

## **MONITORAMENTO DO VIGOR VEGETATIVO DO MUNICÍPIO DE SOROCABA- SP.**

Caick Marcelo Rosa Martins<sup>1</sup>

Wanessa Monteiro Fernandes<sup>2</sup>

Steyce Neves Barbosa<sup>3</sup>

Antonio Cesar Germano Martins<sup>4</sup>

### **Ações antrópicas sobre o meio ambiente**

#### *Resumo*

O objetivo deste trabalho foi avaliar e comparar o vigor vegetativo que recobre o município de Sorocaba-SP nos anos de 2013 e 2021, utilizando geotecnologias e o NDVI. Os dados orbitais utilizados são imagens provenientes do satélite Landsat-8 sensor OLI captadas do Serviço Geológico Norte-Americano. As imagens foram processadas no programa Arcgis 10.8. Utilizou-se a função da calculadora Raster para estimar o NDVI e foram elaborados mapas para representarem o índice nos anos de 2013 e 2021. O valor médio de NDVI para o ano de 2013 foi 0,58 e para o ano de 2021 foi de 0,55, sendo assim apresentando alto vigor, sendo esta a classe predominante nos dois anos analisados. O cálculo do NDVI permitiu identificar a predominância do alto vigor vegetativo, no entanto, está ocorrendo a diminuição da área desse vigor em função do avanço da urbanização e da supressão vegetal.

**Palavras-chave:** Monitoramento Ambiental; Geotecnologia; NDVI; Índice de Vegetação; Vegetação.

---

<sup>1</sup> Aluno (o) do Curso do doutorado em Ciências Ambientais, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", departamento de Engenharia Ambiental, [caick.marcelo@gmail.com](mailto:caick.marcelo@gmail.com).

<sup>2</sup> Aluno (a) do Curso do mestrado em Ciências Ambientais, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", departamento de Engenharia Ambiental, [wm.fernandes@unesp.br](mailto:wm.fernandes@unesp.br)

<sup>3</sup> Aluno (o) do Curso do doutorado em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Vale do São Francisco, departamento de Ciência Animal, [steyce.zoo@gmail.com](mailto:steyce.zoo@gmail.com)

<sup>4</sup> Prof. Dr. do curso de Engenharia Ambiental, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Campus Sorocaba, Departamento de Engenharia Ambiental, [antonio.martins@unesp.br](mailto:antonio.martins@unesp.br)



## INTRODUÇÃO

O monitoramento ambiental e a observação da Terra sempre foram formas para compreender a dinâmica das alterações e o comportamento do meio ambiente. Com o advento das tecnologias através da utilização de imagens de satélites, drones, ampliação de bases cartográficas digitais, etc., o processo de acompanhamento dessas alterações se tornou ainda mais eficaz e importante para obter informações sobre os recursos naturais (MALLMANN et al., 2015).

Na tentativa de caracterizar e extrair as informações é que foram criados e aperfeiçoados os índices de vegetação utilizando imagens provenientes de sensores a bordo de satélites e de outros veículos. Os índices apresentam vantagens importantes que os colocam como alternativa viável em estudos de caracterização ambiental, dentre elas: rapidez, baixo custo operacional, bom nível de precisão de acordo com a resolução e escala espacial e excelente relação custo benefício com imagens sendo disponibilizadas gratuitamente em alguns casos (LEITE et al., 2017; ROKNI & MUSA; 2019).

Os índices de vegetação são utilizados em vários segmentos permitindo acompanhar mudanças em intervalos temporais e espaciais nas paisagens nas mais diversas escalas, sejam mudanças causadas por fatores naturais ou não, monitoram o comportamento espectral da vegetação e podem ainda levar a compreender o estudo com relação ao solo e outros alvos da superfície terrestre, sendo considerados simples e eficazes para avaliar o vigor e a dinâmica da vegetação terrestre (XUE & SU, 2017; SILVA et al., 2019).

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) estima as condições de vegetação avaliando o vigor vegetativo, sendo altamente sensível às suas mudanças. O NDVI é um parâmetro radiométrico adimensional, calculado com base na razão normalizada entre as bandas do infravermelho próximo e a banda do vermelho que varia entre -1 (menor vigor vegetativo) e 1 (maior vigor vegetativo). Além disso, se mostra sensível à resposta do solo, avaliando inclusive processos de supressão vegetal (MOREIRA, 2000).

O objetivo deste trabalho foi avaliar e comparar o vigor vegetativo que recobre o município de Sorocaba-SP nos anos de 2013 e 2021, utilizando geotecnologias e o NDVI.

## METODOLOGIA

### Caracterização da Área de Trabalho

O trabalho foi realizado no município de Sorocaba, Estado de São Paulo, que apresenta extensão territorial de aproximadamente 450 km<sup>2</sup> e uma população por volta de 687.357 habitantes (IBGE, 2021).

A vegetação apresenta uma transição entre o Cerrado e a Mata Atlântica com uma pequena fração florestal. O clima é brasileiro tropical de altitude, apresentando um verão com chuvas intensas e um inverno com chuvas ocasionais, além de uma distribuição homogênea da precipitação no decorrer do ano. A precipitação média anual gira em torno de 1.311 mm (CEPAGRI, 2015).

Os solos da região, de acordo com o sistema de classificação de solos da Embrapa (2013), são compostos por Latossolos Vermelhos Distróficos (LVd) A moderado, textura argilosa, relevo suave ondulado e ondulado.

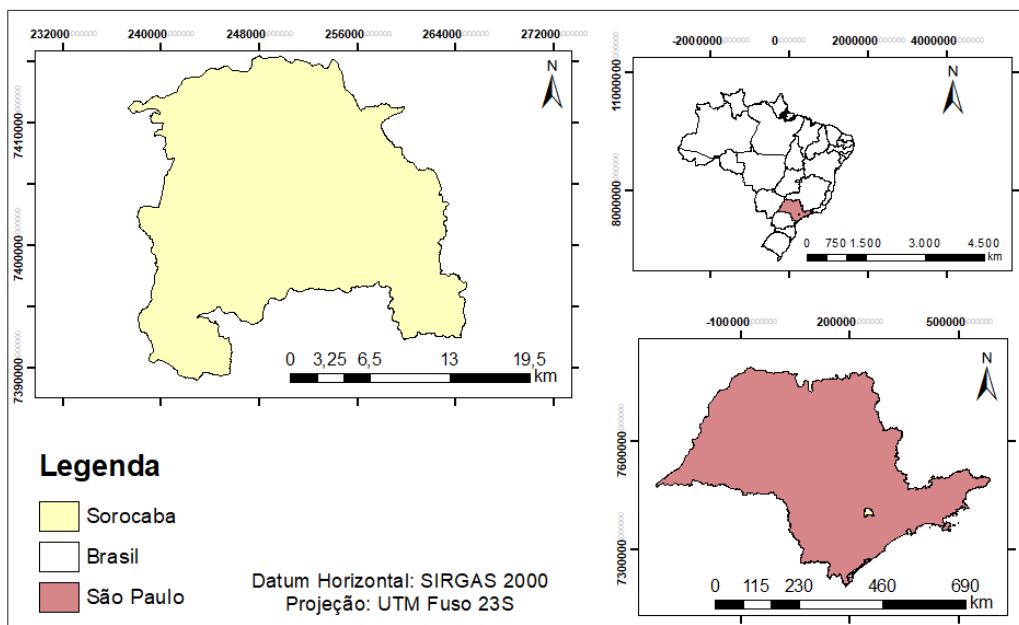


Figura 01: Localização da área de estudo.



### Dados Orbitais

Os dados orbitais utilizados neste trabalho são imagens provenientes do satélite Landsat-8 sensor OLI captadas do Serviço Geológico Norte-Americano (USGS - United States Geological Survey), disponíveis no endereço eletrônico <https://earthexplorer.usgs.gov/>. As imagens utilizadas são referentes às datas: 06/07/2013 e 25/05/2021, apresentam órbita 220 e ponto 76, com resolução espacial de 30 metros.

As imagens foram processadas no programa Arcgis 10.8. Utilizou-se a função da calculadora Raster para estimar o NDVI e foram elaborados mapas para representarem o índice nos anos de 2013 e 2021.

### Aplicação do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI)

O NDVI é um indicador sensível da quantidade e condição da vegetação, sendo determinado por meio da razão entre a diferença da refletância do infravermelho próximo ( $\rho_5$ ) e a do vermelho ( $\rho_4$ ) normalizada pela soma de ambas, corrigidos os efeitos atmosféricos, como evidência a equação seguinte (ALLEN et al., 2002):

$$NDVI = \frac{\rho_5 - \rho_4}{\rho_5 + \rho_4} \quad (1)$$

Os valores de NDVI variam de -1 a +1, sendo que os valores positivos são obtidos em áreas com algum tipo de cobertura vegetal e de acordo com a atividade fotossintética e densidade de plantas. Já em superfície com água e nuvens o NDVI geralmente é menor que zero (GIONGO, 2008).

### Estratificação do vigor vegetativo

A estratificação do vigor vegetativo do NDVI foi realizada conforme Oliveira et al. (2019) que avaliaram a mesma região de estudo deste trabalho. As classes são descritas conforme a Tabela 01.

Tabela 01: Classes de vigor vegetativo.

VIGOR DA VEGETAÇÃO	VALORES DE NDVI
AUSÊNCIA DE VEGETAÇÃO	[-1; 0,0667[
BAIXÍSSIMO VIGOR	[0,0667; 0,2157[
BAIXO VIGOR	[0,2157; 0,3412[
MÉDIO VIGOR	[0,3412; 0,4902[
ALTO VIGOR	[0,4902; 1]

Fonte: Oliveira et al.(2019)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de NDVI apresentaram grande variação no ano de 2021 exibindo seus valores mínimos (-1) com baixo vigor e (1) para o vigor vegetativo exibido em seu máximo. O ano de 2013 apresentou variação de -0,96 a 1. O valor médio de NDVI para o ano de 2013 foi 0,58 e para o ano de 2021 foi de 0,55, sendo assim os dois períodos analisados apresentaram alto vigor conforme Oliveira et al. (2019).

A classe predominante no ano de 2013 foi alto vigor (30997,50 ha), ocupando mais de 68% da aérea de estudo, seguido de baixíssimo vigor (5170,60 ha), baixo vigor (4374, ha) médio vigor (4343,50 ha) e ausência de vegetação em menor parte ocupada com 121,44 ha. Considerando o ano de 2021 a classe alto vigor apresentou 29729,24 ha aproximadamente 66% da área total de estudo. Baixíssimo vigor ocupou 5495,09 ha, seguida de médio vigor, baixo vigor e ausência de vegetação que apresentaram respectivamente 4756,27 ha, 4535,97 ha e 490 ha da área de estudo. Tabela 02.



Tabela 02: Classes de vigor vegetativo do município de Sorocaba 2013-2021.

	ANO 2013		ANO 2021	
	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)
AUSÊNCIA DE VEGETAÇÃO	121,44	0,27%	490,99	1,09%
BAIXÍSSIMO VIGOR	5170,60	11,49%	5495,09	12,21%
BAIXO VIGOR	4374,33	9,72%	4535,97	10,08%
MÉDIO VIGOR	4343,50	9,65%	4756,27	10,57%
ALTO VIGOR	30997,43	68,87%	29729,24	66,05%

Na comparação entre os anos de 2013 e 2021, ambos apresentaram a predominância da classe alto vigor vegetativo, indicando ainda ocorrência de grande quantidade de cobertura vegetal no município. É possível perceber o aumento das classes “ausência de vegetação”, “baixíssimo vigor”, “baixo vigor” e “médio vigor”, em contrapartida ocorreu a diminuição dos níveis de “alto vigor”.

As alterações no uso do solo e as ações antrópicas podem explicar tais mudanças. As áreas que aumentaram de tamanho apresentam solo exposto, caracterizando a classe ausência de vegetação; as áreas edificadas, caracterizam os vigores baixíssimo, baixo e médio, como baixos valores de NDVI.

A região norte do município de Sorocaba apresentou grande avanço de classes que apresentam vigor de “médio” a “ausência de vegetação”, isso em função do aumento da urbanização nessa região com a criação de condomínios residências e obras de infraestrutura, fato este também citado por Comitê (2017). Figura 02.

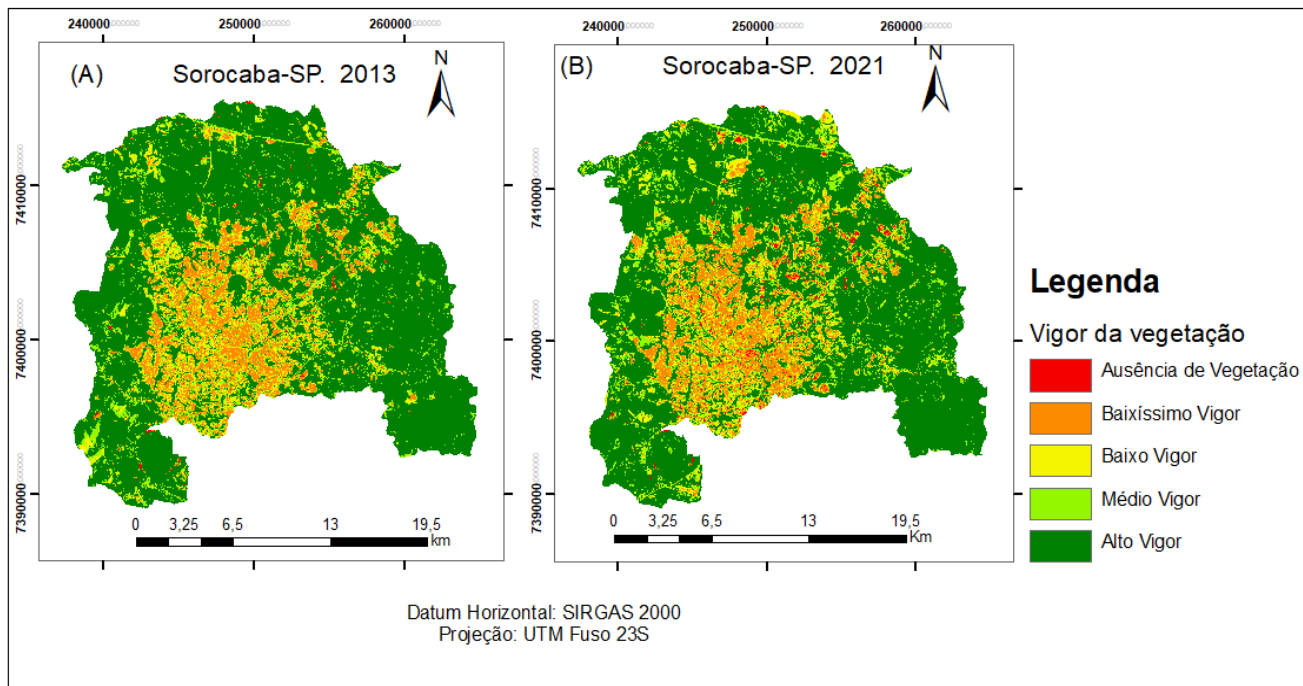


Figura 02: Classes de vigor vegetativo do município de Sorocaba 2013-2021.

Além disso, áreas centrais que já apresentavam baixos vigos de vegetação se consolidaram como regiões de adensamento urbano, apresentando como característica a diminuição dos conglomerados de vegetação, substituídos por construções impermeáveis ao longo do uso e da ocupação do município com crescimento desordenado, fato este confirmado por Faustino et al.(2019).

Ocorreu a diminuição do vigor vegetativo perto das rodovias que atravessam o município, em função do crescimento urbano dessas regiões que foram influenciadas pelo grande fluxo, se transformando em um corredor de expansão urbana, corroborando assim com Santos Jr. & Proença (2020).



## CONCLUSÕES ou CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cálculo do NDVI permitiu identificar a predominância do alto vigor vegetativo, no entanto, está ocorrendo a diminuição da área desse vigor em função do avanço da urbanização e da supressão vegetal.

A metodologia aplicada utilizando o NDVI se mostrou satisfatória na caracterização dos níveis de vegetação que cobrem o município de Sorocaba-SP, dessa maneira alcançando o objetivo inicial.

## REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G; TASUMI, M. ; TREZZA, R. .Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL). Advanced training and Users Manual. **Idaho implementation**, version, v. 1, p. 98, 2002.

CEPAGRI, Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura. Clima dos municípios paulistas. 2015.

COMITRE, F. A evolução do uso e ocupação do solo na periferia urbana de Sorocaba-SP: do esquecimento ao despertar dos interesses públicos e privados. **GEO UERJ**, v.31 n.1, p.1-30, 2017.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306p. 2013.

FAUSTINO, V.B. LOURENÇO, R.W.; LOPES, E. R.N; SALES, J.C.A. Análise dos indicadores de cobertura vegetal e a distribuição de renda do município de Sorocaba. Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 14 a 17 de abril. Santos, 2019.

GIONGO, P. R. Estimativa do balanço de radiação com técnicas de sensoriamento remoto e dados de superfície. 92 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, 2008.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados gerais do município. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sorocaba/panorama> >. Acesso em: 24 jun 2021.

LEITE, A. P., SANTOS, G. R., SANTOS, J. É. O. Análise Temporal dos Índices de Vegetação NDVI E SAVI na Estação Experimental de Itatinga Utilizando Imagens Landsat 8. **Revista**



**Brasileira de Energias Renováveis** v.6, n.4, p.606-623, 2017.

MALLMANN, C. L., PRADO, D. A., FILHO, W.P. Índice de vegetação por diferença normalizada para caracterização da dinâmica florestal no parque estadual Quarta Colônia, estado do Rio Grande do Sul – Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.8, p.1454-1469, 2015.

MOREIRA, R. C. Influência do posicionamento e da largura de bandas de sensores remotos e dos efeitos atmosféricos na determinação de índices de vegetação. São José dos Campos, INPE, 2000. 181 p. (Dissertação de Mestrado).

OLIVEIRA, R. A.; SIMONETTE, V.C; TONIOLO, B.P; SILVA, D. C.C. Avaliação do vigor vegetativo na sub-bacia hidrográfica do rio Pirajibu-mirim, Sorocaba-SP. Anais do 4º Congresso Pós-Graduação do IFSP. Sorocaba, 2019.

ROKNI, K., MUSA, T. A.. Normalized difference vegetation change index: A technique for detecting vegetation changes using Landsat imagery. **Catena**. v.178,p.59-63, 2019.

SILVA, V. S., SALAMI, G., SILVA, M. I. O., SILVA, E. A., JUNIOR, J. J. M., ALBA, E., 2019. Methodological evaluation of vegetation indexes in land use and land cover (LULC) classification. **Geology, Ecology, and Landscapes**, v.4, p.159-196, 2019.

SANTOS JR, WILSON R.; PROENCA, ANDERSON D. A.. A infraestrutura rodoviária e a urbanização regional contemporânea no território paulista: o caso do corredor urbano Campinas-Sorocaba, Brasil. **EURE (Santiago)**, Santiago, v. 46, n. 138, p. 235-256, 2020.

XUE, J., SU, B., 2017. Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications. **Journal of Sensors**. v.2017, p.1-17, 2017.