

14º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2023

ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) NA ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA VEGETAÇÃO DA REGIÃO NOROESTE DE SÃO PAULO ENTRE OS ANOS DE 1989 E 2018

SARAH CARVALHO G. DA SILVA¹, LUCIANA CAVALCANTI M. SANTOS²

¹ Estudante de Bacharelado em Engenharia de Produção, Graduada em Técnico em Logística, Membro do Grupo de Pesquisa Interdisciplinar em Meio Ambiente, Ensino, Tecnologia e Cidade (AMBIENTEC), Bolsista PIBITI, CNPq, IFSP, Câmpus São Paulo Pirituba, sarah.c@aluno.ifsp.edu.br. ² Doutora em Ecologia, Líder do AMBIENTEC, Professora Efetiva, Coordenadora de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação do IFSP, Câmpus Pirituba, luciana.santos@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 2.05.03.00-8 Ecologia Aplicada

RESUMO: As áreas verdes são importantes mitigadoras dos efeitos das mudanças climáticas, porém, sua coexistência com a urbanização é um desafio. Considerando os malefícios causados pelas mudanças climáticas e necessidade de preservação do verde nas cidades, esse trabalho teve como objetivo caracterizar a dinâmica espaço-temporal da vegetação de um recorte da Região Noroeste do Município de São Paulo entre os anos de 1989 e 2018, utilizando o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Para possibilitar a análise da área de estudo, foi utilizado o SIG SPRING, um sistema de informação geográfico e as imagens do LANDSAT-5/TM e CBERS-4/PAN. Após a análise das imagens reclassificadas dos NDVI's, observou-se que a matriz da vegetação é o elemento predominante da paisagem, mantendo um percentual próximo de 58,5% em detrimento de 41,5% da mancha urbana. Ademais, foi observado que, além da vegetação não ter cedido tanto espaço para a urbanização, ela foi capaz de desenvolver-se e expressar uma quantidade maior de vegetação arbórea em 2018. Diante dos diversos benefícios que as áreas verdes trazem para a sociedade, torna-se necessário o uso de técnicas que monitoram o funcionamento de políticas ambientais, contribuindo para a continuidade desse cenário e conservação do verde.

PALAVRAS-CHAVE: Áreas verdes; cobertura vegetal; conservação, índice de vegetação.

NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI) IN SPACE-TEMPORAL ANALYSIS OF THE VEGETATION IN THE NORTHWEST REGION OF SÃO PAULO BETWEEN 1989 AND 2018

ABSTRACT: Green areas are important mitigants of the effects of climate change, however, their coexistence with urbanization is a challenge. Considering the harm caused by climate change and the need to preserve green in cities, this work aimed to characterize the space-time dynamics of vegetation in a stretch of the Northwest Region of the Municipality of São Paulo between the years 1989 and 2018, using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). To enable the analysis of the study area, SIG SPRING, a geographic information system and images from LANDSAT-5/TM and CBERS-4/PAN, were used. After analyzing the reclassified images, it was observed that the vegetation matrix is the predominant element of the landscape, maintaining a percentage close to 58.5% to the detriment of 41.5% of the urban area. In addition to the vegetation not giving up so much space for urbanization, it managed to develop and express a greater amount of tree vegetation in 2018. In view of the various benefits that green areas bring to society, it is necessary to use techniques that monitor the operation of environmental policies, contributing to the continuity of this scenario and conservation of green.

KEYWORDS: Green areas; vegetal cover; conservation, vegetation index.

INTRODUÇÃO

Em um contexto de mudanças climáticas, as áreas verdes, conceituadas por Coutts e Hahn (2015) como uma rede de espaços verdes conectados que buscam a conservação da natureza de um ecossistema, tornaram-se importantes aliadas na mitigação de seus malefícios, além de proporcionar diversos benefícios ecológicos, estéticos e sociais para a comunidade (Loboda; de Angelis, 2005). O Município de São Paulo, de acordo com o mapeamento digital da cobertura vegetal em 2020, possui cerca de 48,18% de cobertura vegetal por todo o seu território de 1.527,69 km². Apesar do número parecer expressivo, destes 753,99 km², 79,37% estão presentes na zona rural do município, cuja ocupação limita-se a 31,78%. Em contrapartida, a zona urbana, que representa uma dominância na matriz da paisagem de São Paulo, corresponde a 62,88% e apenas 33,65% da cobertura vegetal está abrigada em seu meio (São Paulo, 2022). A escassez das áreas verdes em centros urbanos e a expansão da urbanização, revela uma necessidade de acompanhamento e zelo pela conservação da vegetação existente nas cidades.

Os índices de vegetação são modelos matemáticos baseados no sensoriamento remoto que possuem a capacidade de realizar a avaliação e caracterização da cobertura vegetal de porções de área. Para realizar tal feito, os índices de vegetação funcionam com base nas reflexões espectrais da radiação, discriminando a vegetação do restante dos outros elementos da paisagem de acordo com a capacidade de absorção e reflexão da luz solar (Mappa, 2022) (Krizek; Santos, 2021). Sendo assim, são importantes ferramentas de monitoramento ambiental da saúde e mudanças da vegetação. Com o objetivo de caracterizar a dinâmica espaço-temporal da vegetação em um recorte da Região Noroeste de São Paulo entre os anos de 1989 e 2018, será utilizado o NDVI.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho possui como área de estudo a Região Noroeste do Município de São Paulo (Figura 1), também classificada como Macrorregião Norte 2 e engloba as Subprefeituras de Perus, Pirituba/Jaraguá, Freguesia do Ó/Brasilândia e Casa Verde. Constituída por uma área de 170,1 km², essa região abriga 10 distritos e 1.300,259 habitantes. Segundo o Cadernos de Propostas dos Planos Regionais das Subprefeituras, Quadro Anafilático da Macrorregião Norte 2, um pouco mais da metade do território está contido na Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental. Essa macrozona, pela Lei 16.050/16, “indica territórios ambientalmente frágeis, devido às suas características geológicas e geotécnicas, à presença de mananciais de abastecimento hídrico e à significativa biodiversidade, demandando cuidados especiais para sua conservação” (São Paulo, 2016).

Nesse cenário, cabe ressaltar que mesmo diante da alta cobertura vegetal presente em alguns dos distritos, o embate com a crescente mancha urbana é latente. Como uma das principais linhas de frente desse conflito, a macrorregião conta com importantes áreas verdes para a conservação ambiental: O Parque Estadual do Jaraguá, considerado uma Unidade de Conservação (UC) e Patrimônio da Humanidade pela Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) devido ao remanescente de Mata Atlântica em seu espaço, Parque Estadual da Cantareira e Parque Anhanguera, considerado o maior parque municipal de São Paulo (São Paulo, 2016) (São Paulo, 2010).



FIGURA 1. Composição colorida gerada no SIG SPRING pela imagem CBERS-4/PAN (2018) com destaque para um recorte da Região Noroeste do município de São Paulo, abrangendo as subprefeituras de Pirituba/Jaraguá, Perus e Freguesia do Ó/Brasilândia.

Para realizar a avaliação espaço-temporal da vegetação da área de estudo entre os anos 1989 e 2018, se fez necessário utilizar o SPRING, um Sistema de Informação Geográfico (SIG) disponibilizado gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A partir do banco de dados do Grupo de Pesquisa Interdisciplinar em Meio Ambiente, Ensino, Tecnologia e Cidade (AMBIENTEC), o qual dispõe de imagens dos satélites CBERS-4/PAN (2018) e LANDSAT-5/TM (1989 e 2018), e das ferramentas do SIG utilizado, foi aplicado o cálculo do índice de vegetação. O NDVI, trata-se de um índice de vegetação normalizado elaborado por Rouse et al. (1973). Conforme a equação (1), esse modelo matemático é expresso na diferença da banda do infravermelho próximo com a banda do vermelho dividida pela soma das duas bandas, resultando em um variação de -1 a 1 no valor de cada *pixel*. Através dessa normatização, o NDVI irá distinguir o brilho do verde da vegetação do brilho do seu entorno (Marcussi et al., 2010).

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (1)$$

em que,

NDVI - índice de vegetação;

NIR - banda correspondente ao infravermelho próximo;

RED - banda correspondente ao vermelho.

Essa análise matemática possibilita observar diferenças no aspecto da vegetação e sua fitomassa, uma vez que uma vegetação mais densa tende a apresentar menor reflectância na banda vermelha e maior na banda do infravermelho (Letras Ambientais, 2021). Segundo Krizek e Santos (2021), corpos hídricos são comumente identificados por valores de *pixel* negativos, solo exposto por números próximos de zero e, quanto mais próximo do um, maior é a densidade da vegetação presente. Desta forma, o primeiro passo consistiu-se em, após identificar as bandas do vermelho e do infravermelho próximo, aplicar o modelo matemático do NDVI. Utilizando a nova imagem gerada pela aplicação da operação matemática, foi preciso fazer uso da ferramenta de fatiamento para, por meio da fotointerpretação e análise dos valores de *pixel* da paisagem, inserir manualmente os intervalos de cada classe temática: Sem vegetação; Vegetação baixo porte; Vegetação médio porte; Vegetação alto porte. Com essa classificação, além de tornar possível visualizar por meio de classes o índice de vegetação, o SPRING também proporcionou dados quantitativos referentes a área que cada classe ocupa na imagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 abaixo, estão contidos os fatiamentos utilizados para a análise de cada imagem. Pela amplitude de *pixels* ser distinta em cada um dos NDVI's gerado, fez-se necessário modificar manualmente o critério de avaliação individualmente, respeitando o critério que, quanto mais próximo do 1, maior é a densidade da cobertura vegetal. Enquanto o NDVI de 1989 do LANDSAT-5/TM apresentou uma variação de -0,94 até 0,96, o de 2018 foi de -0,34 até 0,70. Já no CBERS-4/PAN de 2018, os números foram de -0,70 até 0,80. No fatiamento foi adotado limites de -1 até 1 para que não houvesse áreas não classificadas.

TABELA 1. Fatiamento das classes do NDVI de cada imagem.

CLASSES	NDVI		
	LANDSAT-5/TM (1989)	LANDSAT-5/TM (2018)	CBERS-4/PAN (2018)
Sem vegetação	-1 até 0,2	-1 até 0,16	-1 até 0,25
Vegetação baixo porte	0,2 até 0,4	0,16 até 0,26	0,25 até 0,45
Vegetação médio porte	0,4 até 0,6	0,26 até 0,35	0,45 até 0,63
Vegetação alto porte	0,6 até 1	0,35 até 1	0,63 até 1

A imagem da Figura 2, revela o NDVI da imagem do LANDSAT-5/TM em 1989. Quanto maior a resolução espacial, maior será a gama de detalhes captada pelo satélite. No caso do LANDSAT -5/TM, como sua resolução espacial é de 30 m, ele não é capaz de reconhecer objetos menores que 30 m. Ademais, analisando a saturação na figura, é possível observar que a cobertura vegetal destaca-se na paisagem devido sua expressão de coloração com um verde mais claro em detrimento dos outros elementos. Também vale citar que alguns pontos que apresentam uma tonalidade mais próxima do preto, são, em sua maioria, corpos hídricos. Essa peculiaridade está associada com a capacidade de absorção da luz pela água, enquanto outros elementos - como a vegetação - tendem a refletir.

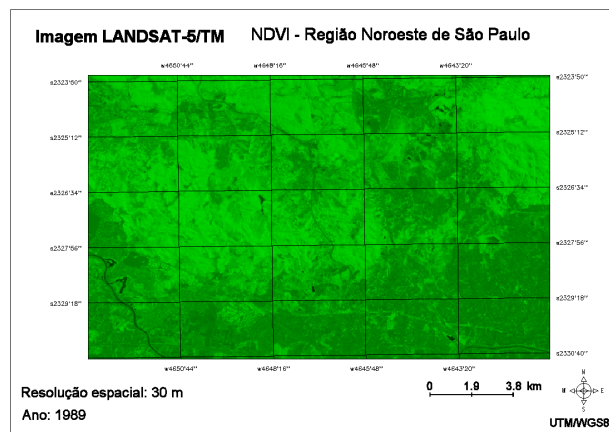


FIGURA 2. NDVI gerado no SIG SPRING pela imagem LANDSAT-5/TM(1989) com destaque para um recorte da Região Noroeste do município de São Paulo.

Já na Figura 3, é apresentada a reclassificação do NDVI das imagens de 1989 e 2018 do LANDSAT-5/TM de acordo com as classes descritas na Tabela 1.

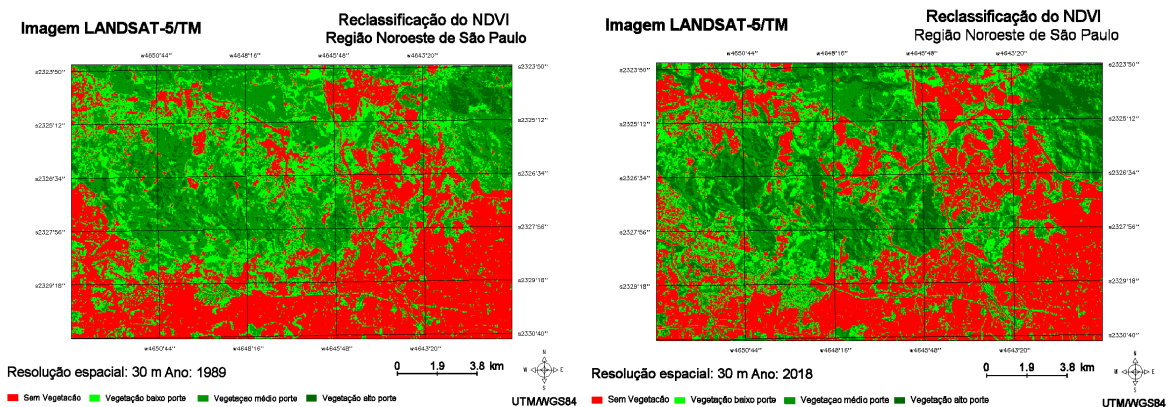


FIGURA 3. Reclassificações das imagens com as classes, gerada pelo NDVI das imagem do LANDSAT-5/TM(1989) e LANDSAT-5/TM(2018) .

Comparando as duas reclassificações, é passível de notar, em uma primeira análise visual, diferenças em relação à classificação do porte de vegetação ao longo dos anos. Enquanto em 1989 o verde lima, associado com a vegetação de baixo porte, destaca-se junto com a vegetação de porte médio, identificado pelo verde médio, em 2018 esse papel de dominância passou para os tons de verde médio junto aos do verde escuro. Esse fenômeno pode ter ocorrido devido ao próprio crescimento e amadurecimento da vegetação ao longo do tempo, a passagem de uma vegetação rasteira para uma mais arbórea. Tal comportamento pode ser verificado na maior incidência do verde escuro em 2018, representando uma vegetação de alto porte, mais densa.

A imagem gerada pelo CBERS-4/PAN (Figura 4), possui uma resolução de 5 m, desta forma a elucidação dos detalhes da imagem passa a ser mais nítida. Pela ausência de imagens de 1989 do

mesmo satélite no banco de dados, não foi possível realizar uma comparação direta entre diferentes anos. Porém, observando as classes, assim como na reclassificação da imagem de 2018 do LANDSAT-5/TM na Figura 3, a vegetação de baixo porte possui uma menor presença no meio das vegetações de médio e alto porte.

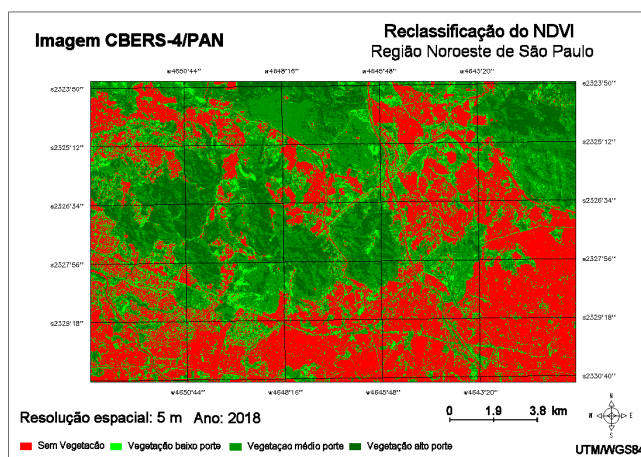


FIGURA 4. Reclassificação da imagem com as classes, gerada pelo NDVI da imagem do CBERS-4/PAN (2018).

Ao analisar a Tabela 2, verifica-se que a classe da paisagem rotulada como Sem vegetação, apresentou um pequeno crescimento ao longo da passagem temporal de 1989 até 2018. Esse aumento deve-se a uma expansão da mancha urbana na Região Noroeste do Município de São Paulo. No entanto, essa variação pequena demonstra que, apesar da ampliação da urbanização, a cobertura vegetal manteve-se como a matriz dominante da paisagem na área do recorte da área de estudo, uma vez que a proporção próxima de 58,5% para 41,5% conservou-se.

A vegetação de baixo porte, com uma discrepância maior na comparação dos dados de 1989 do LANDSAT-5//TM e de 2018 do CBERS-4/PAN, apontou uma diminuição na área ocupada. O mesmo ocorreu com a vegetação de médio porte, embora em uma escala menor. Em contrapartida, a vegetação de alto porte mostrou um desenvolvimento significativo.

TABELA 2. Área ocupada por cada uma das classes nas imagens após a reclassificação.

Classes	LANDSAT-5/TM (1989)		LANDSAT-5/TM (2018)		CBERS-4/PAN (2018)	
	Área (km ²)	Área (%)	Área (km ²)	Área (%)	Área (km ²)	Área (%)
Sem vegetação	111.540600	41,22	112.686.300	41,64	113.668.400	41,99
Vegetação baixo porte	66.906000	24,72	59.284.800	21,91	37.408.500	13,82
Vegetação médio porte	81.247500	30,02	67.901.400	25,09	80.213.800	29,63
Vegetação alto porte	10.910700	04,03	30.732.300	11,36	39.443.700	14,57
Total das classes	270.604800		270.604.800		270.734400	

CONCLUSÕES

Pode-se observar, através do emprego da técnica do NDVI, que na região de estudo, desde 1989 até 2018, a matriz da vegetação continua sendo o elemento predominante na paisagem. Além da cobertura vegetal apresentar uma boa conservação de sua área, foi analisado que a vegetação desenvolveu-se ao longo dos anos, adquirindo uma maior presença de vegetação arbórea. O resultado foi de encontro a caracterização da região que, embora seja parte classificada como uma macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental, possui diversas áreas verdes, como os parques urbanos, que colaboram para a promoção da mancha verde na cidade. Frente às mudanças climáticas, o uso de índices de vegetação e outros tipos de técnicas e ferramentas, são importantes norteadoras do

funcionamento de políticas ambientais, visto que a perpetuação da manutenção e conservação dessas áreas verdes torna-se fundamental

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

A primeira autora, aula orientanda, foi responsável por toda a análise e discussão dos dados. Enquanto a segunda autora, professora orientadora, foi responsável pelo fornecimento do banco de dados, orientar o projeto e realizar a correção final. Ambas autoras revisaram o trabalho final e aprovaram a submissão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia e ao CNPQ por conceder a bolsa de iniciação científica (PIBITI).

REFERÊNCIAS

COUTTS, C.; HAHN, M. G. **Infrastructure, Ecosystem Services, and Human Health**. International Journal of Environmental Research and Public Health, n.12, v.8, 2015.

LETRAS AMBIENTAIS. **Os 15 fatos que você precisa saber sobre uso de NDVI na agricultura**. 2021. Disponível em: <https://www.letrasambientais.org.br/posts/os-15-fatos-que-voce-precisa-saber-sobre-uso-de-ndvi-na-agricultura>. Acesso em 3 ago. 2023.

LOBODA, C. R.; DE ANGELIS, B. L. D.. **ÁREAS VERDES PÚBLICAS: CONCEITOS, USOS E FUNÇÕES**. Paraná: Guarapuava, 2005.

MARCUSSI, A. B.; BUENO, C. R. P.; MIQUELONI, D. P.; ARRAES, C. L. Utilização de índices de vegetação para os sistemas de informação geográfica. **Revista Caminhos da Geografia**, 11, 41-53. 2010.

MAPPA **Índices de Vegetação: IFV, VARI, NDVI e NDR**. 2022. Disponível em: <https://mapa.ag/blog/indices-de-vegetacao-ifv-vari-ndvi-e-ndre/>. Acesso em 2 ago. 2023.

ROUSE J.W.; HAAS JUNIOR, R.H.; SCHELL J.A.; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. Washington, 1973. **Proceedings**. NASA, 1973. v. 1, p. 309-317.

SÃO PAULO. **PARQUE ESTADUAL DO JARAGUÁ: PLANO DE MANEJO**. São Paulo, 2010. Disponível em: http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/fundacaoflorestal/2012/01/PE_%20JARAGUA/Volume_Principal_completo.pdf. Acesso em: 3 ago. 2023.

SÃO PAULO. Prefeitura da Cidade. SVMA. **Plano Municipal de Áreas Protegidas, Áreas Verdes e Espaços Livres**. PLANPAVEL. São Paulo, 2022. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/arquivos/Planpavel/PLANPAVEL-VERSAO-COMPLETA.pdf. Acesso em 2 ago. 2023.

SÃO PAULO. Prefeitura da Cidade. **Caderno de Propostas dos Planos Regionais das Subprefeituras Quadro Analítico Macrorregião Norte 2**. São Paulo, 2016. Disponível em: <https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/QA-NORTE-2.pdf>. Acesso em 2 ago. 2023.

KRIZEK, J. P. O.; SANTOS, L. C. M. Protocolo metodológico para obtenção dos valores de reflectância e de NDVI de imagens Landsat 8/OLI utilizando LEGAL. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 02, p. 869-880, 2021.