

VARIAÇÃO DO NDVI EM MANGUEZAIS DA COSTA SEMIÁRIDA: ESTUDO DE CASO EM GUAMARÉ/RN

Cecília Azevedo Galvão de Lima¹

Graduanda em Geografia, CCHLA/UFRN, cecilia.galvao.143@ufrn.edu.br

Diógenes Costa²

Doutor em Ecologia, Departamento de Geografia/CCHLA & MCC, UFRN, diogenes.costa@ufrn.br

RESUMO:

O artigo realiza uma análise biogeográfica dos manguezais do município de Guamaré/RN, com base no cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) aplicado a 30 pontos amostrais distribuídos na zona estuarina. Os resultados revelam variações na cobertura vegetal, com maiores índices em áreas mais preservadas e menores em regiões próximas a atividades antrópicas. A análise evidenciou a heterogeneidade espacial do manguezal e reforça sua importância ecológica, social e econômica, especialmente diante dos impactos do uso intensivo do território. O estudo ainda destaca o papel dos manguezais na regulamentação ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Paisagem; Costa Semiárida; Sensoriamento Remoto; Áreas Úmidas.

GT4: Estudos Socioambientais

1 INTRODUÇÃO

A vegetação de mangue do Brasil é formada por angiospermas de baixa variedade, três gêneros e seis espécies típicas sendo elas: *Rhizophora mangle*, *Rhizophora racemosa*, *R. harrisonii*, *Avicennia schaueriana*, *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa* (Schaeffer-Novelli & Cintrón, 1986). Dentre essas, as espécies que mais se destacam são as *Rhizophora mangle* (mangue-vermelho), com raízes-escora que proporcionam estabilidade em solos instáveis; a *Avicennia schaueriana* (mangue-preto), que possui raízes respiratórias chamadas de pneumatóforos; e a *Laguncularia racemosa* (mangue branco), que é caracterizada por fazer a eliminação do sal em suas folhas. Como descrevem Correia e Sovierzoski (2005),

“O manguezal é um sistema ecológico costeiro tropical, entre a terra e o mar, localizado em terrenos baixos na foz dos rios e estuários, com solo inundado pelas variações das marés e tendo grande variação de salinidade. Os manguezais apresentam vegetação composta por espécies do tipo halófila, denominadas de mangue, com zona horizontal. Nos locais junto à água e solos pouco compactos encontra-se principalmente o mangue-vermelho, *Rhizophora mangle*, caracterizado por apresentar raízes-escora. Em seguida, observa-se a *Avicennia schaueriana*, conhecida como siriúba, que possui pneumatóforos, raízes aéreas que auxiliam na respiração da planta. Na região alcançada pelas marés altas de Sizígia, inundada por curtos períodos de tempo, ocorre a *Laguncularia racemosa*, denominada popularmente de mangue-branco ou tinteira. Outra vegetação que ocorre em áreas de transição é o *Conocarpus* sp, também conhecido como mangue-de-botão. Em seguida, existem outras espécies menos frequentes e com menor distribuição.” (CORREIA; SOVIERZOSKI, 2005)

Além de sua vegetação adaptada, os manguezais exercem funções ecológicas fundamentais, como a proteção contra a erosão costeira, a estabilização de sedimentos e o equilíbrio dos ciclos biogeoquímicos, especialmente o do carbono. Também funcionam como berçário natural para espécies marinhas de importância ecológica e econômica, muitas das quais compõem a base alimentar das populações locais, servindo para subsistência e geração de renda (Schaeffer-Novelli & Cintrón, 1986).

2.2 IMPORTÂNCIA DO MANGUEZAL

Além de abrigarem uma rica biodiversidade e prestarem serviços ecossistêmicos essenciais, os manguezais se destacam globalmente por sua elevada capacidade de sequestro de carbono. Ainda, as florestas de manguezais, estão entre as mais ricas em carbono nos trópicos, sendo consideradas como um dos ecossistemas mais produtivos e biologicamente relevantes (Giri *et al.*, 2011; Chen *et al.*, 2017). Sua vegetação, junto aos seus solos alagados, dos quais são ricos em matéria orgânica, atuam como importantes sumidouros de carbono, contribuindo diretamente para diminuição das mudanças climáticas.

Giri *et al.* (2011) destacam que os manguezais e seus solos associados, têm a capacidade de sequestrar cerca de 22,8 milhões de toneladas de carbono por ano. Nesse mesmo sentido, o ICMBio (2018) também afirma que os manguezais são importantes estocadores e

sequestradores de carbono, já que o estoque de carbono por esses ecossistemas é substancialmente superior ao verificado nas demais florestas terrestres, tendo em conta o estoque no solo e a biomassa subterrânea.

O município de Guamaré/RN, localizado em uma área de relevância industrial na costa, a preservação desse ecossistema se torna ainda mais estratégica. Com a intensa atividade industrial, como a extração de petróleo e refino, aumentam as emissões de gases do efeito estufa. Nesse cenário, os manguezais atuam como barreiras naturais, ao absorver carbono atmosférico, proteger o solo costeiro da erosão e filtrar poluentes. Como destaca Fonseca e Drummond (2003),

“Os manguezais, juntamente com as florestas tropicais, são um dos mais eficientes ecossistemas no combate ao aquecimento global, devido a sua enorme capacidade de sequestrar carbono, sendo um sumidouro natural. As medições revelam a propensão dos mangues em absorver carbono atmosférico durante o processo de fotossíntese, e armazená-lo como carboidratos, nas formas de açúcares e celulose.” (FONSECA; DRUMMOND, 2003)

Os manguezais constituem ecossistemas costeiros de transição entre os ambientes marinho e terrestre, caracterizados por elevada produtividade biológica e pelo desempenho de funções ecológicas essenciais à manutenção da biodiversidade e ao suporte de dinâmicas socioeconômicas locais. Destacam-se, ainda, como importantes áreas de berçário natural para espécies de relevância ecológica e econômica, além de atuarem como produtores primários nos sistemas estuarinos.

O Brasil ocupa a segunda posição mundial em extensão de manguezais, com aproximadamente 13.000 km², sendo superado apenas pela Indonésia, que concentra 31.894 km² (Spalding *et al.*, 2010). Essa expressiva cobertura ao longo da costa nacional posiciona o território brasileiro como estratégico para a conservação desses ambientes. No estado do Rio Grande do Norte, os manguezais integram uma complexa rede socioespacial e ecológica, associada a salinas, canais de maré e áreas úmidas (Costa *et al.*, 2017). No município de Guamaré/RN, inserido no sistema estuarino Galinhos-Guamaré, esses ecossistemas representam parcela significativa da paisagem natural e exercem papel central tanto na manutenção do equilíbrio ecológico quanto no sustento de comunidades que dependem dele.

Assim, conservar e restaurar os manguezais de Guamaré é não apenas uma medida ecológica, mas também uma estratégia relevante de enfrentamento às mudanças climáticas.

Dessa forma, com uma grande capacidade de captura de carbono, esses ecossistemas ganham destaque especialmente em Guamaré, com um dos principais polos industriais do Rio Grande do Norte.

A importância estratégica dos manguezais é reforçada pela diversidade de serviços ecossistêmicos que oferecem, como proteção contra eventos extremos, regulação climática, fornecimento de recursos alimentares, valorização cultural e sequestro de carbono. Conforme demonstrado por Costa *et al.* (2022), a aplicação de metodologias de mapeamento e avaliação da capacidade da paisagem em Guamaré revelou a importância desses ambientes para a sustentabilidade da zona costeira potiguar.

Nesse contexto, o presente artigo tem por objetivo realizar uma análise biogeográfica dos manguezais do município de Guamaré/RN, considerando suas características ecológicas, funções e serviços ambientais, com vistas a subsidiar estratégias de planejamento e gestão ambiental sustentáveis.

2. METODOLOGIA

Para a elaboração do presente trabalho, foi utilizada imagem de satélite da região da cidade de Guamaré/RN, que se encontra no estuário Galinhos-Guamaré (com retorno no município de Guamaré/RN). A imagem foi obtida a partir do satélite Sentinel-2, por meio do catálogo do Copernicus, no dia 15/07/2025, às 14:38h. A data da imagem corresponde ao próprio dia 15/07/2025, e as bandas empregadas na geração do NDVI foram a Banda 4 – Vermelha e a Banda 8 – Infravermelho Próximo (NIR).

O NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) é um dos indicadores mais utilizados no sensoriamento remoto para avaliar a densidade, presença e vigor da vegetação. Esse índice se baseia na diferença entre a radiação refletida na faixa do infravermelho próximo (NIR) e na faixa do vermelho visível (RED), que é expresso pela fórmula:

$$\text{NDVI: } (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$$

A vegetação saudável tende a refletir fortemente o infravermelho próximo e absorver a luz vermelha, o que resulta nos valores de NDVI próximos de +1. Já em áreas com menos cobertura e mais amostra do solo apresentam valores mais próximos do 0, enquanto valores negativos geralmente correspondem a corpos d'água, nuvens ou neve. Por esse motivo, o NDVI é amplamente utilizado para o monitoramento ambiental. Segundo a NASA Earthdata (2023),

“Os índices de vegetação medem a quantidade de vegetação verde em uma determinada área e podem ser usados para avaliar a saúde da vegetação. Um índice de vegetação comumente utilizado é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), que utiliza a diferença entre a reflectância do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho dividida pela soma das duas. Os valores de NDVI variam de -1 a 1. Valores baixos de NDVI geralmente correspondem a áreas áridas de rocha, areia, solos expostos ou neve, enquanto valores mais altos de NDVI indicam vegetação mais verde, incluindo florestas, terras agrícolas e pântanos. Imagens dos satélites de observação da Terra da NASA capturam valores de NDVI de todo o mundo. Nossos recursos de dados incluem diversos produtos úteis para o estudo da vegetação, incluindo NDVI e outros índices comuns de vegetação. Esses conjuntos de dados ajudam cientistas a estudar os impactos de desastres naturais, conduzir pesquisas sobre agricultura e aprender como as plantas podem lidar com os efeitos do calor extremo.” (EARTHDATA, 2023)

No presente artigo, o uso do NDVI tem se mostrado eficaz para monitorar a saúde da vegetação e identificar alterações ao longo do tempo no município de Guamaré/RN, onde os manguezais sofrem pressões do polo industrial, salinicultura e da carcinicultura. A partir dele, é possível mapear áreas preservadas e degradadas, avaliando os impactos ambientais. O uso de séries temporais obtidas por sensores, como o Sentinel-2, contribui para o acompanhamento sazonal da vegetação e para uma gestão pública mais eficiente em zonas costeiras sensíveis.

As amostras foram delimitadas em áreas de manguezal com vegetação mais densa. Após a coleta dos dados, aplicou-se uma análise estatística descritiva utilizando o software Past, o qual também foi utilizado para produzir o gráfico boxplot. O gráfico de dispersão, por sua vez, foi elaborado por meio das planilhas do Programa Excel.

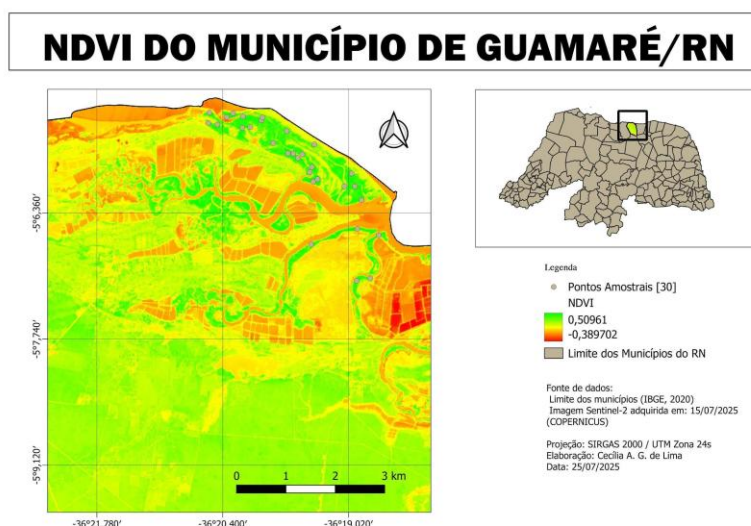
3. RESULTADOS

A bacia hidrográfica do município de Guamaré é composta pelos rios Camurupim, Porto do Capim, Volta do Sertão, Aratuá e o Miassaba, que desaguam no oceano Atlântico em forma de estuário, caracterizando o sistema estuarino Galinhos-Guamaré. (LIMA, 2004). A dinâmica de paisagem marcada neste município está diretamente ligada à atividade humana, com destaque para a produção do sal, exploração do petróleo e gás, carcinicultura, pesca artesanal e turismo local, tornando-se uma área de uso múltiplo e transição ecológica relevante no litoral

do Rio Grande do Norte. A região também possui um clima semiárido, ou seja, quente e seco, com baixas precipitações e longos períodos de estiagem, segundo a classificação de Köppen (NIMER, 1979).

Os pontos selecionados para este artigo ficam situados na zona estuarina de Guamaré, próximos às salinas e aos canais de maré que cortam a planície costeira do município. Foram delimitados 30 pontos com o auxílio do programa QGIS (Figura 1), a partir de imagem do satélite Sentinel-2, para o cálculo do NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) em cada local.

Figura 01 - Mapa com NDVI do Município de Guamaré/RN



Fonte: : Elaborado pelos autores.

Os Pontos 1 e 2 estão situados próximos à região do Porto do Capim, em uma ilha interior entre salinas ativas e canais drenantes, nas proximidades da foz do Canal do Miassaba. Ambos os pontos se localizam em uma área de transição entre vegetação e salina, com NDVIs de 0,464862 e 0,460441, respectivamente, o que indica cobertura vegetal moderada, possivelmente sujeita a pressões antrópicas.

Os Pontos 3, 4 e 5 concentram-se na margem do Canal do Miassaba, em áreas com vegetação mais contínua. O Ponto 3 está mais próximo do Canal Volta do Sertão, com NDVI de 0,471504. O Ponto 4 localiza-se em uma curva do canal, atingindo 0,490502, e o Ponto 5 está sobre um banco de vegetação isolado, com NDVI de 0,472581. Esses valores mais elevados se justificam pela menor interferência direta de salinas nessas porções.

O Ponto 6 marca a transição com o Rio Aratuá, com NDVI de 0,463661, indicando cobertura vegetada, porém com sinais de influência antrópica moderada. Os Pontos 7 a 12 estão ao longo das margens do Rio Aratuá, desde meandros iniciais até áreas mais internas do estuário. O Ponto 7 apresenta NDVI de 0,453397, próximo a uma área de solo exposto. O Ponto 8, com 0,445669, está mais próximo de uma salina ativa. O Ponto 9 com NDVI 0,483713 e o Ponto 10 com 0,493353 situam-se entre canais e vegetação contínua, com destaque para o Ponto 11, que alcançou o maior NDVI da amostragem: 0,507314, com uma localização que apresenta vegetação densamente moderada, mas que é maior que as demais. O Ponto 12, próximo ao 11, também se destaca com 0,483315.

Os Pontos 13 a 20 distribuem-se ao centro da área de estudo, entre zonas de salina, canais secundários e vegetação fragmentada. O Ponto 13 apresentou NDVI de 0,474088. O Ponto 14, com 0,443089, situa-se perto de uma salina em uso, enquanto o Ponto 15 alcançou 0,488042, próximo a um canal vegetado. Os Pontos 16 e 17 obtiveram 0,485431 e 0,438554, respectivamente, o último em uma zona de vegetação moderada, porém, mais baixa. Os Pontos 18, 19 e 20, com valores de 0,443677, 0,440695 e 0,469043, estão entre os canais.

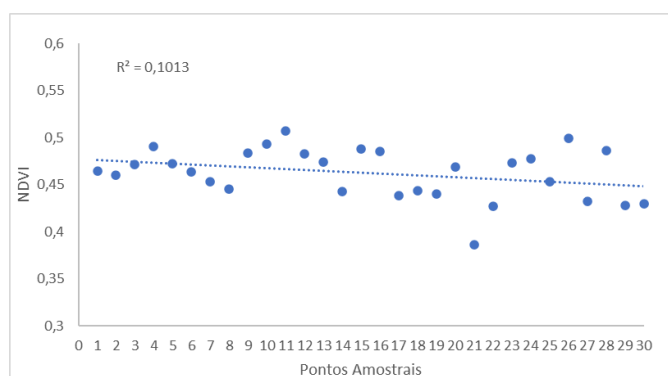
Os Pontos 21 a 30, em áreas fortemente impactadas. O Ponto 21, com NDVI de 0,386508, é o mais baixo da amostragem, refletindo um cenário de vegetação com algum tipo de deficiência. Os Pontos 22 (0,427181), 24 (0,477693) e 29 (0,428459) estão em áreas de influência direta da carcinicultura e de salinas industriais, o que explica os baixos índices. O Ponto 23 (NDVI = 0,473186) está em um trecho de vegetação contínua perto do Rio Aratuá, mas ainda próxima das atividades antrópicas. O Ponto 25, com 0,453322, situa-se entre canais e mais próximo das atividades econômicas. Já o Ponto 26, com 0,499641, está mais próximo de um canal, que não recebe tanta interferência humana, sendo bem vegetada. Os Pontos 27, 28 e 30 apresentaram NDVI de 0,432438, 0,486726 e 0,429844, respectivamente, com destaque negativo para o Ponto 30, em uma borda de canal com cobertura vegetal comprometida e perto de empresas ligadas à carcinicultura.

Logo, os resultados do NDVI em Guamaré evidenciam a vulnerabilidade dos manguezais diante das atividades econômicas locais, como salinicultura e carcinicultura. As áreas mais preservadas estão em zonas isoladas, enquanto regiões próximas à infraestrutura industrial mostram sinais de degradação. Isso reforça a importância de um planejamento ambiental que equilibre desenvolvimento econômico e conservação dos manguezais, essenciais para a sustentabilidade ecológica e proteção costeira.

A Análise do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) nos 30 pontos amostrais do município de Guamaré/RN indicou variação significativa entre os locais analisados. Os valores oscilaram entre 0,386508 (Ponto 21) e 0,507314 (Ponto 11), conforme representado (não apresentado). A média geral dos pontos foi de aproximadamente 0,464 e desvio-padrão de 0,031, indicando uma variação moderada na cobertura vegetal da área.

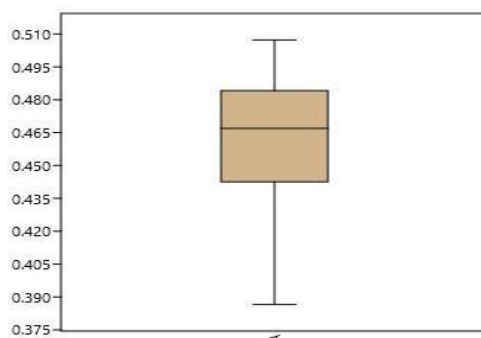
Conforme pode ser observado na dispersão dos valores por ponto amostral (Figura 2), não há uma tendência clara de aumento ou redução ao longo dos pontos, sendo o coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,1013. Ainda assim, há uma leve inclinação negativa, indicando possível redução dos índices em alguns setores. Já o boxplot dos dados (Figura 3) mostra uma concentração em torno da mediana (0,465), com poucos valores que fogem do padrão, associados possivelmente à influência de fatores locais como salinas, rios ou atividades humanas.

Figura 02 - Gráfico ilustrando a dispersão dos valores de NDVI no manguezal de Guamaré/RN.



Fonte : Elaborado pelos autores.

Figura 03 – Gráfico Boxplot ilustrando a variação dos valores de NDVI no manguezal de Guamaré/RN.



Fonte: Elaborado pelos autores.

De modo geral, os resultados evidenciam a heterogeneidade da cobertura vegetal no município, com áreas que apresentam NDVI elevado e outras com valores mais baixos, mas que apresentam uma vegetação moderadamente densa em sua grande maioria. Essa variação espacial reforça a importância de estudos futuros sobre o uso e ocupação do solo, especialmente nas zonas estuarinas e nas bordas urbanas de Guamaré.

4. CONCLUSÕES

O objetivo da pesquisa foi alcançado ao realizar uma análise biogeográfica dos manguezais do município de Guamaré/RN, utilizando o NDVI como ferramenta para identificar variações na cobertura vegetal. A aplicação do índice permitiu associar os padrões observados a fatores antrópicos, como a presença de salinas e empreendimentos industriais, evidenciando áreas mais preservadas e outras em processo de degradação.

A metodologia adotada se mostrou eficiente e adequada, com a seleção de 30 pontos amostrais por meio do QGIS e a utilização de imagens do satélite Sentinel-2. As análises estatísticas realizadas com apoio do Excel e do software Past contribuíram para a organização e interpretação dos dados, fornecendo resultados claros e confiáveis sobre a saúde da vegetação nas diferentes áreas estudadas.

Os resultados obtidos reforçam a importância dos manguezais para o equilíbrio ecológico e apontam sua vulnerabilidade em regiões impactadas. A pesquisa contribui com subsídios técnicos para a gestão ambiental costeira, destacando o potencial do NDVI para

orientar ações de conservação e reflorestamento em áreas prioritárias, especialmente nas proximidades de atividades econômicas que afetam diretamente esse ecossistema sensível.

REFERÊNCIAS

- CORREIA, M. D. **Ecossistemas marinhos**: recifes, praias e manguezais. Aracaju, SE: Universidade Federal de Sergipe, Colégio de Aplicação, 2005. 18 p.
- COSTA, E. C. C. et al. Mapping and assessment of landscape's capacities to supply ecosystem services in the semi-arid coast of Brazil—A case study of Galinhos-Guamaré estuarine system. **Coasts**, v. 14, n. 13, p. 7772, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su14137772>. Acesso em: 13 jul. 2025.
- COSTA, E. C. C. et al. Serviços ecossistêmicos prestados pelos manguezais do Rio Grande do Norte (Nordeste do Brasil). **Revista da ANPEGE**, v. 13, n. 20, p. 126–149, 2017.
- EARTHDATA. NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada). NASA, 2023. Disponível em: <https://www.earthdata.nasa.gov/>. Acesso em: 20 jul. 2025.
- FONSECA, S. M.; DRUMMOND, J. A. Reflorestamento de manguezais e o valor de resgate para o sequestro de carbono atmosférico. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, v. 10, n. 3, p. 1071–1081, 2003.
- GIRI, C. et al. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. **Global Ecology and Biogeography**, v. 20, p. 154–159, 2011.
- ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Atlas dos Manguezais do Brasil. Brasília: ICMBio, 2018. Disponível em: https://icmbio.gov.br/portal/images/stories/manguezais/atlas_dos_manguezais_do_brasil.pdf. Acesso em: 20 jul. 2025.
- LIMA, Z. M. C. Caracterização da dinâmica ambiental da região costeira do município de Galinhos, RN. 2004. **Tese** (Doutorado em Geodinâmica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2004.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 422 p.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN, G. **Mangroves of the Americas**: ecology and conservation. In: UNESCO Reports in Marine Science, 1986.
- SPALDING, M.; KAINUMA, M.; COLLINS, L. **World Atlas of Mangroves**. London, UK: Earthscan, 2010. 336 p.
-