

Análise espaço-temporal da Mata Atlântica na subprefeitura de Parelheiros por meio do índice vegetativo EVI (Índice de Vegetação Melhorado)

SPATIOTEMPORAL ANALYSIS OF THE ATLANTIC FOREST IN THE PARELHEIROS SUBPREFEITURE USING EVI (ENHANCED VEGETATION INDEX)

THAMIRES GIL GODOY¹, DANIEL JOSÉ PADOVANI EDERLI¹, ISABELLA ALVES DA CUNHA², ARTHUR MASSAGARDI³

1 - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA, PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS CARTOGRÁFICAS, MESTRANDA/O, PRESIDENTE PRUDENTE, SP, BRASIL.

2 - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA, MESTRANDA, CAMPINAS, SP, BRASIL.

3 - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA, GRADUANDO EM GEOGRAFIA, PRESIDENTE PRUDENTE, SP, BRASIL.

E-MAIL: THAMIRES.GODOY@UNESP.BR, DANIEL.EDERLI@UNESP.BR, ISABELLA.CUNHA@FEAGRI.UNICAMP.BR, ARTHUR.MASSAGARDI@UNESP.BR.

Abstract: Introduction and Objective. This study aimed to analyze the coverage of the Atlantic Forest in the Parelheiros subprefecture (São Paulo city), from 2014 to 2022. **Methodology.** The authors used the Enhanced Vegetation Index (EVI), images from Landsat-8, and data from the GeoSampa portal. The EVI shows the vegetative vigor and can detect the tree vegetation class when submitted to a threshold process. Thus, the proportion of the Atlantic Forest in Parelheiros and the two Environmental Protection Areas (APA), located in the subprefecture could be counted. **Results.** Despite studies showing the occurrence of deforestation, this work did not obtain expressive results about the decrease in the local Atlantic Forest. The proportion of tree cover remained around 75% over the years in Parelheiros and APA Bororé-Colônia, and 80% in APA Capivari-Monos. **Conclusion.** The methodology was validated through accuracy, reaching a minimum value of 93% and the Kappa with values above 86%.

Resumo: Introdução e Objetivo. Este estudo objetivou analisar a cobertura de Mata Atlântica na subprefeitura de Parelheiros, cidade de São Paulo, de 2014 a 2022. **Metodologia.** Utilizou-se o Índice de Vegetação Melhorado (EVI), imagens Landsat-8 e dados do portal GeoSampa. O EVI, que mostra o vigor vegetativo, passou por uma limiarização na qual se dividiu a classe de vegetação arbórea das demais, assim se contabilizou a proporção de mata em Parelheiros e nas duas Áreas de Proteção Ambiental (APA) situadas na subprefeitura. **Resultados.** Apesar de estudos mostrarem a ocorrência de desmatamentos, esse trabalho não obteve resultados expressivos na diminuição da vegetação no local. A cobertura arbórea se manteve em torno de 75% ao longo dos anos em Parelheiros e na APA Bororé-Colônia, e 80% na APA Capivari-Monos. **Conclusão.** A metodologia foi validada por meio da métrica acurácia, atingindo o valor mínimo de 93% e o índice Kappa com valores acima de 86%.

Citation/Citação: Godoy, T. G., Ederli, D. J. P., Cunha, I. A. da, & Massagardi, A. (2023). Análise espaço-temporal da Mata Atlântica na subprefeitura de Parelheiros com o Índice de Vegetação Melhorado (EVI). *Terræ Didática*, 19(Publ. Contínua), 1-7, e023016. doi: 10.20396/td.v19i00.8671971.



Artigo submetido ao sistema de similaridade

Keywords: Deforestation, Remote Sensing, Tropical Forest.

Palavras-chave: Desmatamento, Sensoriamento Remoto, Floresta Tropical.

Manuscript/Manuscrito:

Received/Recebido: 16/01/2023

Revised/Corrigido: 05/03/2023

Accepted/Aceito: 12/06/2023

Editor responsável: Celso Dal Ré Carneiro 

Revisão de idioma (Inglês): Hernani Aquini Fernandes Chaves 



Introdução

Originalmente, a Mata Atlântica cobria 69% da área do estado de São Paulo, aproximadamente 17,07 milhões de hectares; atualmente, há apenas 13,7% desse total (SOS Mata Atlântica, 2017). Situada nesse bioma, a cidade de São Paulo é uma das mais populosas do mundo, e a supressão da vegetação se deve principalmente ao crescimento da população, estimada em 12 milhões de pessoas (IBGE, 2021). O padrão de crescimento do muni-

cípio é caracterizado historicamente por processos de segregação espacial, que determinam acesso limitado à moradia para a parcela mais vulnerável da população (Prefeitura de São Paulo, 2021). De acordo com a Fundação João Pinheiro (2020) e com o Centro de Estudos da Metrópole (2016), estimam-se mais de 830 mil domicílios irregulares na Grande São Paulo. No entanto, domicílios irregulares não são exclusivos de classes menos favorecidas, sendo comum a ocorrência de lote-

amentos de alto e médio nas áreas de proteção ambiental, que são vendidas como um atrativo de qualidade de vida (Mello-Théry, 2011).

Dentre as subprefeituras de São Paulo, a de Parelheiros é a maior em extensão territorial, ocupando cerca de 360 km² no extremo sul da cidade. Apesar de ser o local menos povoado, ela possui crescimento demográfico anormal desde o início de 1980, resultando em 80% de crescimento de 1991 a 2011 (Prefeitura de São Paulo, 2018). A região também é caracterizada por compreender remanescentes importantes da Mata Atlântica, o que auxilia a manter as condições ecossistêmicas da metrópole (INPE, 2018). No entanto, estima-se que 70% das construções em Parelheiros sejam irregulares (Prefeitura de São Paulo, 2018), contribuindo para o aumento de áreas desmatadas e loteamentos clandestinos, como aponta o Dossiê da Devastação da Mata Atlântica no Município de São Paulo (2020) ao relatar que Parelheiros possuía 340 mil km² de desmatamentos irregulares em 2020.

Devido à importância ecossistêmica de Parelheiros e às recorrentes denúncias de loteamentos irregulares na área, o Sensoriamento Remoto torna-se de suma importância para a compreensão da dinâmica do uso e cobertura da terra no local. Podem ser citados o trabalho de Alves et al. (2022) que utilizam imagens Landsat-5 e Landsat-8 para analisar o desmatamento em terra indígena; o trabalho de Tremea et al. (2020) que analisa o desmatamento ocasionado por um assentamento no estado do Pará usando os mesmos satélites e os estudos de Ivo et al. (2018) que analisam a temperatura da superfície do cerrado após a ocorrência de desmatamento utilizando o Landsat-5.

Para a análise vegetativa de uma região, índices espectrais facilitam a obtenção e modelagem de parâmetros biofísicos das plantas, como biomassa e porcentagem de cobertura do solo, com destaque para a banda do infravermelho próximo, que fornece importantes informações sobre a evapotranspiração das plantas (Jensen, 2014, Epiphany et al. 1996). E dentre os índices vegetativos o EVI (Índice de Vegetação Melhorado) pode ser utilizado para determinar limiares de desmatamentos no bioma Mata Atlântica, principalmente em grandes áreas florestais, onde é possível obter a resposta espectral de pixels considerados puros (Tramontina et al. 2019).

Portanto, utilizando imagens do sensor OLI (*Operational Land Image*) do satélite Landsat-8 e o Índice de Vegetação Melhorado (Enhanced Vegetation Index, EVI), uma análise espaço-temporal foi feita de 2014 a 2022 em Parelheiros e em duas Áreas de Proteção Ambiental (APA) situadas na subprefeitura, a APA Bororé-Colônia e a APA Capivari-Monos, com o objetivo de se conhecer a dimensão dos desmatamentos ocasionados por construções irregulares. Por fim, o método foi validado usando as métricas de acurácia e o índice Kappa após a interpretação visual dos pixels.

Material e metodologia

Área de Estudo

Parelheiros, que possui 360 km², está na zona Universal Transversa de Mercator (UTM) 23S, no extremo sul da cidade de São Paulo; além disso, possui a maior área de Mata Atlântica preservada do município. O bioma, constituído por floresta ombrófila densa montana e floresta ombrófila densa, está ligado ao clima tropical. Devido à sua posição latitudinal, a proximidade com o oceano e os sistemas atmosféricos predominantes, Parelheiros possui clima tropical de altitude (Nimer, 1978), caracterizado por chuvas mais concentradas na época do verão (Ribeiro, 2004).

A Geologia da subprefeitura abrange camadas de sedimentos, especialmente nos fundos de vales que pertencem ao Quaternário; além disso, também são encontrados sedimentos do Neógeno e rochas metassedimentares pré-cambrianas (xistos e gnaisses) (Ab'Sáber, 1957). O relevo da região é constituído por morros altos e baixos, característicos do Planalto Paulistano, região em que Parelheiros se encontra (Almeida, 2018). Outra particularidade importante a se ressaltar é a Cratera de Colônia, que possui cerca de 3,6 km de diâmetro, resultante do impacto de um asteroide ou cometa, que originou uma cavidade central e anéis de colinas circundantes (Santos & Oliveira, 2015). A Figura 1 é um mapa de localização de Parelheiros e das duas APA pertencentes à região, a APA Bororé-Colônia e a APA Capivari-Monos.

Material

Desenvolvido a partir de um projeto da Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço

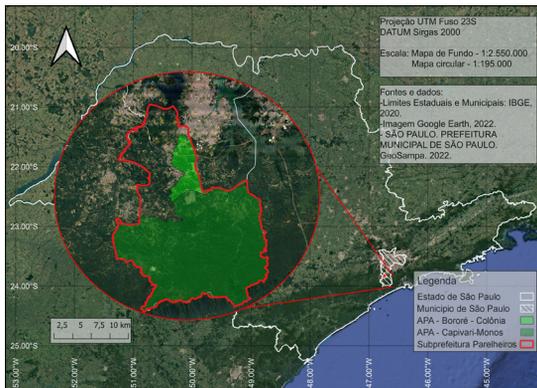


Figura 1. Mapa de localização de Parelheiros, da APA Bororé-Colônia e da APA Capivari-Monos

(NASA), o sensor OLI (Landsat-8) de Sensoriamento Remoto está disponível desde fevereiro de 2013, o que possibilitou a análise da região de Parelheiros durante uma década. As bandas utilizadas no trabalho correspondem às regiões do azul, do verde e do infravermelho próximo do espectro eletromagnético; as especificações acham-se na Tabela 1.

Tabela 1. Características das bandas Landsat-8 utilizadas. Fonte: os autores

Banda	Comprimento de onda	Resolução temporal	Resolução Espacial
Azul (B2)	0,45 – 0,51 μm	16 dias	30 m
Vermelho (B4)	0,64 – 0,67 μm	16 dias	30 m
Infravermelho Próximo (B5)	0,85 – 0,88 μm	16 dias	30m

As imagens multiespectrais disponibilizadas pela página do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, 2022) vieram corrigidas dos efeitos atmosféricos e todo o processamento ocorreu no software livre de geoprocessamento, o QGIS, versão 3.28.2 (QGIS, 2022). Os limites geográficos da subprefeitura de Parelheiros e das APA Bororé-Colônia e Capivari-Monos foram obtidos no formato shapefile pelo portal GeoSampa da Prefeitura de São Paulo (GeoSampa, 2022).

Metodologia

Para a análise temporal da Mata Atlântica na região de Parelheiros, o trabalho seguiu o fluxograma da Figura 2.

Inicialmente, adquiriram-se imagens de 2014 a 2022 do satélite Landsat-8, excluindo o ano de 2013 devido à

ocorrência de nuvens na data estudada. As imagens foram obtidas no inverno brasileiro, caracterizado majoritariamente por baixa pluviosidade e menor incidência de nuvens; além disso, observou-se a ausência de chuvas três dias antes das datas estudadas (Sabesp, 2022). Visto que, como ressalta Santana et al. (2016), o índice EVI é influenciado pela quantidade de água na vegetação ao dizer que o EVI aplicado à Mata Atlântica aumenta nos períodos de chuva e diminui sua resposta na época de seca.

Imagens multitemporais de Sensoriamento Remoto, transformadas em índices de vegetação, são ferramentas poderosas usadas para monitorar mudanças ocorridas na cobertura vegetal (Karnieli et al., 2002). O índice EVI, proposto por Huete et al. (1997), está diretamente relacionado às variações de cobertura verde, o que permite o estudo do vigor da vegetação. Como explica Justice et al. (1998), ao utilizar as bandas do azul, vermelho e infravermelho próximo, o EVI minimiza os efeitos de resposta do solo e atmosfera, como também apresenta alta resposta a variações fenológicas. Na Equação 1 há o cálculo do EVI para o sensor OLI Landsat-8.

$$(1) \text{ EVI} = 2,5 \frac{B5 - B4}{B5 + 6 \cdot B4 - 7,5 \cdot B2 + 1}$$

A etapa seguinte consistiu na aplicação do EVI em todas as imagens. Ademais, como mostra o trabalho de Bayma (2015), o índice pode identificar desmatamento no Cerrado, ou na Mata Atlântica, como informam Tramontina et al. (2019). Além disso, o EVI pode ser utilizado para determinar limiares de desmatamentos na Mata Atlântica e sua aplicação é principalmente útil quando se trata de grandes áreas florestais, onde é possível obter a resposta espectral de pixels considerados puros (Tramontina et al. 2019). Assim, de forma empírica,

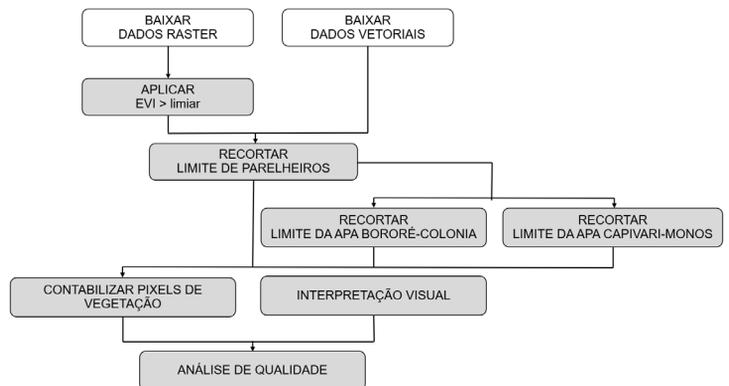


Figura 2. Fluxograma da metodologia

um limiar foi encontrado e imagens binárias foram geradas, onde os pixels em branco correspondem ao bioma estudado. Utilizando o arquivo vetorial, a área de interesse foi delimitada e contabilizaram-se os pixels de vegetação arbórea ao longo dos anos na subprefeitura de Parelheiros; em seguida, delimitaram-se as APA Bororé-Colônia e Capivari-Monos, pertencentes à subprefeitura, para então contabilizar a proporção de vegetação em cada uma das APA.

Ao final, uma análise quantitativa e qualitativa foi realizada para a validação do método. Essa etapa consistiu na interpretação visual de 1/8 de cada imagem, na qual os pixels foram classificados como vegetação (1) ou não vegetação (0), gerando uma imagem binária tida como verdade. Em seguida, a acurácia (Equação 2) e o índice Kappa (Equação 3) foram calculados. A acurácia mede o total de pixels classificados corretamente e divide pelo número total de pixels da imagem, definindo o quão corretamente o modelo consegue classificar (Silva, 2018), sendo que o melhor resultado é próximo de 1 e o pior próximo de 0.

$$(2) \text{ Acurácia} = \frac{\text{total de acertos}}{\text{total de pixels}}$$

O coeficiente Kappa proposto por Cohen (1960) trata-se de um método estatístico para avaliar o nível de concordância ou reprodutibilidade entre dois conjuntos de dados, como explicam Rennó (1995), “este coeficiente supõe que parte do acerto total poderia ser devido ao acaso e, portanto, o coeficiente Kappa estima a proporção de acerto que efetivamente ocorre”. Na Equação 3 há a formulação do coeficiente Kappa, que varia de 1 a valores menores do que 1, podendo ser negativos, sendo que quanto mais próximo de 1, melhor a classificação.

$$Kappa = \frac{\rho_0 - \rho_e}{1 - \rho_e} \quad (3)$$

Onde

$$\rho_0 = \frac{\text{total de acertos}}{\text{total de pixels}}$$

e

$$\rho_e = (Pr(A) * Pp(A)) + (Pr(B) * Pp(B)) + \dots$$

$Pr(X)$ = Probabilidade do valor real ter a classe X

$Pp(X)$ = Probabilidade do valor predito ter a classe X

Resultados e discussão

O aumento da área desmatada no extremo sul de São Paulo tem sido relatado em vários trabalhos (Ministério Público do Estado de São Paulo, 2022, Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente, 2021, Dossiê da Devastação da Mata Atlântica no Município de São Paulo, 2020). Com base nisso, se estudou a viabilidade do índice EVI para acompanhar o dimensionamento de mata nativa ao longo do tempo na subprefeitura de Parelheiros e nas duas APA, Bororé-Colônia e Capivari-Monos. O primeiro procedimento consistiu em calcular o índice EVI para cada data e em seguida, de forma empírica, admitiu-se como vegetação arbórea valores acima de 2,5, resultando nos mapas da Figura 3.

A proporcionalidade de vegetação sobre a área (Fig. 4) mostrou que ao longo dos anos a vegetação ocupou de 70% a 80% de Parelheiros, exceto em 2016, quando apenas 65% dos pixels foram registrados como vegetação. Esse comportamento também foi registrado nas APA, onde em 2016 registrou-se 61% de vegetação em Bororé-Colônia e 70% em Capivari-Monos. O motivo do desvio se deve ao baixo vigor da vegetação ocasionado pelas geadas em julho de 2016 (Portal do Instituto de

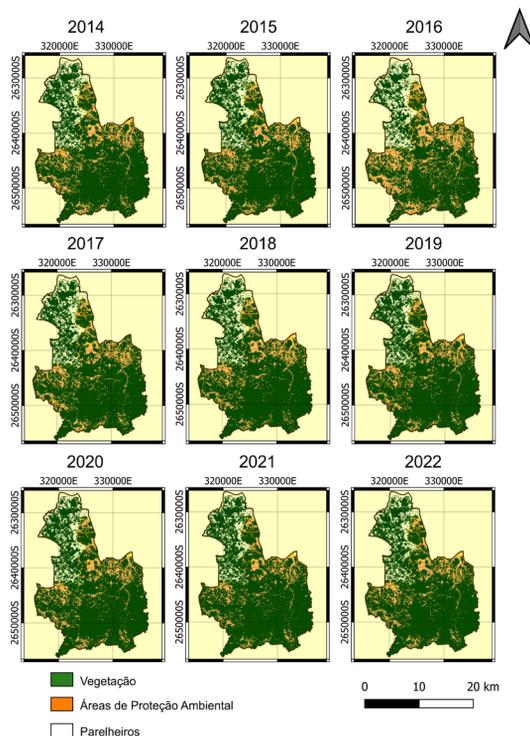


Figura 3. Áreas detectadas como vegetação arbórea em Parelheiros, APA Bororé-Colônia e APA Capivari-Monos de 2014 a 2022

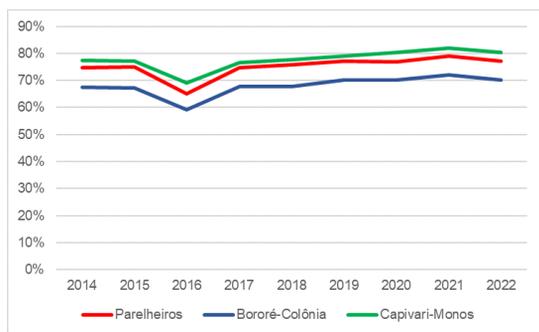


Figura 4. Proporção de vegetação arbórea detectada em Parelheiros, Bororé-Colônia e Capivari-Monos de 2014 a 2022

Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, 2016).

Qualitativamente, o resultado apresentado pela limiarização do EVI se mostrou eficaz ao distinguir a vegetação arbórea dos demais alvos, além disso, não foram constatadas áreas de silvicultura na região, implicando uma detecção, em sua maioria, de floresta nativa. Na Figura 5, por exemplo, ao fundo aparece a imagem de 2014, em composição R3G4B5, sendo sobreposta pela camada resultante do processamento. Na Figura 5a, pixels classificados como vegetação arbórea assumiram a cor verde e os demais transparentes para melhor visualização; na Figura 5b ressalta-se o contrário, ao mostrar a vegetação e os demais alvos na cor marrom.

Devido às dimensões da área, tomou-se 1/8 de cada imagem para a interpretação visual seguida da análise qualitativa. A primeira métrica calculada foi a acurácia, que obteve ótimos valores acima de 93%, como mostra a Tabela 2. Com relação ao Kappa (Tab. 2) os valores foram um pouco menores, mas maiores que 86%, validando o método proposto no trabalho.

Tabela 2. Valores de Acurácia e Kappa. Fonte: os autores

Ano	Acurácia	Kappa
2014	95,4%	89,6%
2015	95,2%	88,0%
2016	93,2%	86,2%
2017	96,1%	90,2%
2018	96,3%	90,1%
2019	95,3%	89,1%
2020	95,2%	87,9%
2021	95,9%	89,1%
2022	96,0%	90,1%

A aplicação e limiarização do EVI em imagens Landsat-8 se mostrou eficaz na detecção da Mata Atlântica; no entanto, apesar de estudos (Ministério Público do Estado de São Paulo, 2022, Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente, 2021, Dossiê de Devastação da Mata Atlântica no Município de São Paulo, 2020) apontarem o desmatamento ilegal da região, não foi possível observar uma mudança significativa na cobertura arbórea em Parelheiros durante o período. Ressalte-se que esse trabalho não implica a não-incidência de desmatamentos, mas mostra que as áreas desmatadas não foram expressivas diante da resolução espacial de 30 m do Landsat-8.

Considerações Finais

Realizou-se uma análise espaço-temporal da cobertura de Mata Atlântica na subprefeitura de Parelheiros, cidade de São Paulo, no período de 2014 a 2022, com base em diversas ocorrências de desmatamento e loteamento ilegal na região. Foram utilizadas imagens multiespectrais do satélite Landsat-8 e arquivos vetoriais do Portal GeoSampa. A aplicação do Índice de Vegetação Melhorado (EVI) nas imagens permitiu diferenciar com êxito

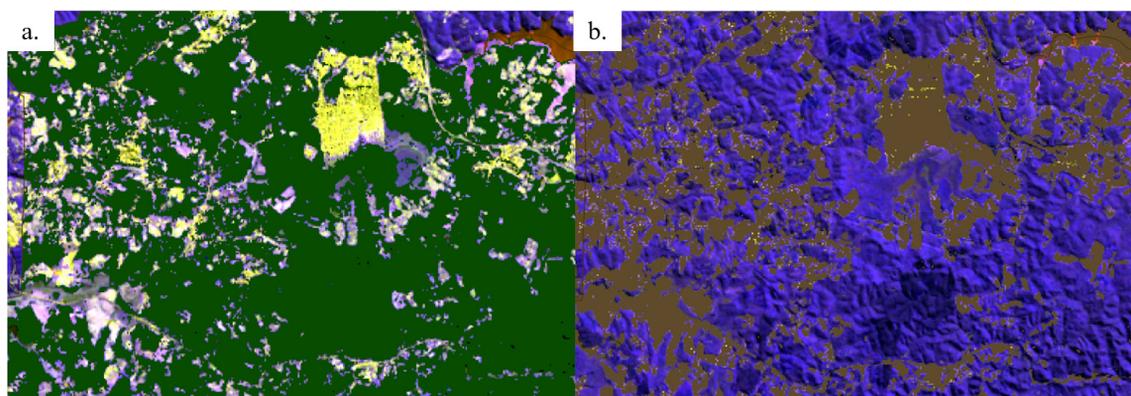


Figura 5. Imagem de 2014 na composição R3G4B5: (a) em verde área classificada como vegetação arbórea (b); em marrom área classificada como não vegetação arbórea

a vegetação arbórea dos demais alvos, tendo a acurácia variado de 93,2% a 96,3% e o índice Kappa de 86,2% a 90,2% no intervalo estudado. Ademais, foi percebido que a classe preenche cerca de 70% a 80% da subprefeitura, sendo que nas APA o valor foi de aproximadamente 61% em Bororé-Colônia e 70% em Capivari-Monos.

Os resultados não mostram um expressivo decaimento da área de Mata Atlântica ao longo dos anos, porém em 2016 o vigor da vegetação diminuiu devido às baixas temperaturas registradas no ano. A metodologia foi eficaz na detecção da Mata Atlântica, mas devido à resolução espacial de 30 metros das imagens de Landsat-8, a percepção de

desmatamento na região ficou comprometida. Portanto, sugere-se um aperfeiçoamento da pesquisa utilizando sensores de melhor resolução.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento do trabalho; à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista (FCT/UNESP) e à Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas (FEAgri/Unicamp) pelo apoio e instruções acadêmicas para o desenvolvimento do artigo.

Taxonomia CRediT: • Contribuições dos autores: Conceitualização; Curadoria de dados; Análise formal; Investigação; Metodologia; Administração do projeto; Recursos; Supervisão; Validação; Visualização; Escrita – rascunho original; Escrita – revisão & edição: Thamires Gil Godoy, Daniel José Padovani Ederli, Isabella Alves da Cunha, Arthur Massagardi. • Financiamento: Não aplicável. • Conflitos de interesse: Os autores certificam que não têm interesse comercial ou associativo que represente um conflito de interesses em relação ao manuscrito. • Aprovação ética: Não aplicável. • Disponibilidade de dados e material: Disponível no próprio texto. • Reconhecimentos: Agradecimentos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES); à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista (FCT/UNESP) e à Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas (FEAgri/Unicamp).

Referências

- Ab'Sáber, A. N. (1957). *Geomorfologia do Sítio Urbano de São Paulo*. São Paulo (SP): Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo (USP). (Tese Doutorado). URL: <https://repositorio.usp.br/item/000721645>. Acesso 05.01.2023.
- Almeida, F. F. M. de. (2018). Fundamentos geológicos do relevo paulista. *Revista do Instituto Geológico*, 39(3), 9-75. doi: 10.33958/revig.v39i3.600.
- Alves, P. H. C. S., Lima, E. S. de, & Veloso, G. A. (2022). Dinâmica do desmatamento na terra indígena Apyterewa mediante a aplicação de técnicas de Sensoriamento Remoto. *Boletim Paranaense de Geociências*, 80(1). doi: 10.5380/geo.v80i1.82790.
- Bayma, A. P. (2015). *Análise do potencial de séries temporais de índices de vegetação (NDVI e EVI) do sensor Modis para detecção de desmatamentos no bioma Cerrado*. Brasília: Instituto de Geociências, Universidade de Brasília. Repositório Institucional da UnB. URL: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/18115>. Acesso 13.06.2023.
- Centro de Estudos da Metrópole. (2016). *Relatório 1. Sistematização de informações relativas à precariedade e ao déficit habitacional e correção de bases de favelas e loteamentos*. São Paulo (SP): Secretaria Municipal de Habitação e Regularização Fundiária (SEHAB). URL: https://centrodametropole.fflch.usp.br/sites/centrodametropole.fflch.usp.br/files/user_files/ckeditor/relatorio1_CEMShab2016.pdf. Acesso 12.06.2023.
- Cohen, J. A. (1960). Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Nova York: Educational and Psychological Measurement*. 20(1), 37-46. doi: /10.1177/001316446002000104.
- Dossiê da Devastação da Mata Atlântica no Município de São Paulo. (2019). *A devastação da Mata Atlântica no município de São Paulo*. São Paulo (SP): Câmara Municipal de São Paulo. URL: <https://natalini.com.br/dev/wp-content/uploads/2019/08/Dossie-Versao-Final-14-8.pdf>. Acesso 13.06.2023.
- Dossiê da Devastação da Mata Atlântica no Município de São Paulo. (2020). *A devastação da Mata Atlântica no município de São Paulo*. São Paulo (SP): Câmara Municipal de São Paulo. URL: https://natalini.com.br/dev/wp-content/uploads/2020/04/FINAL_Dossie2_VersaoFinal.pdf. Acesso 13.06.2023.
- Epiphany, J. C. N., Gleriani, J. M., Formaggio, A. R., & Rudorff, B. F. T. (1996). Índices de vegetação no Sensoriamento Remoto da cultura do feijão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 31(6), 445-454.
- Fundação João Pinheiro. (2020). *Deficit Habitacional no Brasil 2016-2019*. Belo Horizonte (MG): Fundação João Pinheiro. URL: http://fjp.mg.gov.br/wp-content/uploads/2021/04/21.05_Relatorio-Deficit-Habitacional-no-Brasil-2016-2019-v2.0.pdf. Acesso 13.06.2023.
- GeoSampa (2022). *Mapa Digital da Cidade de São Paulo*. São Paulo (SP): Prefeitura de São Paulo. URL: https://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx. Acesso 14.06.2023.
- Huete, A. R., Liu, H. Q. & van Leeuwen, W. J. D. (1997). *The use of vegetation indices in forested regions: issues of linearity and saturation*. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium Proceedings. Remote Sensing. A Scientific Vision for Sustainable Development. 4, 1966-1968. doi: 10.1109/IGARSS.1997.609169.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2021). *Cidades e Estados*. Rio de Janeiro: IBGE. URL: <https://www.ibge.gov.br/cidades-c-estados/sp/sao-paulo.html>. Acesso 20.12.2023.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (2018). *Agricultura urbana na cidade de São Paulo: uma*

- análise exploratória dos distritos de Parelheiros e Marsilac.* São José dos Campos: INPE, Programa de Pós Graduação em Sensoriamento Remoto (PPG-SR). URL: http://wiki.dpi.inpe.br/lib/execute.php?media=cst310poepa:trabalho_final_gisleine_szeri_2018.pdf. Acesso 12.06.2023.
- Ivo, I. O., Biudes, M. S., Machado, N. G. & Pavão, V. M. (2018). Influência do desmatamento no índice de área foliar e temperatura da superfície no cerrado mato-grossense. *Nativa*, 6(4). doi: 10.31413/nativa.v6i4.5367.
- Justice, C. O., Vermote, E., Townshend, J. R. G., Defries, R., Roy, D. P., Hall, D. K., Salomonson, V. V., ... & Barnsley, M. J. (1998). The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research. *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 36(4), 1228-1249. doi: 10.1109/36.701075.
- Jensen, J. R. (2014). *Remote Sensing of the Environment an Earth Resource Perspective*. Harlow: Pearson. 384p.
- Karnieli, A., Gabai, A., Ichoku, C., Zaady, E., Shachak, M. (2002). Temporal dynamics of soil and vegetation spectral responses in a semi-arid environment. *International Journal of Remote Sensing*, 23(19), 4073-4087. doi: 10.1080/01431160110116338.
- Mello-Théry, N. A. (2011). Conservação de áreas naturais em São Paulo. *Estudos Avançados (Online)*, 25(71). 175-188. doi: 10.1590/S0103-40142011000100012.
- Ministério Público do Estado de São Paulo (MPSP). (2022). Gecap denuncia 13 por loteamento irregular de área protegida na Represa de Guarapiranga. São Paulo (SP): MPSP URL: <https://www.mpsp.mp.br/w/gecap-denuncia-13-por-loteamento-de-%C3%A1rea-protegida-na-represa-de-guarapiranga>. Acesso 27.12.2022.
- Nimer, E. (1977). Clima. In: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (1977). *Geografia do Brasil*. Rio de Janeiro. Centro de Serviços Gráficos. v.1, p. 47-84.
- Portal do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG/USP). (2016). *Manhã de 13/06/2016 é a mais fria do século XXI até agora*. São Paulo: IAG/USP. URL: <https://www.iag.usp.br/noticia/estacao-meteorologica-menor-temperatura-2016-06-13>. Acesso 27.12.2022.
- Prefeitura de São Paulo. (2018). *Histórico da Região de Parelheiros*. São Paulo: Cidade de São Paulo (Subprefeitura Parelheiros). URL: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/governo/arquivos/historico_parelheiros.pdf. Acesso 12.06.2023.
- Prefeitura de São Paulo. (2021). *Situação das ocupações na cidade de São Paulo*. Cidade de São Paulo (Subprefeitura Parelheiros). URL: <https://polis.org.br/wp-content/uploads/2021/06/Situacao-das-ocupacoes-na-cidade-de-Sao-Paulo.pdf>. Acesso 12.06.2023.
- QGIS. (2022). Descubra o QGIS. URL: https://www.qgis.org/pt_BR/site/about/index.html. Acesso 12.06.2023.
- Renno, C. D. (1995). *Avaliação de medidas texturais na discriminação de classes de uso utilizando imagens SIR-C/X-SAR do perímetro irrigado de Bebedouro, Petrolina, PE*. São José dos Campos (SP): Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). (Dissert. Mestrado). URL: <http://urlib.net/6qtX3pFwXQZ3P8SECKy/BmUKk>. Acesso 13.06.2023.
- Ribeiro, R. R. (2004). *Evolução geomorfológica da Serra de Cubatão, em São Paulo*. São Paulo (SP): Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP). (Dissert. Mestrado). URL: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44136/tde-17032014-110052/pt-br.php>. Acesso 12.06.2023.
- Sabesp. (2022). *Portal dos Mananciais. Dados dos Sistemas Produtores*. São Paulo: Sabesp. URL: <https://mananciais.sabesp.com.br/HistoricoSistemas?SistemaId=2>. Acesso 22.06.2023.
- Santos, A. H. B., & Oliveira, D. (2015). Impactos oblíquos e a gênese da assimetria geomorfológica da Cratera de Colônia (São Paulo, SP) a partir de morfometria e dados geofísicos. *Territórios Brasileiros: Dinâmicas, Potencialidades e Vulnerabilidades*. 4(3). 2114-2120.
- Santana, M. F., Delgado, R. C., Júnior, J. F. O., Gois, G. & Teodoro, P. E. (2016). Variabilidade da Mata Atlântica baseado no índice EVI e variáveis climáticas em Cunha, SP. *Revista de Ciências Agroambientais*, 14(1). doi: 10.5327/rcaa.v14i1.1264.
- Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente (SIMA). (2021). *Operação impede construção irregular no extremo sul da capital*. São Paulo: Prefeitura de São Paulo. URL: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/2021/07/operacao-impede-construcao-irregular/>. Acesso 12.06.2023.
- Silva, D. M. (2018). *Classificação de lavouras por aprendizagem profunda com dados de sensores remotos*. Brasília (DF): Faculdade UnB Gama, Univ. de Brasília. (Trab. Concl. Curso). URL: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/21556/1/2018_DanielMouraDaSilva_tcc.pdf. Acesso 12.06.2023.
- SOS Mata Atlântica (2017). *Estudo aponta municípios de São Paulo que mais regeneraram a Mata Atlântica*. Fund. SOS Mata Atlântica. Máquina Cohn & Wolfe. URL: <https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2017/01/Regeneracao-SP-fev17.pdf>. Acesso 12.06.2023.
- Tramontina, J., Kuplich, T. M., Saldanha, D. L., Alba, E., Marchesan, J., & Pereira, R. S. (2019). *Séries temporais de índices de vegetação do sensor MODIS para detecção de limiares de desmatamento no bioma Mata Atlântica*. In: Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos (SP): Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). URL: <http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2019/09.06.17.32/doc/97369.pdf>. Acesso 22.12.2022.
- Tremea, A., Gallo, J., & Silva, A. J. F. da. (2020). Análise espaço-temporal do desmatamento via Sensoriamento Remoto no projeto de assentamento Santa Júlia, sudoeste do estado do Pará. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*, 9(19). doi: 10.5380/geo.v80i1.82790.
- United States Geological Survey (USGS). (2022). *Earth Explore*. Washington, DC: USGS. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso 12.06.2023.