XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.6/60

Análise Geoespacial da Dinâmica Hídrica do Rio Una e Intervenções Antrópicas na Mitigação de Alagamentos em São José da Coroa Grande/PE

Elyverson A. A. O. de Jesus[1]
Graduando em Engenharia de Agrimensura e Cartografia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió/AL, Brasil, elyverson.jesus@ceca.ufal.br

Rosilene Mendonça Nicácio Jimenez[2]
Docente no Curso Engenharia de Agrimensura e Cartografia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió/AL, Brasil, rosilene.nicacio@ceca.ufal.br

RESUMO: A foz do rio Una, localizada em São José da Coroa Grande (PE), apresenta histórico de alagamentos intensificados por ações antrópicas. A bacia, que abriga ecossistemas sensíveis como manguezais e planícies de inundação, sofre com o avanço urbano desordenado e intervenções diretas, especialmente a abertura manual de canais na praia para facilitar o escoamento durante cheias. O entendimento e o monitoramento destas atuações antrópicas nos diversos ecossistemas são essenciais. Diante disto este trabalho tem como objetivo analisar a dinâmica espaço-temporal dos índices *NDVI* (N*ormalized Difference Vegetation Index*) e *NDWI* (*Normalized Difference Water Index*) e sua relação com intervenções antrópicas. Parte-se da hipótese de que alterações no uso e ocupação do solo, associadas à ausência de planejamento territorial, intensificam os riscos de inundação. A metodologia envolveu técnicas de geoprocessamento em ambiente SIG, utilizando imagens Landsat 5-TM. Foram analisadas duas datas: 15 de maio de 1986 (período chuvoso) e 26 de setembro de 2000 (período seco), considerando a variação sazonal. A mediana do índice NDVI da classe "vegetação" caiu de 0,570 (1986) para 0,538 (2000), variação coerente com a diferença entre períodos úmido e seco, refletindo maior vigor vegetativo em 1986. Por outro lado, o NDWI da classe "água" apresentou redução acentuada, passando de 0,376 (1986) para 0,009 (2000). Mesmo sob influência sazonal, a queda do valor sugere aumento da turbidez, aproximando a assinatura espectral da água à de solo úmido, podendo estar relacionado ao processo de assoreamento do canal. Essas alterações na cobertura do solo e o assoreamento do rio reduziram a capacidade de armazenamento e escoamento natural das águas. A análise espacial, aliada às observações de campo, mostrou que medidas de engenharia, como o muro de contenção à beira-rio, não acompanharam as transformações territoriais. A estrutura encontra-se degradada e é frequentemente galgada durante cheias, quando o nível do rio ultrapassa sua altura, demonstrando falha em sua função e contribuindo para a maior suscetibilidade a alagamentos. Conclui-se que o uso de geotecnologias é fundamental para o monitoramento temporal e para subsidiar políticas públicas voltadas à mitigação de desastres. Recomenda-se a adoção de Soluções Baseadas na Natureza (SbN), como a restauração de manguezais e a recuperação de várzeas, visando reduzir riscos de inundação e promover o planejamento sustentável da bacia.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento Remoto; Hidrologia; Intervenção antrópica.

ABSTRACT: The mouth of the Una River, located in São José da Coroa Grande (PE), has a history of intensified flooding due to human activities. The basin, which harbors sensitive ecosystems such as mangroves and floodplains, suffers from disordered urban expansion and direct interventions, especially the manual opening of channels on the beach to facilitate drainage during floods. Understanding and monitoring these human actions in the various ecosystems is essential. Therefore, this work aims to analyze the spatio-temporal dynamics of the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) and NDWI (Normalized Difference Water Index) and their relationship with human interventions. It is hypothesized that changes in land use and occupation, associated with the absence of territorial planning, intensify the risks of flooding. The methodology involved geoprocessing techniques in a GIS environment, using Landsat 5-TM images. Two dates were analyzed: May 15, 1986 (rainy season) and September 26, 2000 (dry season), considering seasonal

variation. The median NDVI index for the "vegetation" class fell from 0.570 (1986) to 0.538 (2000), a variation consistent with the difference between wet and dry periods, reflecting greater vegetative vigor in 1986. On the other hand, the NDWI for the "water" class showed a sharp reduction, going from 0.376 (1986) to 0.009 (2000). Even under seasonal influence, the drop in value suggests an increase in turbidity, bringing the spectral signature of water closer to that of moist soil, which may be related to the silting process of the channel. These changes in land cover and river silting reduced the storage capacity and natural flow of water. Spatial analysis, combined with field observations, showed that engineering measures, such as the riverbank retaining wall, have not kept pace with territorial transformations. The structure is degraded and is frequently overflowed during floods, when the river level exceeds its height, demonstrating a failure in its function and contributing to greater susceptibility to flooding. It is concluded that the use of geotechnologies is fundamental for temporal monitoring and to support public policies aimed at mitigating disasters. The adoption of Nature-Based Solutions (NbS), such as mangrove restoration and floodplain recovery, is recommended to reduce flood risks and promote sustainable basin planning.

KEYWORDS: Remote Sensing; Hydrology; Anthropogenic intervention.

1 INTRODUÇÃO

A bacia do rio Una, localizada no município de São José da Coroa Grande, Pernambuco, apresenta elevada importância ecológica, social e econômica. O distrito da Várzea do Una abriga ecossistemas sensíveis, como manguezais e planícies de inundação, que desempenham papel fundamental na regulação hídrica e na manutenção da biodiversidade. Contudo, as intensas transformações antrópicas, especialmente o avanço urbano desordenado e a abertura artificial da foz do rio, vêm modificando significativamente a dinâmica natural da bacia.

Historicamente, durante eventos de cheia, moradores realizam a abertura manual de um canal na praia, a fim de facilitar o escoamento das águas acumuladas. Embora essa prática forneça alívio imediato, intervenções análogas em zonas costeiras têm sido associadas a alterações na dinâmica sedimentar e na estabilidade de ecossistemas estuarinos, conforme apontam Silva *et al*. (2021) e Correia & Andrade (2023). Assim, compreender como tais ações influenciam o comportamento hidrológico do rio Una é essencial para avaliar riscos e orientar a gestão territorial.

Neste trabalho a dinâmica hídrica do rio Una foi analisada por meio de indicadores espaciais derivados dos índices NDVI e NDWI. O uso de índices espectrais tem se consolidado como uma técnica robusta para a identificação de áreas de inundação e de vulnerabilidade hídrica (Xavier *et al*., 2009). Estudos aplicados na região Nordeste, como o de Gonzaga *et al*. (2011), já demonstraram a eficácia da combinação do NDVI e NDWI para compreender o comportamento da paisagem sob diferentes intensidades pluviométricas. Essas mudanças refletem processos hidrológicos fundamentais.

Diante deste cenário, compreender as transformações espaciais e temporais ocorridas na bacia é fundamental para subsidiar políticas de manejo sustentável. Assim, este estudo busca analisar, por meio de geotecnologias, as alterações ambientais oriundas de ações antrópicas na foz do rio Una entre os anos de 1986 e 2000.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A área de estudo (Figura 1) compreende a bacia do rio Una, localizada no município de São José da Coroa Grande, no litoral sul de Pernambuco. A região possui clima tropical úmido, com chuvas concentradas entre abril e agosto, e vegetação predominante de mangue e restinga. A bacia é caracterizada por uma planície

de baixa declividade e drenagem meandrante, o que favorece processos de alagamento durante eventos pluviométricos intensos. (SGB, 2023; APAC-PE, 2025).

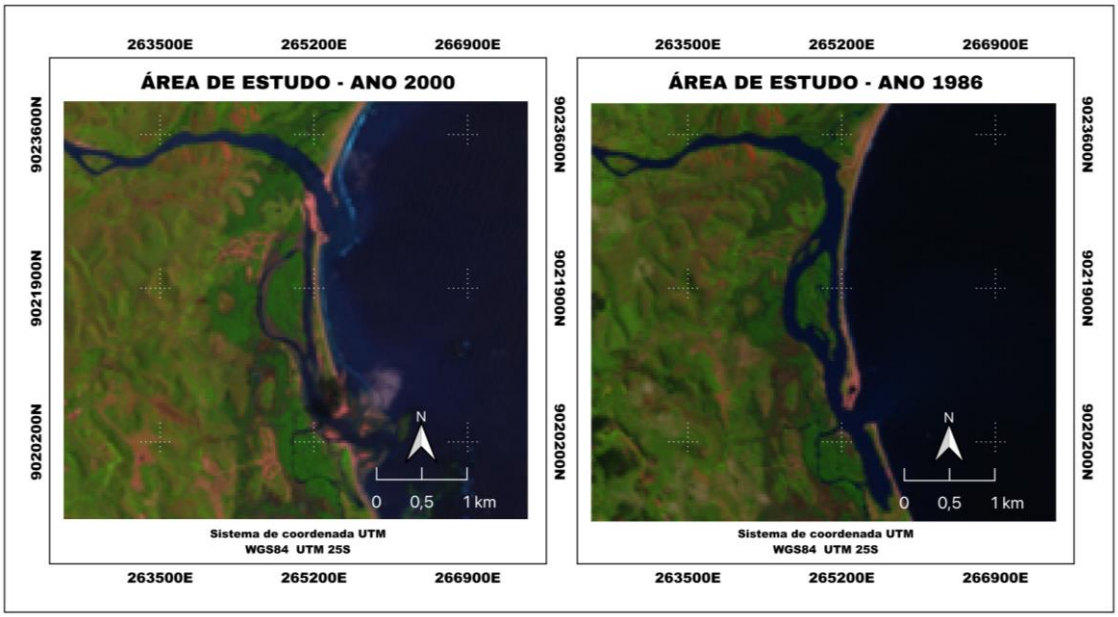


Figura 1. Área de estudo (RGB 543).

2.2 Dados utilizados

Foram utilizadas duas imagens do satélite Landsat 5-TM, referentes às datas de 15 de maio de 1986 e 26 de setembro de 2000, obtidas no portal *EarthExplorer* (USGS). As cenas correspondem ao órbita/ponto 214/066 e foram selecionadas por apresentarem baixa cobertura de nuvens. O sistema de referência adotado foi o WGS-84 / UTM Zone 25S.

2.3 Procedimentos metodológicos

O processamento das imagens e a análise espacial foram realizados no *software* QGIS LTR 3.44. O fluxo metodológico foi estruturado em quatro etapas principais: pré-processamento, calibração radiométrica, geração dos índices e interpretação espacial.

2.3.1 Pré-processamento das imagens

As imagens Landsat 5 TM foram obtidas no portal *EarthExplorer* (USGS), considerando o nível 1 de processamento em formato GeoTIFF, com correção geométrica padrão. Para garantir a precisão posicional, realizou-se uma correção geométrica das cenas a partir de uma imagem ortorretificada do IBGE, ajustando-as ao sistema WGS 84 / UTM Zone 25S. Após este procedimento, a cena foi enquadrada na área de interesse, com as seguintes coordenadas geográficas UTM Zone 25S Datum WGS84: 262.433,79 m, 9.019.346,50 m ; 267.563,46 m, 9.023.966,21m.

2.3.3 Conversão radiométrica e cálculo dos índices espectrais.

Para calcular os índices espectrais, os números digitais (*DN*) foram convertidos em radiância (*Equação 01*) e reflectância (*Equação 02*) da superfície segundo as equações do *relatório de calibração do Landsat 5* (USGS, 2018). Essa padronização assegurou comparabilidade radiométrica entre as imagens de 1986 e 2000.

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \quad (01)$$

onde, a_i e b_i correspondem a radiância mínima e máxima, respectivamente, obtidas de acordo com Chander *et al*. Em seguida, foi calculada a reflectância espectral ($\rho\lambda_i$), que é definida como a razão entre o fluxo de radiação solar refletido e o fluxo de radiação solar incidente no topo da atmosfera. Conforme (Equação 02), que converte a radiância espectral ($L_{\lambda i}$) em reflectância espectral. Para isso, utilizou-se a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ($k_{\lambda i}$), a constante solar espectral (dr) e o ângulo zenital solar (*Z*), conforme Allen *et al*. (2007). O ângulo zenital (*Z*) (*Equação 03*) foi determinado a partir do ângulo de elevação solar (*E*), informação obtida no arquivo metadado da imagem. A constante solar espectral (*dr*) (Equação 04), que corrige a variação da irradiância, foi calculada com base no dia sequencial do ano (*DSA*).

$$\rho\lambda i = \frac{(\pi * L_{\lambda i})}{k_{\lambda i} * \cos Z * dr} \quad (02)$$

$$\cos Z = \cos\left(\frac{\pi}{2} - E\right) \quad (03)$$

$$dr = 1 + 0{,}33 * \cos\left(\frac{DSA * 2\pi}{365}\right) \quad (04)$$

O índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) foi calculado a partir das bandas espectrais do vermelho (RED – Banda 3) e do infravermelho (NIR – Banda 4) do sensor Landsat 5, conforme proposto por Rouse *et al*. (1973), segundo a equação:

$$NDVI = \frac{(NIR + RED)}{(NIR - RED)} \quad (05)$$

A fundamentação física do índice está associada ao comportamento espectral da vegetação: a clorofila presente nas folhas absorve fortemente a radiação na região do vermelho do espectro eletromagnético para a realização da fotossíntese, enquanto a estrutura interna das folhas promove alta reflectância no infravermelho próximo devido à dispersão múltipla da radiação no mesófilo foliar (Jensen, 2007).

Assim áreas com vegetação vigorosa apresentam valores elevados de NDVI, geralmente superiores a 0,4, indicando maior biomassa e atividade fotossintética. Valores próximos de zero estão associados a superfícies com baixa cobertura vegetal ou solo exposto, enquanto valores negativos tendem a representar corpos d'água ou superfícies não vegetadas com baixa reflectância no NIR (Rouse *et al*., 1973; Jensen, 2007).

Já o NDWI (Índice de Água por Diferença Normalizada) foi calculado a a partir das bandas espectrais do verde (*GREEN* - Banda 2 - Verde) e do infravermelho próximo (*NIR* - Banda 4) do sensor *Landsat* 5, conforme proposto por McFeeters (1996), conforme equação 06. Este índice evidencia áreas com maior teor de umidade ou corpos hídricos abertos e difere da abordagem complementar de Gao (1996), que foca no conteúdo de água líquido da própria vegetação. A fundamentação física deste índice baseia-se na propriedade de reflectância da água, que apresenta maior refletividade na região do visível (banda do verde) e alta absorção na região do infravermelho próximo (*NIR*).

$$NDWI = \frac{(GREEN - NIR)}{(GREEN + NIR)} \quad (06)$$

As imagens resultantes foram reclassificadas em intervalos de intensidade (alta e baixa) e exportadas para análise estatística.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para evidenciar a transição física dos alvos (ex: áreas de espelho d'água que sofreram assoreamento), foram coletadas amostras dos índices considerando as classes água, vegetação e solo exposto e mantendo as coordenadas entre as coletas das amostras dos anos 1986 e 2000. A análise dessas amostras indicou uma expressiva alteração entre os índices nas duas diferentes imagens.

Os índices NDVI e NDWI revelaram mudanças expressivas na paisagem entre 1986 e 2000, refletindo tanto a variação sazonal (maio/1986 chuvoso versus setembro/2000 seco) quanto os impactos antrópicos. Em 1986 (período chuvoso), a bacia apresentava um caráter predominantemente natural. A análise espacial da figura 2 (NDVI 1986) demonstra uma ampla predominância de vegetação densa, especialmente nas margens do rio e zonas de manguezal. Isso é confirmado quantitativamente pela figura 3, que registra um NDVI mediano para a vegetação de 0,570, indicando alto vigor e saúde. Paralelamente, a figura 2 (NDWI 1986) evidencia alta disponibilidade de água superficial, com valores positivos predominando nas calhas do rio e várzeas. A figura 3 corrobora isso, com um NDWI mediano para a água de 0,376, um valor positivo característico de corpos hídricos com baixa turbidez.

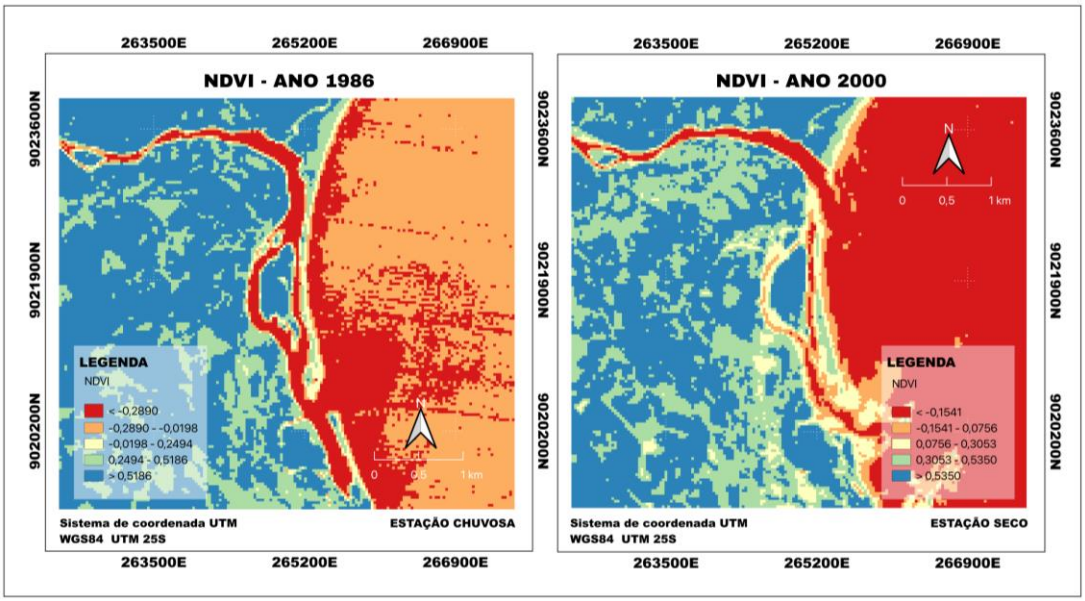
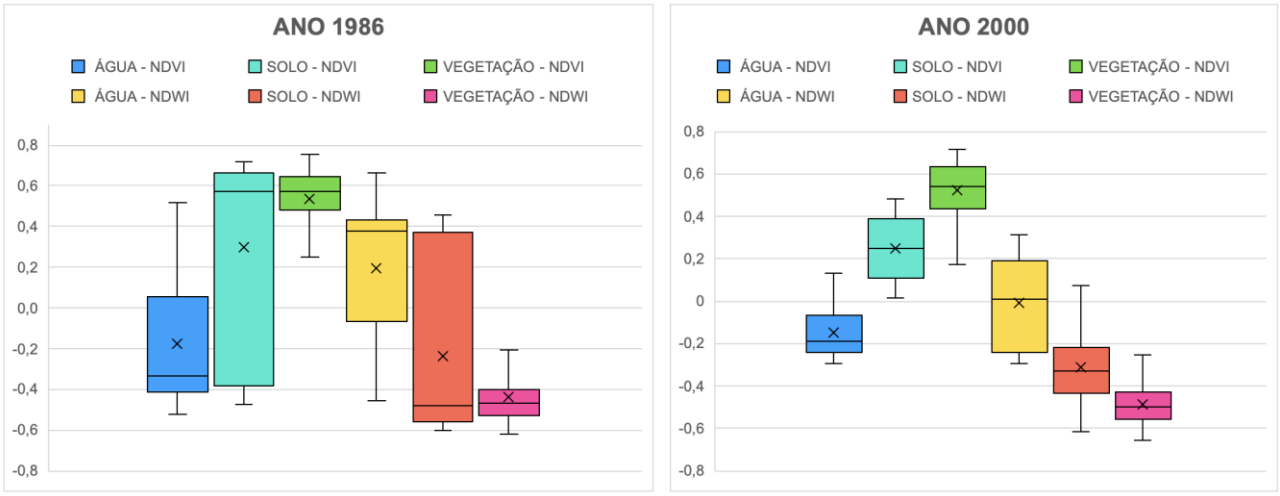


Figura 2. NDVI para os anos de 1986 e 2000.

A análise estatística apresentada na Figura 3 permite observar a distribuição dos índices espectrais para as classes de cobertura do solo no período chuvoso de 1986. Nota-se que a mediana (Q2) da classe vegetação apresenta valores elevados, em torno de 0,570, o que caracteriza um vigor vegetativo típico de áreas preservadas de manguezal. Quanto ao *NDWI*, os valores da classe água concentram-se em patamares positivos, com mediana de 0,376, indicando a presença de corpos hídricos com baixa turbidez e espelhos d'água bem definidos na foz do rio Una.



(a) (b)

Figura 3. Análise estatística da imagem de 1986 e 2000.

Em 2000 (período seco), o cenário é de nítida alteração. A figura 2 (NDVI 2000) mostra uma visível redução espacial das áreas com vegetação densa e um aumento de superfícies com NDVI próximo de zero, indicando solo exposto e avanço de áreas antropizadas. Observando a figura 3b, que detalha o comportamento dos índices no período seco de 2000, percebe-se que a mediana do NDVI da vegetação apresentou ligeira queda para 0,538. No entanto, a alteração mais expressiva é observada na classe água, onde o *NDWI* mediano regrediu para um valor de 0,009. Esta intensa modificação na característica espectral da água no canal principal parece sugerir um processo de assoreamento, aproximando a resposta do alvo à de solo úmido ou lama, o que compromete diretamente a dinâmica de escoamento e agrava o risco de alagamentos.

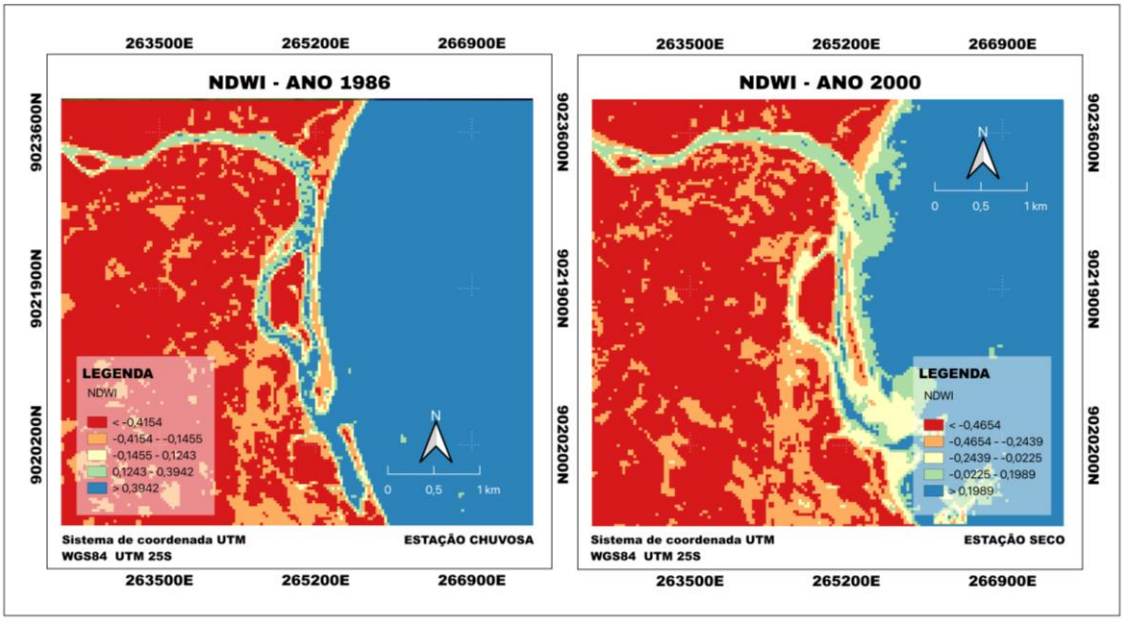


Figura 4. NDWI para os anos de 1986 e 2000.

Essas modificações espaciais (Figuras 2-4) e quantitativas (Figura 3) evidenciam o impacto cumulativo das intervenções antrópicas. A supressão da vegetação marginal intensifica a erosão, levando ao assoreamento

do canal (refletido na redução do NDWI mediano). A construção de canais artificiais e a ocupação irregular das margens reduziram a capacidade natural de escoamento, intensificando os processos de inundação.

Portanto, a análise multitemporal dos índices permitiu não apenas identificar a degradação, mas também compreender a relação direta entre as alterações antrópicas (desmatamento, ocupação) e a intensificação dos eventos de alagamento (causados pelo assoreamento). Isso reforça a necessidade de adoção de Soluções Baseadas na Natureza (SbN), como recuperação de áreas de várzea e replantio de vegetação ripária, para mitigação sustentável dos riscos hídricos.

4 CONCLUSÕES

A análise multitemporal da Bacia do Rio Una entre 1986 e 2000 evidenciou expressivas transformações ambientais decorrentes das intervenções antrópicas. A redução da cobertura vegetal e o avanço da urbanização alteraram a dinâmica natural do rio, intensificando o risco de alagamento.

O emprego de índices espectrais (NDVI e NDWI) mostrou-se eficiente para quantificar as mudanças de uso e cobertura do solo, permitindo identificar as áreas mais críticas em termos de vulnerabilidade hídrica. A adoção de Soluções Baseadas na Natureza (SbN) – como restauração de manguezais e recuperação de várzeas – apresenta-se como alternativa viável para mitigar impactos e promover a resiliência ambiental da região.

Recomenda-se a ampliação do estudo por meio da integração de modelagens hidrológicas (HEC-HMS) e hidrodinâmicas (HEC-RAS), visando simular o comportamento do escoamento e subsidiar ações de planejamento territorial sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). (2026). *Climatologia por município*. Disponível em : <https://www.apa.pe.gov.br/193-climatologia/521-climatologia-por-municipio>. Acesso em: 09 fev. 2026.

Allen, R. G., Tasumi, M., & Trezza, S. (2007). Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) - Model. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, *133*(4).

Chander, G., Markham, B. L., & Helder, D. L. (2009). Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*, *113*(4), 893-903.

Correia, I. O., & Andrade, A. C. da S. (2023). Erosão costeira e faixas de proteção no delta do rio São Francisco. *Revista de Geociências*.

Gao, B. C. (1996). NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, *58*(3), 257–266.

Gonzaga, E. P., Santos, V. V., & Nicácio, R. M. (2011). Análise do comportamento do NDVI e NDWI em períodos de diferentes intensidades pluviométricas no Sertão alagoano. *Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR*, 1736–1743.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2022). *Bases cartográficas contínuas - Imagens ortorretificadas*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 set. 2025.

Jensen, J. R. (2007). *Remote sensing of the environment: An earth resource perspective* (2nd ed.). Pearson Prentice Hall.

McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the deineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, *17*(7), 1425-1432.

Rouse, J. W., et al. (1973). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *Proceedings of the Third ERTS Symposium*, *1*, 309–317.

Serviço Geológico do Brasil (SGB). (2026). *GeoSGB – Sistema de Geociências do Serviço Geológico do Brasil*. Disponível em: <https://geoportal.sgb.gov.br/geosgb/>. Acesso em: 09 fev. 2026

Silva, M. S. G., et al. (2021). Active mechanisms controlling morphodynamics of a coastal barrier: Ilha Comprida, Brazil. *Geomorphology*, *389*.

United States Geological Survey (USGS). (2025). *Earth Explorer*. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 02 out. 2025.

United States Geological Survey (USGS). (2018). *Landsat 4-5 Collection 1 (C1) Level 1 (L1) Data Format Control Book*. USGS.

Xavier, A. C., Rudorff, B. F. T., & Moreira, M. A. (2009). Desenvolvimento de índices espectrais para identificação de áreas de inundação. *Revista Brasileira de Cartografia*, *61*(2), 121–134.