impedir o desmatamento e fazer cumprir a legislação ambiental, além de realizar o monitoramento e a recuperação das áreas degradadas pelas atividades humanas.

As geotecnologias são aliadas no controle, fiscalização e monitoramento das atividades que geram impactos ambientais negativos. Segundo Francisco *et al.* (2020), o avanço tecnológico facilitou a obtenção de dados via satélite, assim como a obtenção de dados em áreas de difícil acesso, tornando-se, assim, as imagens multiespectrais a principal fonte de dados para estudos de mapeamento do uso e cobertura da terra. Segundo Barros *et al.* (2020), as técnicas de sensoriamento remoto são utilizadas para análise da cobertura da vegetação utilizando índices de vegetação, dentre os quais, se destaca o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice Ajustado ao Solo (SAVI).

O NDVI é o índice mais comum para análise de vegetação permitindo o monitoramento de mudanças temporais na cobertura do solo e no desenvolvimento da vegetação e uso da terra (Francisco *et al.*, 2020; Barros *et al.*, 2020). Segundo Oliveira & Aquino (2020), o índice identifica as alterações no uso e ocupação da terra em determinado período e dessa forma, contribui com o manejo adequado dos recursos naturais. O SAVI é um índice de vegetação que busca minimizar as influências da luminosidade do solo usando um fator de correção algébrico. Este fator é utilizado para corrigir o NDVI, onde retifica a influência do brilho do solo em áreas onde a cobertura vegetal é baixa. Esse índice é frequentemente utilizado em regiões áridas, onde a cobertura vegetal é baixa e tem uma saturação menor do que o NDVI em altos valores de índice (Geoagro, 2023).

Neste contexto a presente pesquisa teve por objetivo indicar por meio de sensoriamento remoto e processamento de imagens, os padrões de índice de vegetação no município de Balsas, entre 2001 e 2021 através da utilização de NDVI e SAVI.

### MATERIAL E MÉTODOS

#### Área de estudo

A pesquisa se concentra na cidade de Balsas - MA nas seguintes coordenadas geográficas: 07° 31' 59" S e 46° 02' 06" W (Figura 1). A cidade é caracterizada por um clima subúmido seco, com dois períodos bem distintos definidos, período chuvoso (fevereiro a março) e período seco (abril a novembro). A temperatura média anual é 27,1°C (Passos *et al.*, 2017). A vegetação do município pertence ao bioma cerrado (IBGE, 2020), cuja vegetação predominante caracteriza-se pela

presença de gramíneas, pequenas árvores e arbustos. Os solos da região são do tipo Latossolo Amarelo, Neossolos Nitólicos e os Plintossolos (Embrapa, 2017).

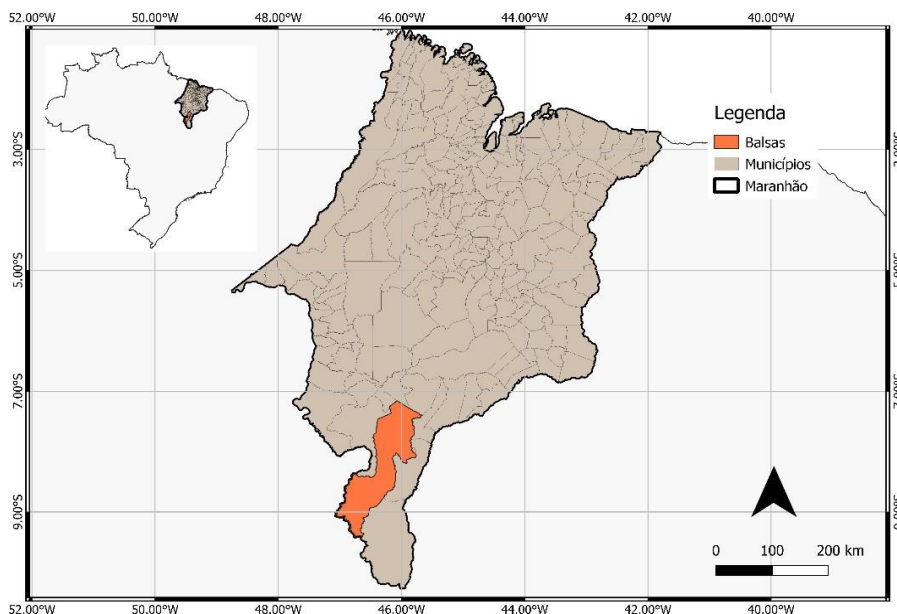


Figura 1: Mapas de localização de Balsas

### Análise e processamento de dados

Na análise da supressão foi utilizado imagens orbitais dos meses de julho e agosto, sendo as datas de 28/07/2001, 28/07/2006, 09/08/2011, 06/08/2016 e 20/08/2021, do satélite LANDSAT 5 TM e 8 OLI, adquiridas pela plataforma USGS (United State Geological Survey - <https://earthexplorer.usgs.gov>) com até 5% de nuvens. A correção da reflectância não foi realizada, pois a plataforma já disponibiliza as imagens em radiância espectral. O processamento das imagens foi realizado a partir do *software* Qgis 3.16. A partir dos dados das imagens orbitais foi calculado o NDVI que irá indicar a quantidade e condição vegetativa a partir de uma representação numérica no intervalo de -1 a 1 (Equação 1).

$$\text{NDVI} = (\text{pNIR} - \text{pRED}) / (\text{pNIR} + \text{pRED}) \quad (1)$$

Em que: pNIR = reflectância da banda infravermelho próximo; pRED = reflectância da banda infravermelho de onda curta (médio).

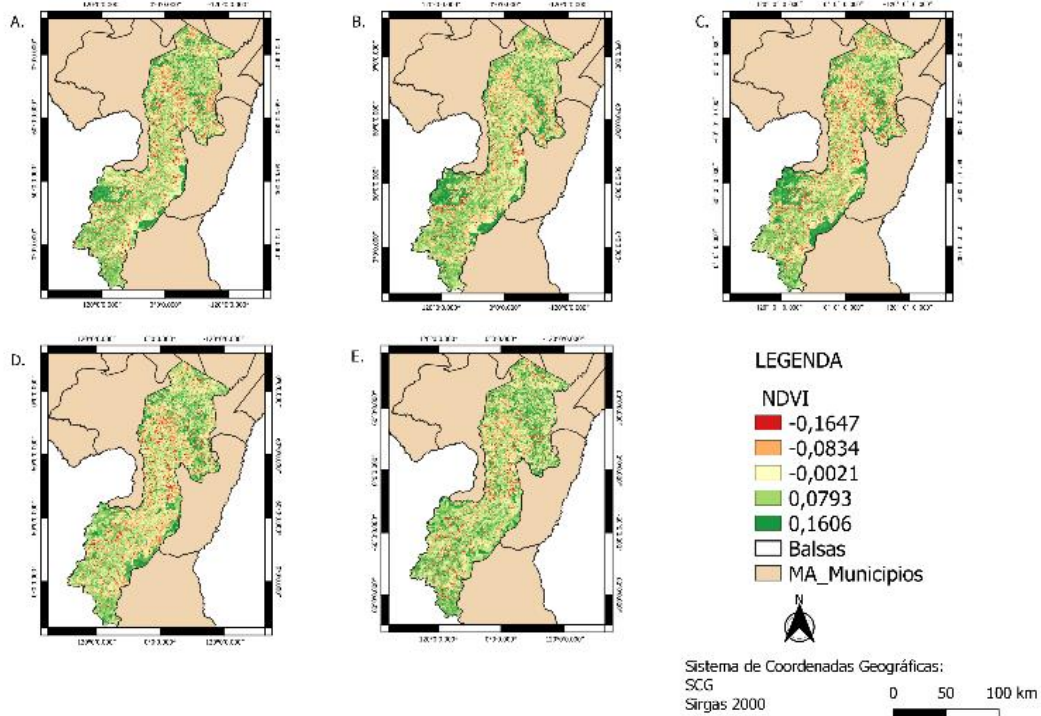
O NDVI das áreas que não são completamente cobertas por vegetação foi ajustado pelo SAVI que é um índice de vegetação que leva em consideração o efeito dos solos expostos nas imagens analisadas (Equação 2). O SAVI é frequentemente utilizado em regiões áridas, onde a cobertura vegetal é baixa e tem saturação menor do que o NDVI em altos valores de índice (Geoagro, 2023). Foi adotado o valor de 0,5 para o fator de correção de brilho do solo ( $L_s$ ).

$$\text{SAVI} = \frac{(1 + L_s)(\text{piv} - \text{pv})}{L_s + \text{piv} + \text{pv}} \quad (2)$$

Em que:  $L_s$  = constante denominada de fator de ajuste do índice SAVI, podendo assumir valores de 0,25 a 1 dependendo da cobertura do solo; piv = reflectância da banda infravermelho próximo; pv = reflectância da banda infravermelho de onda curta (médio).

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

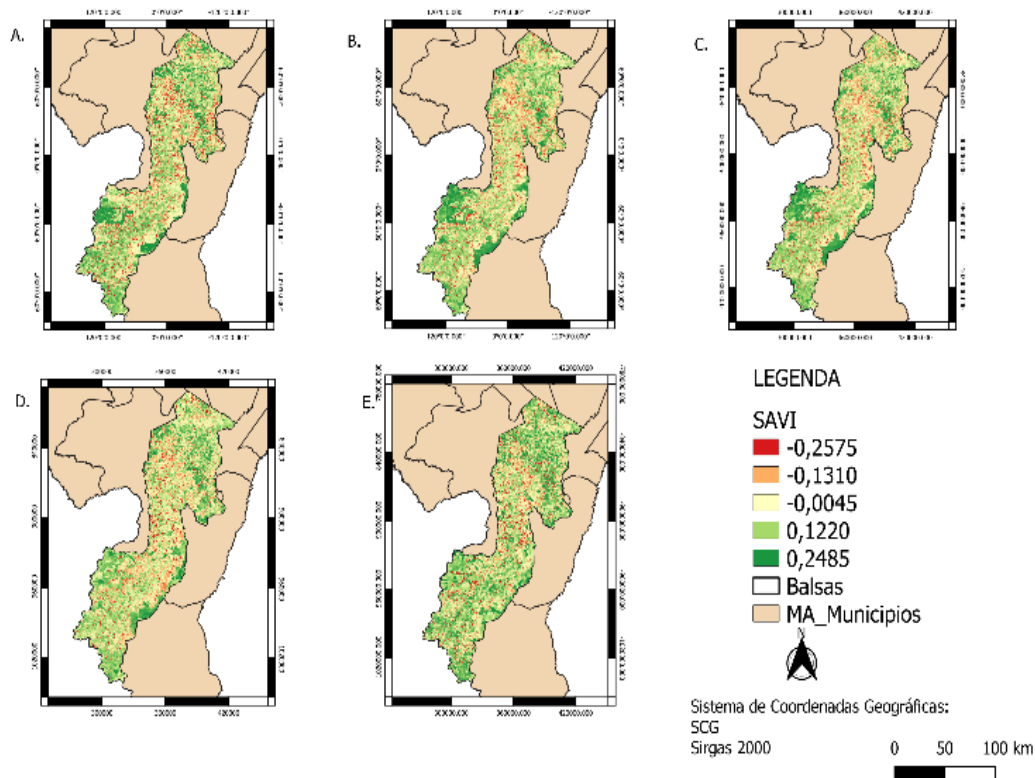
Na Figura 2 são apresentados os mapas processados a partir da utilização do NDVI no período de 2001 a 2021, intervalo de tempo de 5 anos. Em todos os mapas, existem valores negativos do NDVI, representados pela cor vermelha, laranja e amarela, sendo vermelha e laranja com valores de -0,1647 e -0,0834 respectivamente, valores que estão próximos a mais -1 representam as áreas urbanas e a água. A cor amarela possui valor mais próximo de 0 que representa o solo completamente exposto, rochas e areia. Os valores mais próximos de 1 correspondem a vegetação representada pela cor verde, sendo o verde mais escuro uma vegetação mais densa e o verde mais claro, vegetação mais rasteira. Nota-se o aumento do tom de verde escuro entre as figuras 1A., 1B. e 1C. na parte inferior, e diminuição dela tendo mais presença o amarelo nas figuras 1D. e 1E., o que pode ser justificado com a mudança do Código Florestal em 2012, onde houve a redução de Reserva Legal (RL) no Cerrado de 36% para 20% ocorrendo a expansão da produção de Soja e formação savânica na região (Brasil, 2012; MapBiomias, 2023). Um acréscimo de vegetação em Balsas comparando o ano de 2016 com 2021 foi observado, formando vegetação natural não florestal, onde houve maior fiscalização e controle das zonas rurais a partir da implementação do Cadastro Ambiental Rural (CAR), previsto e obrigatório conforme o Código Florestal em 2012, que consequentemente, reduziu a taxa do desmatamento ilegal na região (MapBiomias, 2023).



**Figura 2.** Mapas de Balsas referentes ao cálculo de NDVI para os dias 28/07/2001 (A.), 28/07/2006 (B.), 09/08/2011 (C.), 06/08/2016 (D.) e 20/08/2021 (E.).

## VI Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal

O SAVI utiliza fatores do NDVI, porém considera a presença de solo exposto, diminuindo o efeito do solo na superfície. Na Figura 3 são mostrados os mapas processados a partir da utilização do SAVI no mesmo intervalo de tempo. Observa-se que os mapas são bem semelhantes ao do NDVI, porém os valores negativos mais próximos de -1 e 1 são mais expressivos, sendo eles -0,2575 e 0,2485. Essa diferença pode ocorrer devido a composição dos solos de Balsas, onde os Neossolos Nitólicos e os Plintossolos são arenosos o que pode ocasionar um erro nos dados do NDVI e que são corrigidos com a utilização do SAVI.



**Figura 3.** Mapas de Balsas referentes ao cálculo de SAVI para os dias 28/07/2001 (A.), 28/07/2006 (B.), 09/08/2011 (C.), 06/08/2016 (D.) e 20/08/2021 (E.)

## CONCLUSÃO

As informações obtidas por meio dos mapas temáticos processados mostram um aumento da concentração vegetativa em alguns pontos de Balsas de 2001 até 2011. Em 2016 observa-se um aumento na supressão vegetal devido a flexibilização do Código Florestal e um pequeno acréscimo vegetativo em 2021 devido ao aumento de fiscalizações e monitoramento após a implementação do CAR, assim reduzindo o desmatamento ilegal na região.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁICAS

Barros, A.S.; Farias, L.M.; Marinho, J.L.A. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na Caracterização da Cobertura Vegetativa de Juazeiro Do Norte – CE. Revista Brasileira de Geografia Física, v.13, n.06, p. 2885-2895. 2020. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.6.p2885-2895>.  
Brasil. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida

## VI Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal

Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, v. 149, n. 102, seção 1, p.1-8, 2012. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=28/05/2012&jornal=1&pagina=1&totalArquivos=168>. Acesso em: 15 Jun. 2023.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. **Manual de métodos de análise de solo**. 3.ed. Brasília: Embrapa, 2017. 574p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/181717/1/Manual-de-Metodos-de-Analise-de-Solo-2017.pdf>. Acesso em: 11 Jun. 2023.

Francisco, C. N.; Ruiz, P. R. S; Almeida, C. M.; Gruber, N. C; Anjos, C. S. Análise do impacto da correção atmosférica no cálculo do índice de vegetação por diferença normalizada a partir da imagem Landsat 8/OLI. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 1, p.1-11. 2020. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.1.p076-086>.

Geoagro. **Savi Index**. Disponível em: <https://support.geoagro.com/en/kb/savi-index/>. Acesso em: 01 Abr. 2023.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Cidades. Balsas**. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/balsas/pesquisa/14/0>. Acesso em: 30 Jun. 2023.

MapBiomias. **Coleção 2001-2021 da Série Histórica de Maps de Cobertura e Uso do Solo**. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org.br>. Acesso em: 15 Jun. 2023.

Oliveira, L. N.; Aquino, C. M. S. Índice da vegetação da diferença normalizada (NDVI) na sub-bacia hidrográfica do rio Gurguéia, Piauí - Brasil: análise do efeito da expansão agrícola. **Revista Georaguáia**, v. 10, n. 2, p.126-143, 2020. <https://doi.org/10.30612/el.v10i20.10501>.

Passos, M. L. V.; Zambrzycki, G. C.; Pereira, R. S. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Balsas-MA. **Revista Scientia Agraria**, v. 18, n. 1, p.83-89, 2017. <https://doi.org/10.5380/rsa.v18i1.48584>.