APLICAÇÃO DO NDVI (ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA) NO RIO GANHAMOROBA NO PERÍMETRO URBANO DE MARUIM - SE

Leandro Ramos Pinheiro[1]; Leina Santos Costa [2]; Nyvia Maria Santos Ribeiro Saturnino[3]; Ângelo Diego de Góes Silva[4] & Roger Dias Gonçalves[5]

RESUMO – O sensoriamento remoto multiespectral por meio de aeronaves remotamente pilotadas (RPA) tem se consolidado como uma ferramenta eficaz para o monitoramento ambiental em escala local. Este estudo teve como objetivo aplicar o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para avaliar a condição da vegetação ciliar em um trecho do rio Ganhamoroba, no perímetro urbano do município de Maruim, Sergipe. Imagens multiespectrais foram processadas para geração de ortomosaico e cálculo do NDVI. Os resultados revelaram distribuição heterogênea da cobertura vegetal: as porções central e sul apresentaram mata ciliar preservada, com NDVI entre 0,6 e 0,8, indicando vegetação desenvolvida e saudável (coqueiros e palmeiras), enquanto a porção norte exibiu fragmentação e degradação associadas à pressão antrópica (pastagens), com NDVI entre 0,15 e 0,4, nas bordas da mata ciliar, ocorre vegetação espassa (arbustos e gramíneas), com NDVI entre 0,3 e 0,5, nos corpos d'água apresenta valores abaixo de 0,1 e nas porções com solos exposto apresenta NDVI abaixo de 0,1. Os resultados evidenciam que a supressão da vegetação ciliar contribui para processos erosivos, assoreamento do canal e aumento da vulnerabilidade a enchentes. O NDVI constitui uma ferramenta rápida e precisa para subsidiar ações de recuperação de APPs, planejamento territorial e gestão sustentável.

ABSTRACT – Multispectral remote sensing using remotely piloted aircraft (RPA) has established itself as an effective tool for environmental monitoring at a local scale. This study aimed to apply the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to assess the condition of riparian vegetation along a stretch of the Ganhamoroba River, within the urban area of the municipality of Maruim, Sergipe. Multispectral images were processed to generate an orthomosaic and calculate the NDVI. The results revealed a heterogeneous distribution of vegetation cover: the central and southern portions presented preserved riparian forest, with NDVI between 0.6 and 0.8, indicating developed and healthy vegetation (coconut trees and palms), while the northern portion exhibited fragmentation and degradation associated with anthropic pressure (pasturelands). At the edges of the riparian forest, sparse vegetation (shrubs and grasses) occurs, with NDVI between 0.3 and 0.5. Water bodies and areas with exposed soil presented NDVI values below 0.1. The results evidence that the suppression of riparian vegetation contributes to erosive processes, channel siltation, and increased vulnerability

[1]) Departamento de Geologia, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brasil. ramosleandro012@academico.ufs.br
[2]) Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brasil. leinasantos@academico.ufs.br
[3]) Grupo de Pesquisas Hidrogeológicas e Ambientais, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brasil. nyviasaturnino@academico.ufs.br
[4]) Programa de pós-graduação em geociências e análise de bacias (PGAB), Universidade federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brasil. contato.minerar.se@gmail.com
[5]) Departamento de Geologia, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brasil. roger.dias@academico.ufs.br

to flooding. It is concluded that the NDVI constitutes a fast and accurate tool to support Permanent Preservation Area (APP) recovery actions, territorial planning, and sustainable management of water resources.

Palavras-Chave – Sensoriamento remoto; NDVI; Aeronaves remotamente pilotadas (RPA).

INTRODUÇÃO

A evolução das geotecnologias tem permitido o preenchimento de lacunas no monitoramento de ecossistemas, especialmente em escala local. Embora o uso de satélites tenha consolidado o mapeamento de grandes áreas, a gestão ambiental detalhada exige um nível de precisão que essas plataformas muitas vezes não suprem devido à baixa resolução espacial das imagens e à interferência de nuvens. Nesse sentido, as Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA), popularmente conhecidas como drones, equipadas com sensores multiespectrais, surgem como uma alternativa viável, possibilitando a coleta de dados com resolução centimétrica e flexibilidade (SONG et al., 2024; WAVREK et al., 2023).

Dentre os produtos derivados do sensoriamento remoto multiespectral, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) destaca-se como um dos indicadores mais consolidados e amplamente aplicados em estudos ambientais (HAJDUKIEWICZ et al., 2026; RUSNÁK et al., 2022). O princípio físico do índice fundamenta-se no comportamento espectral contrastante da vegetação fotossinteticamente ativa, enquanto a clorofila absorve fortemente a radiação na faixa do vermelho para a realização da fotossíntese, a estrutura das folhas promove alta reflectância no infravermelho próximo. Como resultado, valores de NDVI variam de -1 a 1, sendo que valores próximos a 1 indicam vegetação desenvolvida e saudável, valores próximos a 0 representam solo exposto ou vegetação esparsa, e valores negativos caracterizam corpos d'água e superfícies urbanizadas (PONZONI & SHIMABUKURO, 2009; JENSEN, 2009).

No contexto do monitoramento de rios urbanos, o NDVI aplicado a imagens de alta resolução espacial obtidas por RPA permite uma série de análises cruciais para a gestão ambiental (WIKANTIYOSO et al., 2026). A vegetação ciliar (mata ao longo dos cursos d'água) desempenha funções fundamentais na preservação de margens fluviais e a avaliação da condição dela ao longo de trechos fluviais permanece carente de estudos com resolução espacial detalhada. Nesse sentido, a aplicação do NDVI obtido por RPA oferece vantagens em relação a satélites, com resolução espacial centimétrica e independência condições atmosféricas.

OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo principal analisar a cobertura vegetal nas margens do Rio Ganhamoroba na área urbana do Município de Maruim em Sergipe, utilizando técnicas de sensoriamento remoto e processamento digital de imagens obtidas por Aeronave Remotamente Pilotada, para identificar as características locais por meio do processamento de bandas espectrais e do cálculo Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Maruim está inserido na microrregião do Baixo Cotinguiba, mesorregião do Leste Sergipano, situado a aproximadamente 30 km da capital Aracaju, com clima tropical quente úmido, com vegetação predominante de Mata Atlântica, manguezais e caatinga (BARROS et al., 2015a). O Rio Ganhamoroba, principal curso d'água do município, nasce no antigo Engenho Mato Grosso de Cima, no município de Divina Pastora, e percorre pouco mais de 21 km até desaguar no Rio Sergipe (BARROS et al., 2015a). Trata-se de um afluente da margem esquerda do Rio Sergipe, cuja bacia hidrográfica drena aproximadamente 16,7% do território sergipano, correspondendo a 3.673 km² e abrangendo 26 municípios (FIGUEIREDO; MAROTI, 2011).

A sub-bacia do Ganhamoroba compreende os municípios de Maruim, Divina Pastora e Santo Amaro das Brotas, recebendo contribuição de 18 canais afluentes, com destaque para os riachos Mato Grosso, Mocambo e Tiloto (BARROS et al., 2015b). No trecho urbano de Maruim, o rio apresenta avançado estado de degradação ambiental, com supressão progressiva da vegetação ciliar, assoreamento do leito e lançamento de efluentes domésticos, situação agravada pela ocupação desordenada das margens, contexto que culminou na enchente de 2008, evento que destruiu 52 residências e desalojou mais de 400 pessoas (BARROS et al., 2015a). Esse quadro reforça a necessidade de monitoramento contínuo da cobertura vegetal ciliar ao longo do trecho urbano do rio, justificando a escolha da área como objeto do presente estudo. A Figura 1 apresenta a área de estudo.

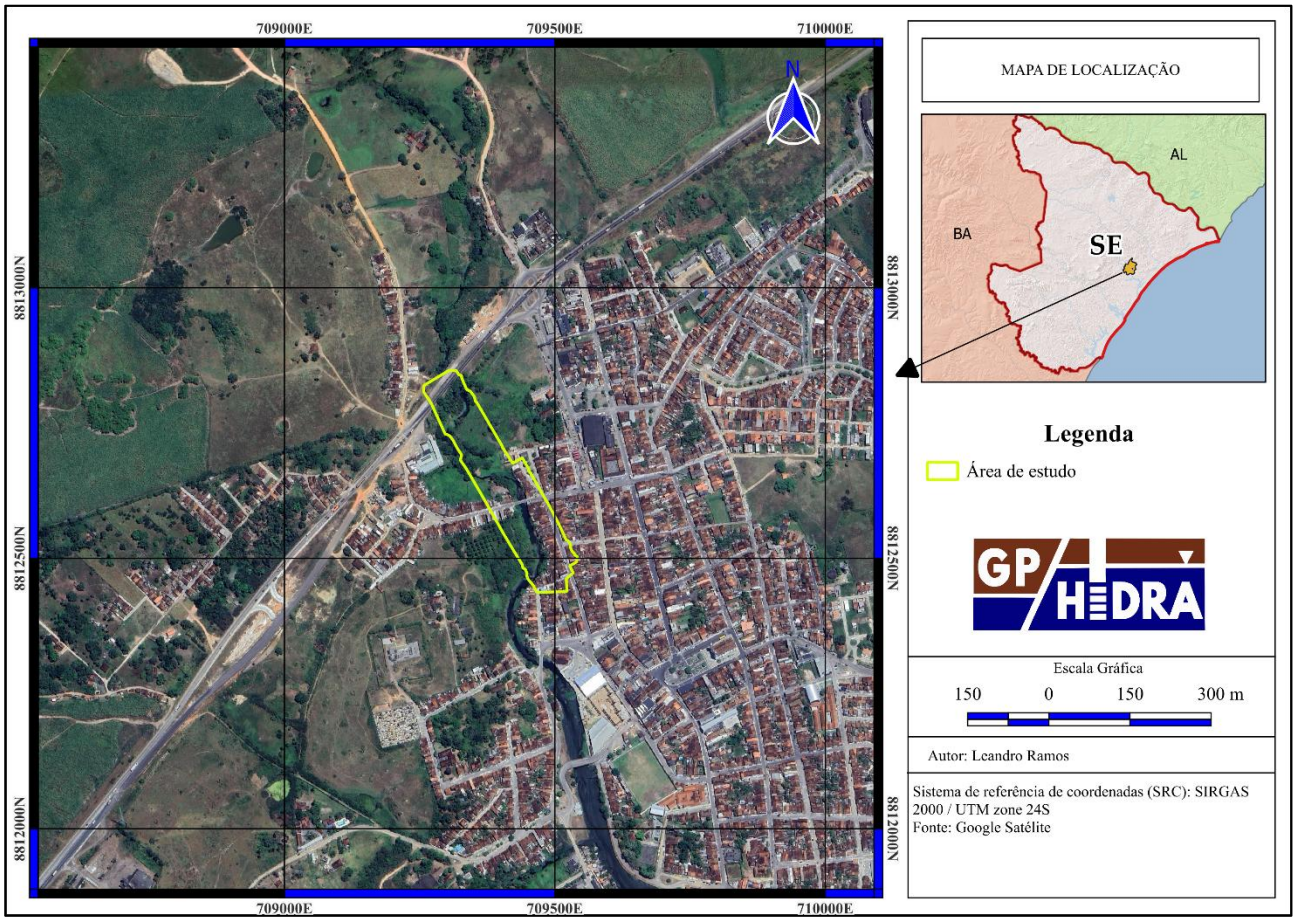


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.

O processamento dos dados deste trabalho iniciou-se com a fotogrametria das imagens obtidas por RPA, com o modelo *DJI Mavic 3 Multispectral* em 16 de fevereiro de 2026 ao longo do rio Ganhamoroba. O ortomosaico multiespectral foi gerado no software Agisoft Metashape Professional, integrando as bandas Verde (G), Vermelho (R), Vermelho próximo (RE) e Infravermelho Próximo (NIR), os valores espectrais das bandas consta na Tabela 1. O ortomosaico para visualização foi gerado integrando as bandas Vermelho (R), Verde (G) e Azul (B).

Tabela 1 – Tabela de faixa espectral das bandas da câmera multiespectral.

Banda	**Faixa de câmera multiespectral**
Verde (G)	560 ± 16 nm
Vermelho (R)	650 ± 16 nm
Vermelho próximo (RE)	730 ± 16 nm
Infravermelho próximo (NIR)	860 ± 26 nm

Posteriormente, o produto raster foi importado para o *software QGIS* (versão 3.40.1), onde se procedeu o processamento das bandas via calculadora Raster. Para a avaliação do vigor vegetativo, aplicou-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), conforme a equação proposta por Rouse et al. (1973).

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

A partir do raster gerado, procedeu-se à análise visual dos elementos da paisagem com base no ortomosaico e nos valores de reflectância das bandas espectrais. O NDVI foi calculado para o intervalo teórico de -1 a 1; contudo, dado que os resultados obtidos se concentraram em valores positivos, optou-se por restringir a visualização cartográfica ao intervalo de 0 a 1, de modo a ampliar o contraste visual entre as classes de cobertura identificadas. Os valores foram então classificados e representados em mapas georreferenciados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta o ortomosaico do trecho do rio Ganhamoroba na área urbana de Maruim, enquanto a Figura 3 ilustra a distribuição espacial do NDVI ao longo da mesma área. Como os valores negativos do índice foram inexpressivos na área de estudo, o mapa de NDVI foi elaborado considerando o intervalo de 0 a 1, favorecendo a diferenciação visual entre as classes de cobertura identificadas.

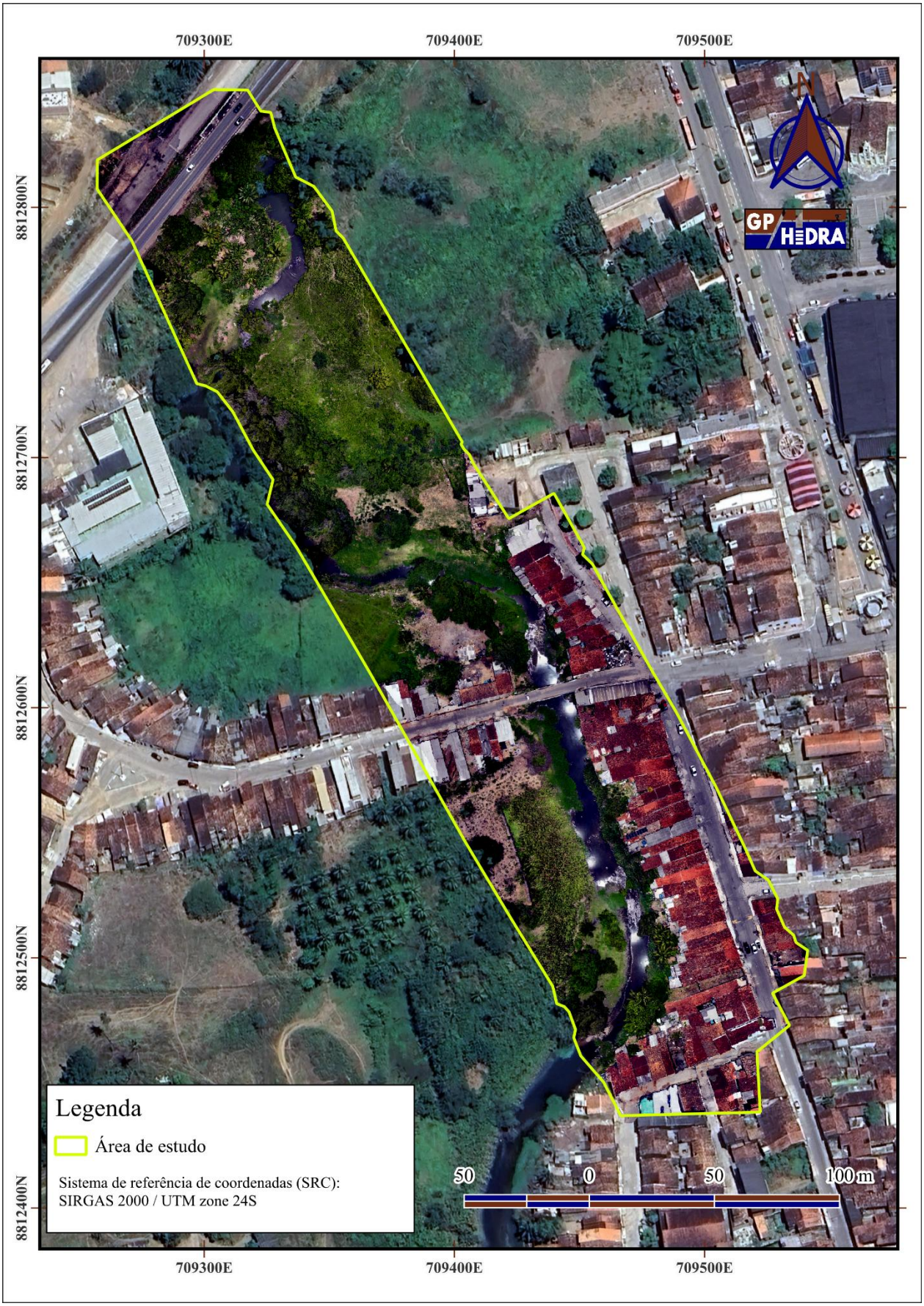


Figura 2 - Mapa de ortomosaico.

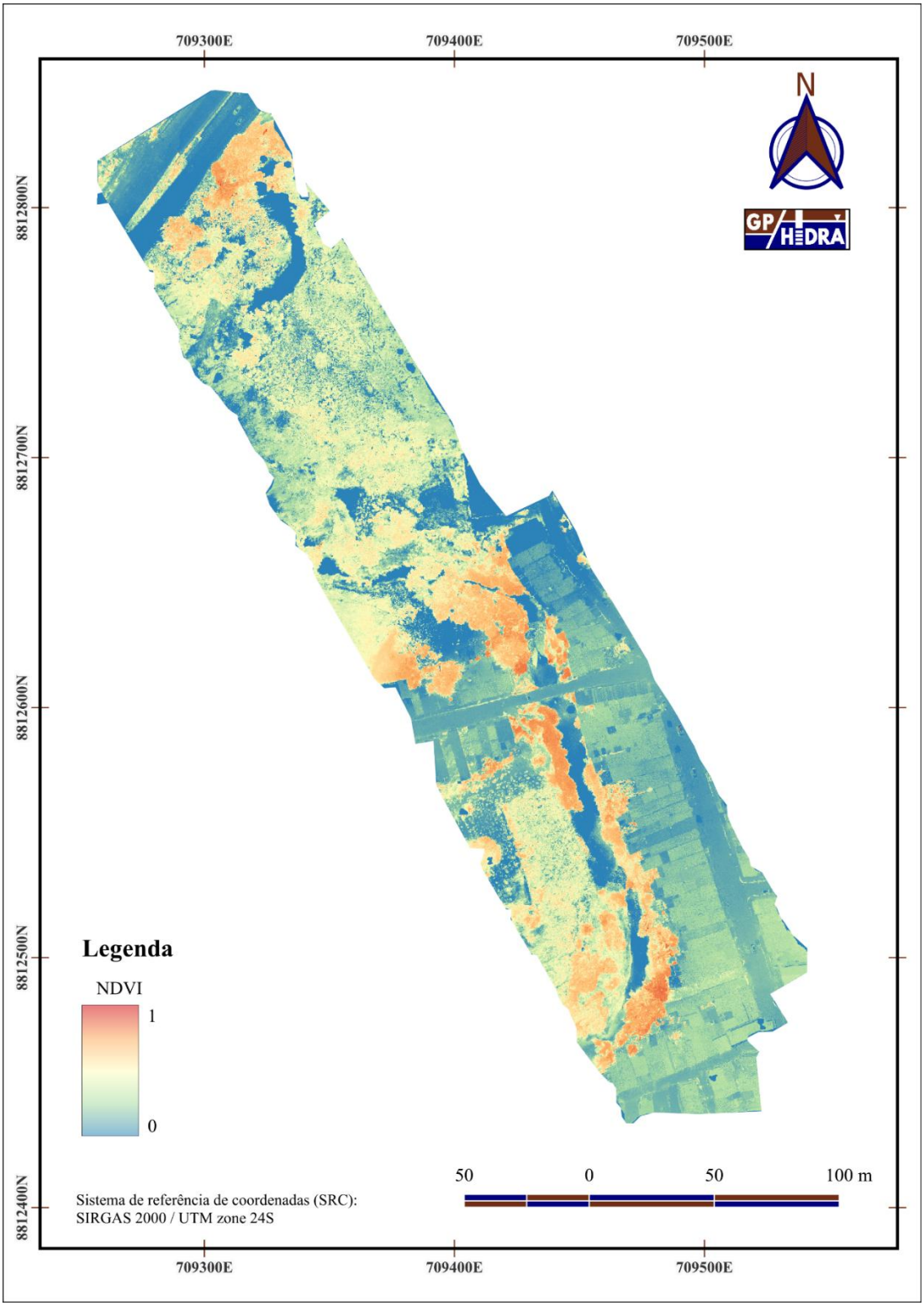


Figura 3 - Mapa de NDVI.

A vegetação mais desenvolvida, composta por mata ciliar com árvores de grande porte e palmeiras, apresentou valores de NDVI superiores a 0,5, com maior concentração em torno de 0,8, refletindo elevado vigor vegetativo e atividade fotossintética intensa. Espacialmente, essas áreas distribuem-se de forma heterogênea: na porção norte, ocorrem em fragmentos isolados com

predominância de coqueiros, enquanto nas porções central e sul a mata ciliar se apresenta mais larga e contínua, cobrindo extensões maiores. Valores próximos a 1 indicam vegetação densa e em pleno desenvolvimento.

Nas bordas da mata ciliar, observa-se vegetação composta predominantemente por arbustos e gramíneas, com NDVI entre 0,3 e 0,5. Essa classe forma um contorno ao redor da mata desenvolvida e ocorre também em frações isoladas na porção central da área. Áreas com predomínio de gramíneas associadas a pastagens registraram NDVI entre 0,15 e 0,4. Essas feições são predominantes na porção norte, onde a mata ciliar se reduz a porções isoladas. Os valores de NDVI mais baixos refletem a menor porção deste tipo de vegetação e a maior exposição do solo mesclado à vegetação. Pontos com solo exposto apresentam NDVI abaixo de 0,1. Essas ocorrências concentram-se na região central, a oeste do ortomosaico, no contato com a área urbanizada, e em manchas dispersas na porção norte, associadas à degradação das pastagens e a processos erosivos nas margens do canal.

O canal fluvial e os corpos d'água apresentaram NDVI predominantemente inferior a 0,1, refletindo a baixa ou nula atividade fotossintética. Exceção ocorre nas porções a jusante do canal, onde valores entre 0,2 e 0,3 sugerem a presença atividade fotossintética na lâmina d'água. Em termos espectrais, o curso d'água apresenta assinatura contrastante em relação à vegetação das margens, o que facilita sua delimitação no mapa de NDVI. Registraram-se ainda ocorrências de *sun glint*, reflexo especular da luz solar na superfície da água, concentradas nos trechos onde a mata ciliar é mais esparsa e a lâmina d'água fica mais exposta à radiação direta. Nesses pontos, os valores de NDVI situam-se próximos de 0. A tabela abaixo apresenta uma síntese de elementos com seus respectivos NDVI.

Tabela 2 - Síntese de valores NDVI.

ELEMENTO	**NDVI**
Corpos d'água	< 0,1
Vegetação arbustiva	0,3 – 0,5
Pastagens	0,15 – 0,4
Solo exposto	< 0,1
Vegetação desenvolvida	> 0,5

O NDVI mostrou-se eficaz na diferenciação das classes de cobertura vegetal ao longo da área de estudo. Valores entre 0,6 e 0,8 caracterizaram a mata ciliar mais densa e preservada, com árvores de grande porte e palmeiras, refletindo elevada atividade fotossintética. A distribuição espacial dessas

áreas é heterogênea: enquanto as porções central e sul concentram os maiores fragmentos contínuos de mata ciliar, a porção norte exibe maior fragmentação associada à pressão antrópica. As zonas de transição, com NDVI entre 0,3 e 0,5, correspondem às bordas da mata ciliar e à vegetação arbustiva em processo de degradação. Pastagens (NDVI 0,15–0,4) e solo exposto (NDVI < 0,1) demarcam as áreas de maior interferência humana e menor preservação ambiental.

Os padrões espaciais observados no NDVI refletem diretamente o histórico de ocupação desordenada e degradação ambiental do trecho urbano do rio Ganhamoroba. A fragmentação da vegetação ciliar, especialmente na porção norte da área de estudo, contribui para a intensificação de processos erosivos, assoreamento do canal e redução da capacidade de retenção hídrica das margens. Além disso, a supressão da cobertura vegetal compromete funções ecossistêmicas essenciais, como a filtragem de poluentes, a estabilidade das margens e a regulação microclimática, aumentando a vulnerabilidade da população a eventos extremos, como enchentes. Nesse contexto, os resultados obtidos corroboram a necessidade de ações de restauração da mata ciliar e de controle da ocupação irregular das Áreas de Preservação Permanente (APPs), visando à melhoria da qualidade ambiental e à redução de riscos hidrológicos no município de Maruim.

CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou a eficácia do sensoriamento remoto multiespectral por RPA combinado a técnicas de geoprocessamento para o monitoramento da vegetação ciliar em ambiente urbano. O NDVI revelou-se uma ferramenta rápida, precisa e de alta resolução espacial para a classificação das classes de cobertura e a avaliação do estado de preservação da mata ciliar ao longo do rio Ganhamoroba.

Do ponto de vista ambiental, os resultados evidenciam que a degradação da vegetação ciliar no trecho urbano do rio Ganhamoroba representa um fator crítico para o agravamento de problemas como assoreamento, erosão das margens, contaminação hídrica e ocorrência de enchentes. Dessa forma, o monitoramento periódico por meio de imagens multiespectrais obtidas por RPA pode atuar como ferramenta estratégica para subsidiar políticas públicas de recuperação ambiental, ordenamento territorial e prevenção de desastres, contribuindo para a conservação dos recursos hídricos e para a melhoria da qualidade de vida da população local.

REFERÊNCIAS

BARROS, I. P.; LUCAS, A. A. T.; SILVA, M. S. F.; SANTOS, A. C. (2015a). *“Análise das causas e consequências da enchente do Rio Ganhamoroba em 2008 no espaço urbano do bairro Coelho do*

município de Maruim, SE" in Anais do VIII Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe, Aracaju, Out. 2015, 1, pp. 21-25.

BARROS, I. P.; LUCAS, A. A. T.; SILVA, M. S. F. (2015b). "*Potabilidade da água na sub-bacia hidrográfica do Rio Ganhamoroba, Maruim – Sergipe*". Saúde e Meio Ambiente 4(2), pp. 49-60.

FIGUEIREDO, A. V. A.; MAROTI, P. S. (2011). "*Bacia hidrográfica do Rio Sergipe: significado, identidade e escolha de usos a partir da percepção dos membros do Comitê (gestão 2008-2010)*". REDE – Revista Eletrônica do Prodema 7(2), pp. 22-41.

HAJDUKIEWICZ, H.; ZIELONKA, A.; HAJDUKIEWICZ, M.; WALUSIAK, E. (2026). "*UAV-based fine-scale monitoring reveals species-specific riparian responses to environmental changes*". Ecological Indicators 182, pp. 114573.

JENSEN, J. R. (2009). *Remote sensing of the environment: an earth resource perspective.* Pearson Education India, New Delhi, 613 p.

LEÃO, J. M.; ALMEIDA, L. T.; SOUZA, P. H.; COSTA, R. C. (2019). "*Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) no médio curso do Rio Ceará*". Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais 10(1), pp. 158-170.

NOVO, E. M. L. M. (2010). *Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações*. Blucher, São Paulo, 363 p.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. (2009). *Sensoriamento remoto da vegetação*. Oficina de Textos, São Paulo, 160 p.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. (1973). "*Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS*" in Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, Washington, DC, Dez. 1973, 1, pp. 309-317.

RUSNÁK, M.; COUFAKOVÁ, J.; GREŠKOVÁ, A.; MACURA, V. (2022). "*Remote sensing of riparian ecosystems*". Remote Sensing 14(11), pp. 2645.

SONG, F.; ZHANG, W.; YUAN, T.; LIU, C. (2024). "*UAV Quantitative Remote Sensing of Riparian Zone Vegetation for River and Lake Health Assessment: A Review*". Remote Sensing 16(19), pp. 1-29.

WAVREK, M. T.; REID, C. R.; NACKLEY, L. L. (2023). *"Drone remote sensing in urban forest management: A case study"*. Urban Forestry & Urban Greening 86, pp. 127978.

WIKANTIYOSO, R.; AINI, N.; TUTUKO, P.; TUTUKO, D. C. S. (2025). *"Drone-Informed Smart City Planning for Sustainable Urban River Corridors"* in Proceedings of International Conference of Graduate School on Sustainability, Malang, Jan. 2025, 10, pp. 23-37.