

ANÁLISE DA VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA NA ORLA NORTE, ILHA DE COTIJUBA, BELÉM, PARÁ.

Glenda Helena Nunes Corrêa ¹
Gabriel Pereira Cruz ²
Márcia Aparecida da Silva Pimentel ³

INTRODUÇÃO

A zona costeira é um espaço que tem grande valor para diversos propósitos, incluindo o turismo, lazer e moradia (Medeiros et al., 2014). Entretanto, essas atividades podem ser prejudicadas pelos processos provenientes da dinâmica costeira como a erosão, assim acarretando mudanças na paisagem de diversas praias e consequentemente ocasionando dificuldades para o desenvolvimento das atividades produtivas locais (Medeiros et al., 2014). Essa degradação é alimentada por conta de diversos fatores, como o aumento do nível do mar, sendo resultado das mudanças climáticas e do derretimento do gelo polar (Monteiro et al., 2023). Além disso, a ocupação humana pode intensificar a erosão, por meio da remoção de vegetação das margens, construção próximas à linha de costa, extração de areia e de componentes da praia (Lopes, 2022).

A linha de costa (LC), é um elemento geomorfológico e de delimitação ambiental dentro da zona costeira a qual é caracterizado por conta da sua alta dinâmica espacial decorrente de respostas a processos costeiros de diferentes magnitudes e frequências (Marino; Freire, 2013), assim, modelando o relevo local ao longo do tempo por meio da erosão em determinados setores ou acreção costeira em outros. (Baía; Ranieri, 2023). O avanço da linha de costa pode ocasionar prejuízos, como mudanças na dinâmica praial e desgaste de construções civis, além de poder resultar também em impactos de ordem socioeconômica por atingir algumas das diversas atividades (Ranasinghe, 2016; Xu, 2018). Diante disso, conhecer os fatores de atuação na zona costeira é importante para prever a direção do movimento da linha de costa.

¹ Graduanda do Curso de Bacharelado em Geografia da Universidade Federal do Pará - UFPA, glenda42h@gmail.com;

² Graduado pelo Curso de Bacharelado em Geografia da Universidade Federal do Pará- UFPA, gpcruz.geo@gmail.com;

³ Doutora em Geografia, Faculdade de Geografia e Cartografia - UFPA, orientador@email.com.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objeto de pesquisa, o estudo da porção norte da ilha de Cotijuba (Figura 1), parte insular do município de Belém, Pará. A ilha tem elementos que fornecem alto potencial turístico da região, chegando a receber cerca de 20 mil visitantes por final de semana, o que é característico do turismo de massa (BELÉM, 2021). No aspecto hidrográfico, este recorte pertence ao setor 3, reconhecido como Continental Estuarino, no qual está incluída a Região Metropolitana de Belém. Esta definição foi adotada pela Política de Gerenciamento Costeiro do Estado do Pará (Lei Estadual nº 9604/2020- PEGC/PA), que classificou a região da zona costeira paraense em cinco setores. (SEMMAS, 2020).

Neste estudo foram utilizadas técnicas de detecção de variação da LC para realizar uma análise multitemporal na porção norte da ilha de Cotijuba, localizada no município de Belém, no estado do Pará. Nessa parte da ilha ficam localizadas as praias do Vai Quem Quer e Pedra Branca, trechos onde serão observadas as variações da linha de costa entre os anos de 1984 a 2023.

Figura 1: Localização da orla Norte, ilha de Cotijuba, Belém-PA



Fonte: Elaborado por autores (2024)

METODOLOGIA

A realização da pesquisa para estimativa da variação da linha de costa inclui a aplicação do Sistema de Análise Digital da Linha de Costa – *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS). Assim, baseado na obtenção dos dados para o mapeamento e análise desses dados em três etapas.:

Primeira etapa: Aquisição de Imagens de Satélite

Nesta etapa foi realizada a interpretação da evolução das linhas de costa a partir da análise das imagens Landsat durante os 39 anos, sendo adquiridas por meio do site da *United States Geological Survey* (USGS), na obtenção das imagens TM (*Thematic Mapper*) do Landsat 5 para o ano de 1984, 1994 e 2004, e as imagens do sensor OLI (*Operational Land Imager*) do Landsat 8 para os anos de 2015 e 2023. As imagens

foram projetadas em Datum WGS84 (UTM), mas logo após a aquisição, todas as imagens foram reprojetadas para WGS84 Zona 22S Datum para estar de acordo com a área de estudo. Todos os procedimentos foram realizados usando o software ArcGis® Desktop 10.8, que serviu para reprojetar as imagens e criar os arquivos vetoriais de representação de linha de costa.

Segunda etapa: Delimitação das linhas de costa

Após a aquisição das imagens e a sua reprojeção, realizou-se o Índice de Diferença Normalizada da Água Modificado (MNDWI) para extrair a linha de costa com imagens de satélite. O método MNDWI (equação 1) sugerido por (Xu, 2006) tem sido amplamente usado e é determinado como um melhor índice para o mapeamento automatizado com uma maior precisão (Kelly; Gontz, 2018). Como resultado do MNDWI é obtido um novo arquivo raster com valores de pixel sendo variados no intervalo de -1 a +1, assim valores negativos representam corpos d'água, enquanto valores positivos ou zero representam vegetação ou terra (Leite; Almeida, 2023). Em seguida é extraído as linhas de costas dos anos 1984, 1994, 2004, 2015 e 2023, baseado no método do MNDWI.

Equação 1 – *Modified Normalized Difference Water Index* (MNDWI), sendo o verde a reflectância das bandas do verde e o Swir a reflectância na banda do infravermelho de ondas curtas

$$MNDWI = \frac{Green - SWIR}{Green + SWIR}$$

Terceira etapa: análise de linhas de costa utilizando DSAS

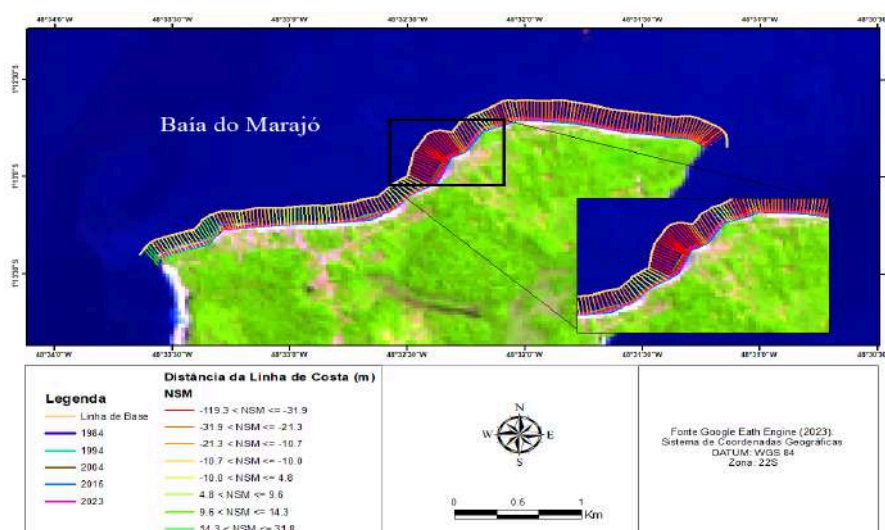
Para realização das taxas de variação da linha de costa foi utilizado a extensão DSAS 5.1 de Thieler; Martin; Ergul (2003) do software ArcGis® Desktop 10.8, sendo empregado para calcular as taxas de variação entre os vetores da linha de costa. O cálculo foi baseado na linha de base, a linha de costa e os transectos perpendiculares a qual cortam ambas as linhas (Himmelstoss et al., 2018, Leite; Almeida, 2023).

No estudo foram aplicados três métodos estatísticos sendo eles: *Net Shoreline Moviment* (NSM), que calcula a maior distância (m) entre o ano mais antigo ao mais recente de acordo com os transecto (Himmelstoss et al., 2018); *End Point Rate* (EPR); *Linear Regression Rate* (LRR) com R2, sendo o EPR e LRR calculam a linha costa de acordo com dados da taxa de variação para cada transecto entre a primeira e a última linha costeira (Mutaqin, 2017). Os dados de NSM, EPR e LRR apresentam valores positivos para taxas de acreção (verde) e valores negativos para taxas de erosão (vermelho). (Leite; Almeida, 2023). Dessa forma, ao final da aquisição dos dados é feito a análise das variações totais de NSM e taxas de variação anual sendo o EPR e LRR da linha de costa, assim comparando as duas taxas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos dados de NSM, EPR e LRR do DSAS feitos na linha de costa da orla norte, sendo incluídas a praia Vai quem Quer e Pedra Branca, com aproximadamente 5 km da orla com cerca de 177 transectos, assim revelando as mudanças na linha de costa.

Figura 2 – Transect *Net Shoreline Moviment* (NSM)



Fonte: Elaborado por autores (2024)

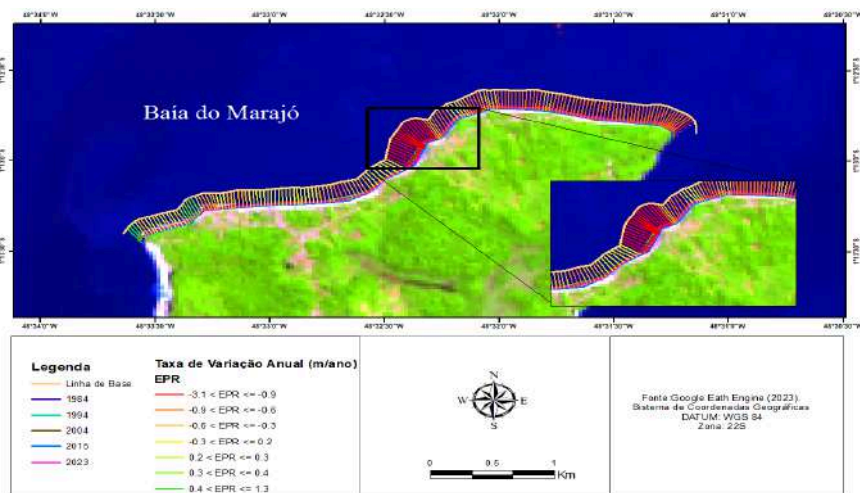
Figura 3 – Distância da linha de costa-NSM



Fonte: Elaborado por autores (2024)

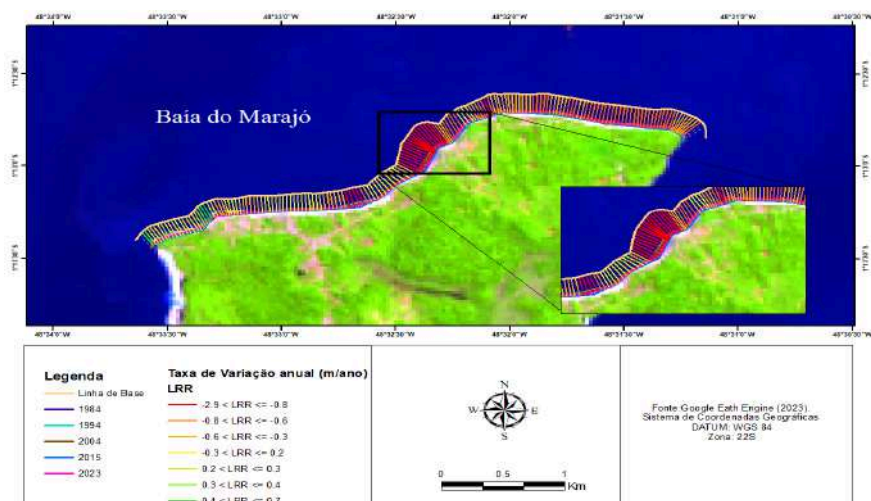
Para a análise dos valores de NSM (Normalized Shoreline Movement) foi possível observar o comportamento da linha de costa, especialmente com relação à acreção ou erosão (Dinç, 2023). De acordo com o primeiro método aplicado que seria o NSM do DSAS, a distância média é de -23,25 m, indicando uma tendência de erosão e a distância máxima é de 25.06 m, indicando uma tendência de acreção no transecto de número 1.

Figura 4 – Transect *End Point Rate* (EPR)



Fonte: Elaborado por autores (2024)

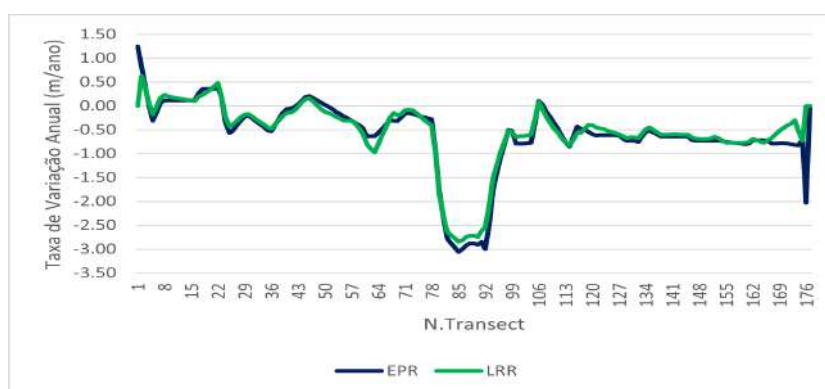
Figura 5– Transect *Linear Regression Rate* (LRR)



Fonte: Elaborado por autores (2024)

Em relação às taxas médias de variação, verificou-se que o EPR (End Point Rate) com -0.60 m/ano (vermelho) e o LRR (Linear Regression Rate) com -0.55 m/ano (vermelho), como mostrados graficamente na Figura 6. Diante disso, observou-se que a mudança é mais ao centro da linha costeira, assim comprovando uma maior taxa de erosão nessa região da praia Vai-Quem-Quer em que a cor vermelha parece mais evidente (Figuras 4 e 5). Além disso, há incidência de distância máxima indicando a acreção com os valores máximos de 1.25 m/ano (verde) de EPR e de 0.63 m/ano (verde) de LRR, o que indica a acreção na área mais ao sul da região da linha.

Figura 6 – Taxa de variação anual- EPR E LRR



Fonte: Elaborado por autores (2024)

Como resultado do estudo, foi demonstrado que houve uma taxa de mudança de 1984 a 2023 na linha de costa de 5 km na área de estudo. Em síntese, é possível verificar e comprovar que as taxas de erosão são muito mais altas que as de acreção, as quais são decorrentes de ações da dinâmica costeira.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de geoprocessamento e sensoriamento remoto para a análise da variação da linha de costa demonstra-se importante para a caracterização da dinâmica que ocorre na zona costeira. Essas ferramentas possibilitam a caracterização de áreas de erosão e acreção, sendo assim fundamental para subsidiar políticas públicas de ocupação e uso da zona costeira e auxiliar na redução do risco de desastres naturais. Na ilha de Cotijuba, foi comprovado, através deste estudo, que sua LC está com tendência erosiva sendo em decorrência da dinâmica costeira ali presente e concomitantemente a intervenção humana que intensifica os eventos erosivos. Este estudo trata-se, neste primeiro momento, em fazer uma análise da LC, produzindo dados para subsidiar futuros estudos e pesquisas no âmbito do reconhecimento de áreas de vulnerabilidade e risco e assim proporcionar um diagnóstico mais completo da situação socioambiental do local, assim permitirá uma melhor compreensão dos desafios enfrentados pela comunidade e facilitará a elaboração de estratégias eficazes de mitigação e intervenção.

REFERÊNCIAS

- BAÍA, L. B.; RANIERI,. Use Of Data From Remote Sensors To Monitor The Shoreline Of The Algodal/Maiandeuá Island, Amazon Coast. **Revista Geográfica Acadêmica** v. 17 n. 2 .2023.
- BELÉM. **Plano Municipal de Turismo de Belém. Coordenadoria Municipal de Turismo - BELEMTUR**. Belém, 2021.
- DINÇ , G. Unveiling shoreline dynamics and remarkable accretion rates in Lake Eğirdir (Turkey) using DSAS. The implications of climate change on lakes. **TeMA - Journal of Land Use, Mobility and Environment**, n. 2, p. 95-108, 30 nov. 2023.
- KELLY, J.T. & GONTZ, A.M. Using GPS-surveyed intertidal zones to determine the validity of shorelines automatically mapped by Landsat water indices. **International journal of applied earth observation and geoinformation**, v. 65, p. 92-104, 2018.
- HIMMELSTOSS, E. A. et al. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 5.0 user guide: **Open-File Report**. p. 110. 2018.

LEITE, L. H. J.; ALMEIDA, N. M. D. ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL E MODELAGEM PREDITIVA DA LINHA DE COSTA DO ESTADO DO CEARÁ: Spatial - temporal analysis and predictive modeling of the coastal zone of the state of Ceará. **Geosciences = Geociências**, v. 42, n. 3, p. 419–436, 4 dez. 2023.

LOPES, Walmira Ferreira. Identificação de medidas de mitigação à erosão costeira no município de Belém, Pará, Brasil. Orientador: Milena Marília Nogueira de Andrade. 2022. 67 f. **Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Belém, PA, 2022.**

MARINO, M. T. R. D.; FREIRE, G. S. S. Análise da evolução da linha de costa entre as Praias do Futuro e Porto das Dunas, Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), estado do Ceará, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 13, n. 1, p. 113–129, mar. 2013.

MEDEIROS, E. C. D. S. et al. Percepção ambiental da erosão costeira em uma praia no litoral do Nordeste do Brasil (Praia da Taíba, CE). **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 14, n. 3, p. 471–482, set. 2014.

MONTEIRO, L. R. R.; BORGES, M. da S.; DOS SANTOS, L. S.; DA SILVA JÚNIOR, O. M. Estudo de erosão de orla amazônica: modificação praiana do Distrito de Mosqueiro, Pará. **DELLOS: Desarrollo Local Sostenible**, [S. l.], v. 16, n. 49, p. 3948–3971, 2023. DOI: 10.55905/rdelosv16.n49-027. Disponível em: <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/1152>. Acesso em: 3 jul. 2024.

PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **Gerenciamento costeiro no estado do Pará: orientação para o ordenamento ambiental**. Belém: SEMAS, 2020.

XU, H. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. **International journal of remote sensing**, v. 27, n. 14, p. 3025-3033, 2006.