

## MAPEAMENTO DA VULNERABILIDADE À EROÇÃO COSTEIRA A PARTIR DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO

LUIS EUGENIO POSTAY FRIZZO<sup>1</sup>; ADILSON APARECIDO DA SILVA<sup>2</sup>; IVANOR ZACHARIAS<sup>3</sup>; ÁQUILA FERREIRA MESQUITA<sup>4</sup>; ANGELICA CIROLINI<sup>5</sup>; ALEXANDRE FELIPE BRUCH<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [luissefrizzo@gmail.com](mailto:luissefrizzo@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [silvaadilsonaparecido@gmail.com](mailto:silvaadilsonaparecido@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – [ivanor\\_zg@yahoo.com.br](mailto:ivanor_zg@yahoo.com.br)

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas – [aquila.ufpel@gmail.com](mailto:aquila.ufpel@gmail.com)

<sup>5</sup>Universidade Federal de Pelotas – [acirolini@gmail.com](mailto:acirolini@gmail.com)

<sup>6</sup>Universidade Federal de Pelotas – [afbruch@gmail.com](mailto:afbruch@gmail.com)

### 1. INTRODUÇÃO

Processos de erosão costeira são encontrados nas margens continentais no mundo todo. Segundo CARVALHO (2011), o Brasil é um dos países que apresenta processos de erosão costeira na maior parte do seu litoral, principalmente em áreas onde existe uma pressão por ocupação populacional ou por alguma atividade econômica. Conforme MAIA (2005), a análise de processos de erosão costeira deve ser baseada não só no mapeamento da expansão da malha urbana sobre as linhas de praia, mas contabilizar as vulnerabilidades naturais como direção de ventos, tipos e gênese de dunas, densidade da vegetação, entre outros. Outros autores como PAULA (2013) e WANSLEY et al. (2015) fomentam a análise de processos dinâmicos associados a variação do nível do mar, a corrente da deriva litorânea e a influência da maré.

Estudos recentes de DENNER et al. (2015) e CENCI et al. (2017) demonstraram a viabilidade do uso de imagens orbitais para o diagnóstico preliminar de áreas com vulnerabilidade à erosão costeira. Estes trabalhos também se apoiam em sistemas de informações geográficas para quantificar a suscetibilidade à erosão, mudança na linha de costa, enumeração e quantificação das áreas de risco.

Segundo WANSLEY et al. (2015) e ARAÚJO et al. (2019), o estudo da vulnerabilidade costeira fomenta o gerenciamento integrado da zona litorânea, podendo subsidiar o planejamento de ações preventivas e protetivas frente aos processos de mudanças ambientais naturais e antrópicas. Sendo assim, esta pesquisa tem por objetivo elaborar o mapeamento preliminar da vulnerabilidade à erosão costeira com base em índices de vegetação conforme a proposta de ARAÚJO et al. (2019).

### 2. METODOLOGIA

Para a realização desta pesquisa foi utilizada uma imagem multiespectral do satélite CBERS-4, sensor PAN – Pancromático e Multiespectral, com órbita/ponto (158/138) e resolução espacial de 10 metros, imageada em 19/08/2019. Esta imagem foi selecionada por apresentar o menor grau de cobertura de nuvens.

Após a aquisição, as imagens foram registradas através de 5 pontos com coordenadas levantadas em campo com o auxílio de um par de receptores Geodésicos com correção diferencial (Real Time Kinematic - RTK). Na técnica RTK, a estação base recebe os dados brutos da estação móvel, gera e transmite as correções diferenciais para a estação móvel, que utiliza essas informações para determinar a sua posição. Os resultados deste tipo de posicionamento são

coordenadas corrigidas com precisão na ordem subdecimétrica. Este sistema permite uma acurácia no registro das imagens, que resultou um erro quadrático médio de 0,2 por pixel.

Para a determinação do índice de cobertura vegetal, no programa SPRING foi aplicado o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (Equação 01) proposto por ROUSE et al. (1973), ou Índice da Diferença Normalizada da Vegetação, que é alcançado através da razão de bandas de duas faixas do espectro eletromagnético. É feita a divisão da soma das faixas do NIR e VIS (Equação 02). Onde o NDVI é obtido da:

$$NDVI = (NIR-VIS)/(NIR+VIS) \quad (Eq.01)$$

Para cada sensor, as bandas utilizadas podem ser diferentes. Como este trabalho se apoia em imagens do satélite Landsat 5 o NDVI é exemplificado pela:

$$NDVI = (Pnir-Pred)/(Pnir+Pred) \quad (Eq.02)$$

Onde:

*Pnir* = reflectância da banda no infravermelho próximo (intervalo entre 0,770–0,890  $\mu\text{m}$ );

*Pred* = reflectância da banda do vermelho (intervalo entre 0,630-0,690  $\mu\text{m}$ );

Conforme LIU (2007), o resultado do NDVI que varia de -1 a +1, onde os valores negativos referem-se às nuvens; próximo de zero está o solo nu ou exposto sem vegetação; o valor de NDVI mais elevado refere-se à densidade de vegetação ou ao estágio de desenvolvimento até o pleno vigor da planta. Os valores variam de 0,1 a 0,8 conforme a arquitetura, densidade e umidade da vegetação. Em áreas com déficit hídrico ou com vegetação em senescência, estes valores tendem a diminuir aproximando-se de zero.

Para a elaboração do mapa de vulnerabilidade à erosão costeira com base em NDVI, ARAÚJO et al. (2019) propõe as classes de vulnerabilidade conforme tabela 1.

Tabela 1: Classificação da vulnerabilidade à erosão.

Vulnerabilidade da Superfície	NDVI
Alta	<0,200
Média	>0,201 - 0,500<
Baixa	>0,501

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do NDVI refletem a densidade de cobertura vegetal existente na área de estudo (Figura 1). Segundo DENNER et al. (2015), CENCI et al. (2017) e ARAÚJO et al. (2019), a cobertura vegetal é o fator principal de controle da mobilização de sedimentos, fixando as dunas frontais e estabilizando os processos de erosão costeira.

Portanto, foram definidas três classes de vulnerabilidade sendo que na área de estudo, conforme a proposta de ARAÚJO et al. (2019), onde a classe de baixa vulnerabilidade (NDVI>0,501) está representada pelos terrenos em pousio da cultura do arroz irrigado e que na data em análise estão recobertos por gramíneas nativas. Estas áreas influenciam minimamente na disponibilidade de sedimentos para o transporte eólico, por se concentrarem majoritariamente na zona de supramaré.

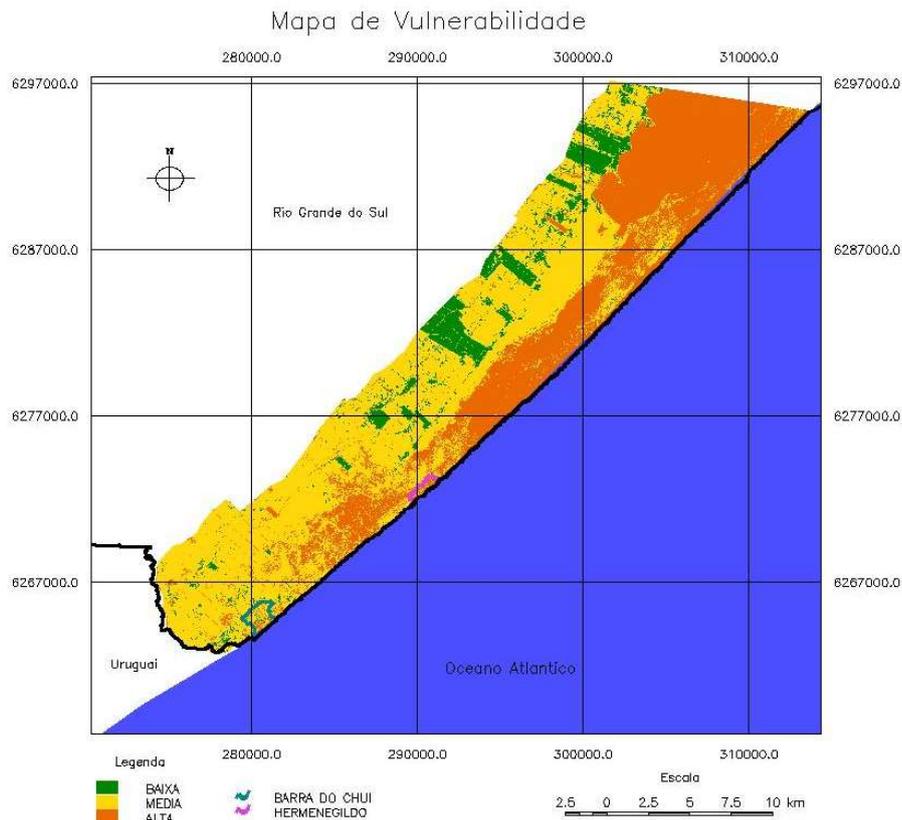


Figura 1: Mapa de vulnerabilidade à erosão costeira por NDVI.

Já a classe de média vulnerabilidade à erosão ( $NDVI >0,201 - 0,500 <$ ) está localizada principalmente na parte sul da área de estudo, próximo à praia da Barra do Chuí. São locais onde a cobertura vegetal das dunas é rarefeita, apresentando principalmente o capim-de-duna (CARVALHO et al., 2002). Geralmente são áreas que não apresentam erosão costeira.

Por fim, as áreas com alta vulnerabilidade à erosão ( $NDVI <0,200$ ) estão localizadas nas áreas norte e leste da área de estudo, próximas a praia do Hermenegildo. São locais onde as dunas frontais são pobremente vegetadas, fomentando a disponibilidade de sedimento para o transporte eólico e/ou de onda por se concentrar próximo à zona de intramaré (Figura 2). Estas são áreas prioritárias para projetos de recuperação da cobertura vegetal, visto os conhecidos problemas de erosão costeira existentes.



Figura 2: Aerofotografia da área de estudo, próximo à praia do Hermenegildo.

#### 4. CONCLUSÕES

Esta pesquisa gerou uma avaliação preliminar das áreas suscetíveis à erosão costeira através de imagem de NVDI e o mapa de vulnerabilidade. Os resultados concordam com os problemas conhecidos de erosão costeira existentes no litoral sul do Rio Grande do Sul, principalmente na praia do Hermenegildo.

Os melhores resultados (vulnerabilidade baixa) foram encontrados em áreas agricultáveis e na data das imagens recobertas com gramíneas. Já as áreas com vulnerabilidade média estão localizadas próximas à praia da Barra do Chuí, apresentando cobertura por gramíneas rarefeitas como o capim-de-duna. Por fim, as piores áreas estão localizadas próximas à praia do Hermenegildo, sendo locais conhecidos pelos processos de erosão costeira intensamente atuante.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, I.R.G.; GOMES, E.R.; GONÇALVES, R.M.; QUEIROZ, H.A.A. Estimativa do Índice de vulnerabilidade à erosão costeira (IVC) para o litoral do Piauí, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. V.20 n<sup>o</sup>1. 2019.

CARVALHO, R.V.; SILVA, K. G; BECKENKAMP, P.R.C. & MESSIAS, L.T. Gestão ambiental no sistema de dunas costeiras área de preservação permanente do balneário Cassino - RS. **Anais do 2º Encontro de Áreas Protegidas**, Pelotas, RS, 2002.

CARVALHO, D. W. A zona costeira brasileira e o gerenciamento dos danos ambientais futuros. **R.Lusíada: Direito e Ambiente**, v.1,p.97-111, Portugal, 2011.

CENCI, L.; DISPERATI, L. PERSICHILLO, M. G.; OLIVEIRA, E.R.; ALVES, F.L.; PHILLIPS, M. Integrating remote sensing and GIS techniques for monitoring and modeling shoreline evolution to support coastal risk management. **GIScience & Remote Sensing**, p. 1-21, 2017.

DENNER, K.; PHILLIPS, M.R.; JENKINS, R.E.; THOMAS, T. A coastal vulnerability and environmental risk assessment of Loughor Estuary, South Wales. **Ocean and Coastal Management**, v. 116, 478–490, 2015.

LIU, W. T. H. **Apl. de Sensoriamento Remoto**. C. Grande: Ed. UNIDERP, 2007.

MAIA, L.P. Projeto Nordeste – **Definição e quantificação dos processos costeiros no litoral do estado do ceará**: implicações a zona litorânea. 2005.

PAULA, J. E. A. **Dinâmica morfológica da planície costeira do estado do Piauí: evolução, comportamento dos processos costeiros e a variação da linha de costa**. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 247 p, 2013.

ROUSE, J.W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: **ERTS-1 Symposium**, 3., 1973, Washington, DC. Proceedings... Washington: NASA, 1973.

WAMSLEY, T.; COLLIER, Z.; BRODIE, K.; et al. Guidance for Developing Coastal Vulnerability Metrics. **Journal of Coastal Research**, v. 31, n. 6, 2015.