

CONTRIBUIÇÕES DOS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO AOS ESTUDOS PARA A CONSERVAÇÃO E PRESERVAÇÃO DOS MANGUEZAIS

Contributions of Vegetation Indices for Studies on Mangrove Conservation and Preservation

Marcos Leonardo Ferreira dos Santos¹ e Janáina Barbosa da Silva²

Os impactos negativos das ações humanas nos ecossistemas naturais causam a degradação, problema comum a todos os biomas, que produz influências significativas na dinâmica das comunidades florísticas e faunísticas locais, conduzindo à destruição gradual dos habitats. É de conhecimento a grande pressão antrópica sobre os manguezais, por ações como desmatamento, pesca predatória, poluição, especulação imobiliária, entre outros. Reforçar a conservação e a preservação desse ecossistema com ações que promovam o uso sustentável de recursos naturais, de maneira harmoniosa entre as políticas públicas e os diferentes setores da sociedade, é um dos principais desafios das ciências em geral.

Quando do ecossistema manguezal, segundo Barbier *et al.* (2011), essas áreas úmidas florestadas fornecem uma variedade de serviços ecológicos e econômicos como proteção costeira, criadouros e áreas de berçário, ciclagem de nutrientes, sumidouros de carbono, madeira, ingredientes medicinais, mel, etc. Murdiyarsa *et al.* (2015), alertam que o monitoramento contínuo da vegetação de mangue é necessário para manter e melhorar as estratégias de conservação dessas florestas.

Quando se trata da vegetação em si, pesquisa e trabalho de campo podem fornecer informações significativas, como identificação de espécies, densidade do dossel, altura e saúde das árvores. Wang *et al.* (2019), ressaltam que as florestas de mangue são caracterizadas como um dos ambientes mais desafiadores para campanhas de trabalho *in loco*, em razão da dificuldade de acesso, seja por seu terreno sedimentar macio, alta densidade e um grande número de extensões caulinares acima do solo, além de condições salinas e padrões de inundação dominados pelas marés em que crescem.

¹ Doutorando em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais (PPGEGRN – UFCG). E-mail: marcosleo_fs@hotmail.com.

² Profª. Drª. UAG/PPGEGRN da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG); Pesquisadora CEDEPEM. E-mail: janainasimov@yahoo.com.br.

As dificuldades encontradas para adentrar e permanecer nos mangues quando de pesquisas da vegetação, pode ser minimizada pelo Sensoriamento Remoto (SR). O uso de imagens orbitais e suborbitais, evolução das geotecnologias e a formação e qualificação de pessoas, tem contribuído para a sua “popularização”. Significativos resultados no que tange aos fenômenos ambientais, tem contribuído para pesquisas onde análise conjunta de dados por imagens de satélites geram diagnósticos e inventários desde 1972 aos dias atuais (PIMENTEL *et al.*, 2018).

Destarte, mudanças na cobertura vegetal detectadas por SR é um dos produtos que podem ser fornecidos através de instrumentos capazes de obter imagens da superfície terrestre a grandes distâncias, transformando os dados obtidos e registrados em informações úteis aos usuários finais dos produtos gerados por esta tecnologia, auxiliando no planejamento e gestão dos recursos naturais (SAUSEN e LACRUZ, 2015).

O Sensoriamento Remoto tem inúmeras vantagens para o monitoramento dos mangues, como o fornecimento de ampla cobertura espacial, dados de baixo custo/gratuitos e materiais históricos, portanto, tem sido utilizado para complementar as investigações de campo em florestas de mangue nas últimas décadas, seja para mapear e ou monitorar (GIRI *et al.* 2007; GIARDINO *et al.*, 2019; XIA *et al.*, 2020).

Dentre as diversas técnicas de SR, os Índices de Vegetação (IV) destacam-se na análise de variados alvos através de intervalos numéricos. O IV é basicamente uma combinação das propriedades de reflectância medida por sensor (conteúdo de água, conteúdo de clorofila, pigmento, etc.) com dois ou mais comprimentos de onda que mostra características particulares da superfície terrestre. Ou seja, é um indicador usual para analisar as variações da cobertura da superfície para a vegetação, quando de sua ausência, outras classes de identificação podem ser identificadas como solo exposto, área urbana e corpos de água (LI *et al.*, 2017).

A análise a partir de IV está em alta, principalmente para fins de monitoramento da área que inclui análise de uso e mudança da superfície, bem como identificação de espécies (ZULFA e NORIZAH, 2018). Alguns Índices são usados para apresentar os processos fotoquímicos associados a fotossíntese da planta, outros visam estimar o conteúdo de pigmentação da folha (clorofila), enquanto outros tem como objetivo a obtenção do índice de área foliar (BISRAT e BERHANU, 2018).

Nas últimas décadas, vários Índices de Vegetação foram desenvolvidos e aplicados para mapear as florestas de mangue a partir de imagens de satélites, contudo, a dificuldade ainda persiste

na discriminação de mangue e de vegetação não-mangue, especialmente em áreas onde as espécies estão misturadas com outros tipos de vegetação (GUPTA, *et al.*, 2018).

Atualmente são encontradas algumas dezenas de Índices de Vegetação, desenvolvidos especificamente para vegetação de mangue. Zhang e Tian (2013) desenvolveram o *Mangrove Recognition Index* (MRI), ou Índice de Reconhecimento de Mangue, contribuindo para o monitoramento da extensão e distribuição da floresta de mangue. Gupta *et al.* (2018), desenvolveram conforme a Figura 1, o *Combined Mangrove Recognition Index* (CMRI), que objetiva separar a vegetação de mangue das classes de vegetação não-mangue e comparar o desempenho do CMRI com outros índices discriminantes de vegetação já estabelecidos, como o NDVI, NDWI e o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI).

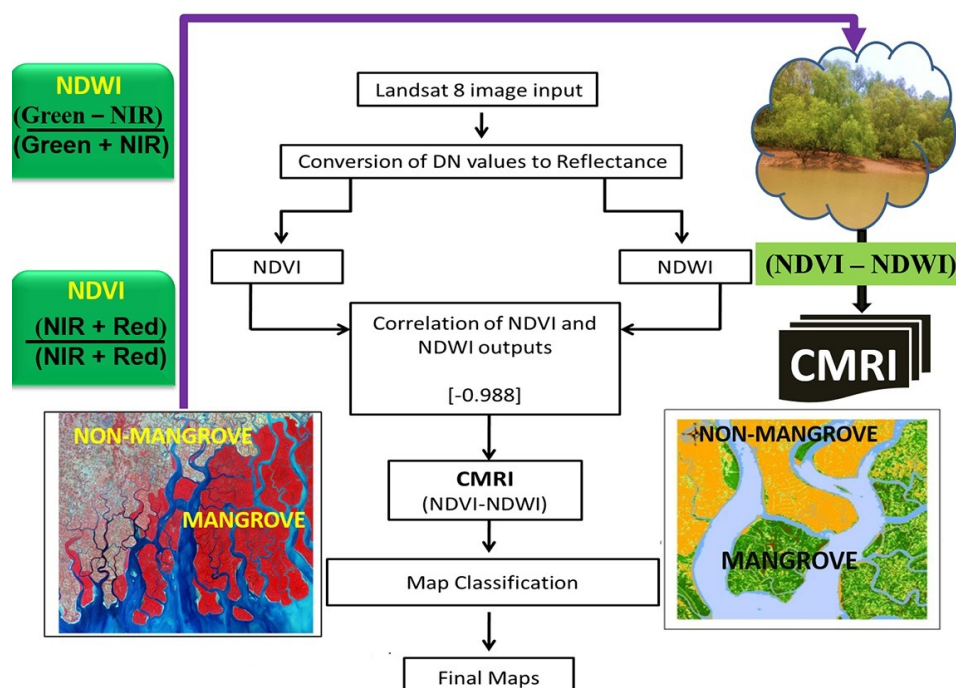


Figura 1: Resumo gráfico do índice de vegetação CMRI

Fonte: GUPTA, *et al.*, 2018.

O *Mangrove Forest Index* (MFI) desenvolvido por Jia *et al.* (2019), tem a capacidade de detecção de florestas de mangue. Baloloy *et al.* (2020), propuseram o *Mangrove Vegetation Index* (MVI), para mapear de forma rápida e precisa a extensão dos manguezais a partir de imagens do

satélite Sentinel-2, discriminando assim o verde e a umidade dos manguezais da vegetação terrestre e outras coberturas do solo presentes (Figura 2).

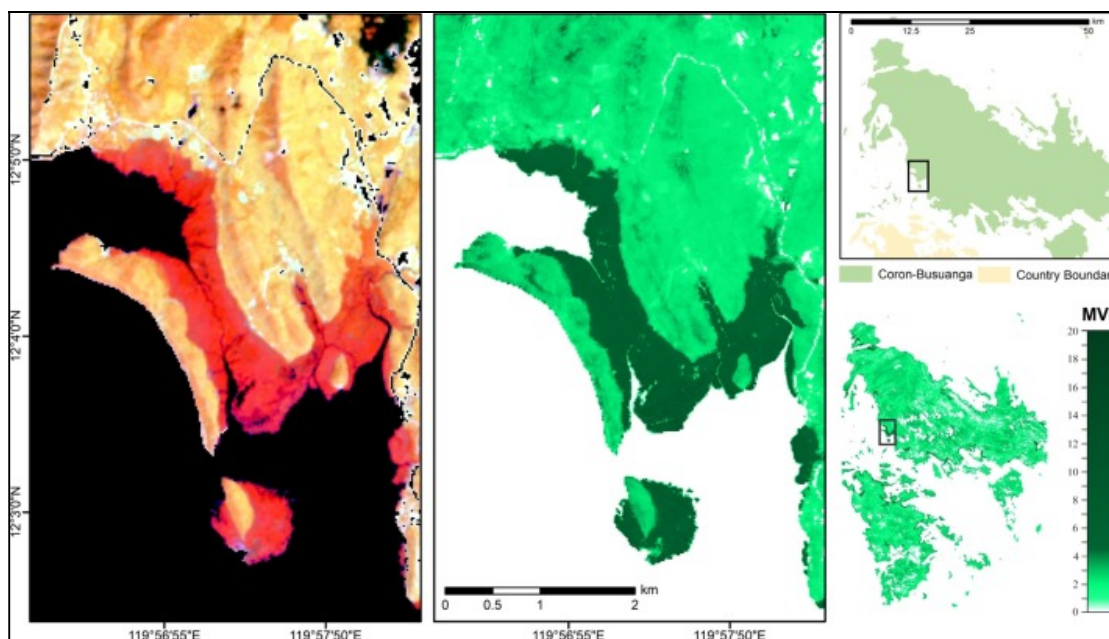


Figura 2: Resultado apresentado pelo MVI por meio de comparação da visualização de cores falsas da imagem Sentinel-2 com correção atmosférica (mais à esquerda) e a imagem MVI de saída (centro). O MVI delineou claramente os manguezais que estão na cor verde escura enquanto os não manguezais estão na cor branca a verde mais clara.

Fonte: BALOLOY *et al.*, 2020

Destaca-se também os dois índices desenvolvidos por Kumar *et al.*, ambos em 2019. O *Mangrove Probability Vegetation Index* (MPVI) identifica os pixels da imagem Hyperion correspondentes aos manguezais. Enquanto o *Normalized Difference Wetland Vegetation Index* (NDWVI) usa bandas Hyperion para discriminar espécies de mangue da vegetação não-mangue. Silva (2012), utilizou dados hiperespectrais de espécies de mangue correlacionando-os a imagens do Landsat 5 sensor TM para identificação de espécies.

Os resultados desses Índices são verdadeiros inventários e diagnósticos, principalmente no que tange a quantificação das florestas de mangue no espaço e tempo. Por exemplo, Alatorre *et al.* (2015), avaliaram a evolução temporal da atividade da vegetação de manguezais na costa sudeste do Golfo da Califórnia (México) através de séries temporais do NDVI em uma análise multi-temporal de imagens Landsat TM de 1990 a 2010, e constatou uma relação espacial entre as zonas de maior perda de vegetação com o aumento de fazendas de carcinicultura na área de estudo.

No estado de Zulia, oeste da Venezuela, nas últimas três décadas registrou-se um alto índice de desmatamento, que somado ao desconhecimento sobre a flora e a estrutura das comunidades florestais primárias da região, pode impactar negativamente a Reserva de Vida Selvagem Ciénaga de La Palmita e Isla de Pájaros localizada no estreito do Lago Maracaibo.

Vera, Morillo e Pacheco (2020), utilizaram a funcionalidade do NDVI como ponto de partida no monitoramento da vegetação, destacando a classificação da cobertura vegetal, tipos de floresta e comunidades florestais, permitindo a identificação de sete unidades de paisagem, incluindo a zonação das espécies de mangue dentro da reserva (Figura 3).

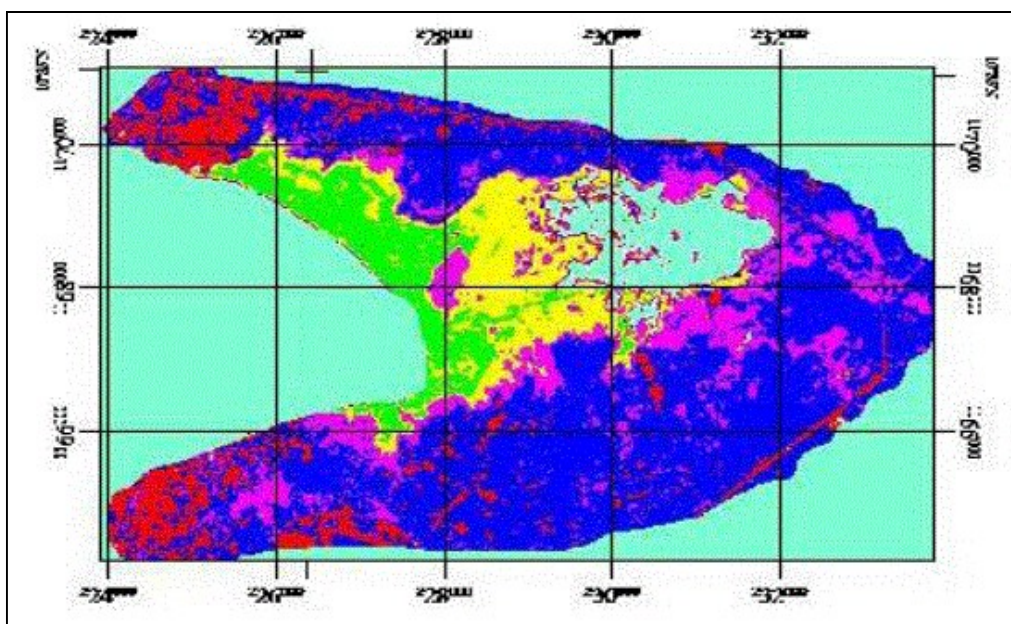


Figura 3: Unidades de paisagem da Reserva de Fauna Silvestre La Ciénaga de La Palmita. Ciano – espelho d’água; vermelho – solo exposto; azul – vegetação arbustiva; magenta – comunidades xerófilas; amarelo – *avicennia germinans*; verde – *rhizophora mangle*.

Fonte: VERA, MORILLO e PACHECO, 2020.

Na análise realizada por Cavalcanti-Silva *et al* (2018) no complexo estuarino dos rios Pina-Jordão e Tejiptió/Pernambuco, o IAF identificou o aumento da urbanização em detrimento da vegetação para o intervalo de 1984 a 2011, porém a resiliência característica desse ecossistema propiciou o registro de aumento da vegetação de mangue em algumas localidades da área de estudo. Da mesma forma, na busca por estratégias que auxiliem na conservação e gestão ambiental, Vila Nova *et al* (2013), Melo e Silva (2018) e Ruza *et al* (2019) usaram o NDVI como ferramenta de monitoramento dos

manguezais do estado de Pernambuco e Paraná, encontrando substituição de mangues por áreas urbanas; supressão da vegetação de mangue entre 1989 e 2011, 539 ha, sendo essa vegetação também substituída por construções e solo exposto; redução de 53% nas áreas de manguezais do litoral paranaense convertidos para construções (Figura 4).

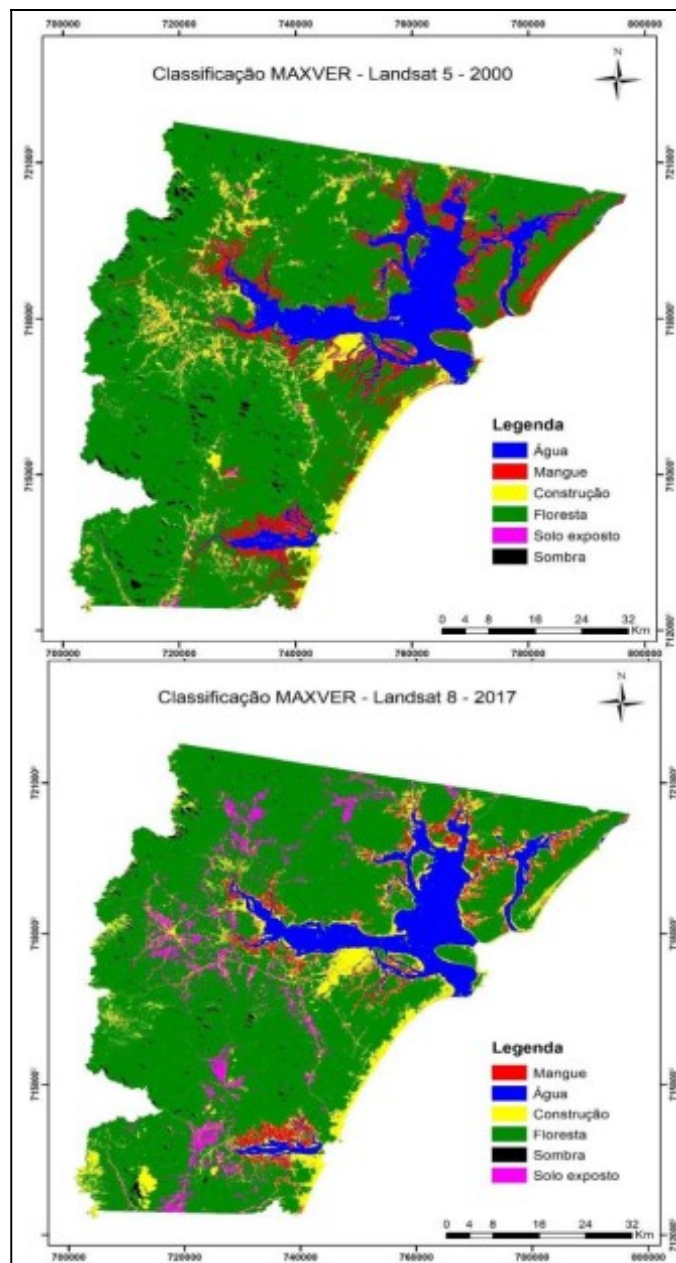


Figura 4: Classificações pelo método de verossimilhança para todas as bandas com as imagens do Landsat 5 e Landsat 8.

Fonte: RUZA *et al.*, 2019.

Assim, a eficiência/accurácia dos Índices de Vegetação, principalmente no monitoramento espaço-temporal da vegetação de mangue é uma ferramenta de gestão, preservação e conservação. Inventários e diagnósticos a partir de imagens de satélites são uma realidade, revelando assim, mais uma possibilidade para os estudos das florestas de mangue em escalas diversas, desde a local, regional a global.

REFERÊNCIAS

- ALATORRE, L. C.; SÁNCHEZ-CARRILLO, S.; MIRAMONTES-BELTRÁN, S.; MEDINA, R. J.; TORRES-OLAVE, M. E.; BRAVO, L. C.; WIEBE, L. C.; GRANADOS, A.; ADAMS, D. K.; SÁNCHEZ, E.; UC, M. Temporal changes of NDVI for qualitative environmental assessment of mangroves: Shrimp farming impact on the health decline of the arid mangroves in the Gulf of California (1990–2010). **Journal of Arid Environments**, 125, 2016, p.98-109. ISSN: 0140-1963. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.10.010>.
- BALOLOY, A. B.; BLANCO, A. C.; STA. ANA, R. R. C.; NADAOKA, K. Development and application of a new mangrove vegetation index (MVI) for rapid and accurate mangrove mapping. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, 166, 2020, p.95-117. ISSN: 0924-2716, Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.06.001>.
- BARBIER, E.; HACKER, S. D. The value of estuarine and coastal ecosystem services. **Ecol. Monogr**, 81, 2011, p.169-193.
- BISRAT, E.; BERHANU, B. Identification of surface water storing sites using topographic wetness index (TWI) and normalized difference vegetation index (NDVI). **J. Nat. Resour. Dev.** 2018, p.91-100, DOI: 10.5027/jnrd.v8i0.09.
- CAVALCANTI-SILVA, E. R. A.; ASSIS, D. R. S.; SILVA, J. F.; MELO, J. G. S.; GALVÍNCIO, J. D. Análise espaço-temporal das características do mangue urbano no estuário do Pina (Pernambuco). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**. v.1, n.1, 2018.
- FEITOSA, F. A. N. **Produção primária do fitoplâncton relacionada com parâmetros bióticos e abióticos da Bacia do Pina (Recife – Pernambuco, Brasil)**. 1988. 220f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia), CTG, UFPE, Recife.

GIARDINO, C.; BRANDO, V. E.; GEGE, P.; PINNEL, N.; HOCHBERG, E.; KNAEPS, E.; REUSEN, I.; DOERFFER, R.; BRESCIANI, M.; BRAGA, F.; FOERSTER, S.; CHAMPOLLION, N.; DEKKER, A. Imaging spectrometry of inland and coastal waters: state of the art, achievements and perspectives. **Surv. Geophys.**, 40, 2019, p.401-429.

GIRI, C.; PENGRA, B.; ZHU, Z.; SINGH, A.; TIESZEN, L. L. Monitoring mangrove forest dynamics of the Sundarbans in Bangladesh and India using multi-temporal satellite data from 1973 to 2000. **Estuar. Coast. Shelf Sci.** 2007, p.73, 91-100.

GUPTA, K.; MUKHOPADHYAH, A.; GIRI, S.; CHANDA, A.; MAJUMDAR, S. D.; SAMANTA, S.; MITRA, D.; SAMAL, R. N.; PATTNAIK, A. K.; HAZRA, S. An Index for discrimination of mangroves from non-mangroves using Landsat 8 OLI imagery. **Methods X.**, 5, 2018, p.1129-1139.

JIA, M.; WANG, Z.; WANG, C.; MAO, D.; ZHANG, Y. A new vegetation index to detect periodically submerged Mangrove forest using Single-Tide Sentinel-2 Imagery. **Remote Sens.**, 11, 2019, p.2043.

KUMAR, T.; MANDAL, A.; DUTTA, D.; NAGARAJA, R.; DADHWAL, V. K. Discrimination and classification of mangrove forests using EO-1 Hyperion data: a case study of Indian Sundarbans. **Geocarto Int.**, 34, 2019, p.415-442.

LI, Y.; CAO, Z.; LONG, H.; LIU, Y.; LI, W. Dynamic analysis of ecological environment combined with land cover and NDVI changes and implications for sustainable urban e rural development: the case of Mu Us Sandy Land, China. **J. Clean. Prod.**, 142, 2017, p.697-715. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.09.011.

MELO, J. G. S.; CAVALCANTI-SILVA, E. R. A. Avaliação do estuário do Capibaribe (Recife/Pernambuco, Brasil) acerca da degradação ambiental nos manguezais em ambientes urbanos. **Revista Brasileira de Meio Ambiente.** n.1, v.1. p.039-047, 2018.

MURDIYARSO, D.; PURBOPUSPITO, J.; KAUFFMAN, J. B.; WARREN, M. W.; SASMITO, S. D.; DONATO, D. C.; MANURI, S.; KRISNAWATI, H.; TABERIMA, S.; KURNIANTO, S. The potential of Indonesian mangrove forests for global climatechangemitigation. **Nat. Clim. Change**, 5, 2015, p.1089.

PIMENTEL, A. S.; REIS, V. L.; LIMA, Y. M. S.; SANTOS NETO, L. A.; BEZERRA, D. S.; LIMA, T. M.; BROWN, I. F. Integração de geotecnologias para apoiar respostas a eventos hidrológicos críticos: a experiência da unidade estadual de monitoramento hidrometeorológico durante as Inundações de 2015 na bacia do rio Acre – Acre/Brasil. In: TULLIO, Leonardo (Org.). **Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto.** Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018.

RECIFE. **Via Mangue.** Secretaria de Planejamento, Urbanismo e Meio Ambiente. Recife: Prefeitura da Cidade do Recife. 2007.

- RUZA, M. S.; DALLA CORTE, A. P.; PRUNZEL, J. Mangue No Paraná: Análise Multitemporal do Uso do Solo no Litoral Paranaense para o Período de 2000 A 2017. **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2019. INPE, Santos- SP, Brasil.
- SAUSEN, T. M.; LACRUZ, M. S. P. **Sensoriamento Remoto para Desastres**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.
- SILVA, J. B. **Sensoriamento Remoto Aplicado ao Estudo do Ecossistema Manguezal**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Brasil, 2012. 188p.
- VERA, A.; MORILLO, G.; PACHECO, D.  ndices de vegetación y unidades de paisaje de la Reserva de Fauna Silvestre Ciénaga de La Palmita e Isla de Pájaros, estado Zulia, Venezuela. **Rev. Inv. Cs. Agro. y Vet.** [online]. 2020, v.4, n.11, p.157-169. Disponível em: <http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2664-09022020000200005&lng=es&nrm=iso>. ISSN: 2664-0902.
- VILA NOVA, F. V. P.; TORRES, M. F. A.; COELHO, M. P.; SANTANA, N. M. G. de. Aplica o do  ndice de vegeta o por diferença normalizada no monitoramento dos manguezais: Litoral sul de Pernambuco – Brasil. **Geografares**, [S. l.], n. 15, p. 36–67, 2013. DOI: 10.7147/GEO15.5665. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/geografares/article/view/5665>. Acesso em: 27 ago. 2021.
- WANG, L.; JIA, M.; YIN, D.; TIAN, J. A review of remote sensing for mangrove forests: 1956-2018. **Rem. Sens. Environ.**, 231 (2019), p. 111223.
- XIA, Q.; QIN, C. Z.; LI, H.; HUANG, C.; SU, F. Z.; JIA, M. M. Evaluation of submerged mangrove recognition index using multi-tidal remote sensing data. **Ecol. Indicat.**, 113, p. 106196, 2020.
- ZHANG, X.; TIAN, Q. A mangrove recognition index for remote sensing of mangrove forest from space. **Current Sci.**, 105, 2013, p.1149-1154.
- ZULFA, A.; NORIZAH, K. Remotely sensed imagery data application in mangrove forest: a review. **Pertanika J. Sci. Technol.**, 26:3, 2018, p.899-922.