

ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES MORFODINÂMICAS DECORRENTES DE OBRAS COSTEIRAS - SEGMENTO DA PRAIA DE JATIÚCA EM MACEIÓ - ALAGOAS

Henrique Ravi Rocha de Carvalho Almeida ¹
Sandy Carlyne Carneiro ²
Luciana Lima Araujo ³
Rosilene Mendonça Nicácio Jiménez ⁴
Glauber Lopes Mariano ⁵
Fabricio Daniel dos Santos Silva ⁶
Heliofabio Barros Gomes ⁷
Helber Barros Gomes ⁸

INTRODUÇÃO

A faixa litorânea do Brasil concentra uma parte significativa da população, dos investimentos e das atividades econômicas do país. No entanto, a intensa ocupação humana ao longo da costa provoca alterações substanciais nas características naturais dessas áreas. A demanda por uso do solo e a pressão para o desenvolvimento tornam as regiões costeiras de importância econômica estratégica (IH-Cantábria, 2018, p. 51).

Ainda, segundo IH-Cantábria (2018, p. 51), a ocupação intensiva pode ser problemática ao interferir na dinâmica natural dos ambientes costeiros, prejudicando o transporte eficiente de sedimentos e alterando processos geomorfológicos. As praias, em particular, são vulneráveis aos impactos das mudanças climáticas, onde a combinação do aumento do nível do mar e a frequência crescente de eventos climáticos extremos pode exacerbar a erosão costeira, apresentando um desafio significativo para a gestão costeira.

Adicionalmente, a avaliação das mudanças na linha costeira deve considerar as projeções de aumento do nível do mar, que têm se intensificado devido a expansão térmica dos oceanos, pelo derretimento das geleiras (e dos mantos de gelo) e pelas mudanças no armazenamento da água no subsolo (IPCC, 2023, p. 35).

¹ Professor Doutor, CECA, Universidade Federal de Alagoas – UFAL, henrique.ravi@ceca.ufal.br;

² Graduanda do Curso de Engenharia de Agrimensura – UFAL, sandy.santos@ceca.ufal.br;

³ Professora Doutora, CECA, Universidade Federal de Alagoas – UFAL, lucianalimaaraujo@hotmail.com;

⁴ Professora Doutora, CECA, Universidade Federal de Alagoas – UFAL, rosilene.nicacio@ceca.ufal.br;

⁵ Professor Doutor, ICAT, Universidade Federal de Alagoas – UFAL, glauber.mariano@icat.ufal.br;

⁶ Professor Doutor, ICAT, Universidade Federal de Alagoas – UFAL, fabricio.santos@icat.ufal.br;

⁷ Professor Doutor, ICAT, Universidade Federal de Alagoas – UFAL, heliofabio@icat.ufal.br;;

⁸ Professor Doutor, ICAT, Universidade Federal de Alagoas – UFAL, helber.gomes@icat.ufal.br.

O *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) prevê em seu Sexto Relatório de Avaliação (AR6), que o aumento do nível do mar em sua projeção mais pessimista (*Representative Concentration Pathways - RCP 8.5*) poderá alcançar, acima do nível atual, entre 0,61 e 1,10 m até o ano de 2100. Esse aumento terá um impacto direto na intensificação dos processos erosivos nas zonas costeiras (IPCC, 2023, p. 34).

Diante da deterioração das condições naturais da dinâmica costeira ao longo do litoral de Maceió-AL, e da implementação de medidas mitigadoras, é evidente a necessidade de ferramentas adequadas para a mensuração e análise das mudanças ambientais costeiras. Tais ferramentas permitirão compreender os efeitos de intervenções isoladas ou combinadas na dinâmica costeira, possibilitando uma avaliação mais precisa das suas implicações.

Com base no exposto, visto às perspectivas de intensificação dos impactos das mudanças climáticas sobre a zona costeira, este estudo objetivou analisar o comportamento morfodinâmico em região praial impermeabilizada pela implantação de estrutura rígida de contenção à erosão costeira.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no estado de Alagoas, compreende a região inserida na zona costeira da praia de Jatiúca, localizada no bairro de mesmo nome, no município de Maceió. Geograficamente, está delimitada pela Avenida Álvaro Otacílio e pelo Oceano Atlântico, abrangendo aproximadamente 536 metros de extensão (Figura 1).

A metodologia empregada consistiu inicialmente em mapear bimestralmente a área de estudo por aerofotogrametria através do emprego de aeronave não tripulada tipo multirrotor, marca DJI, modelo Phantom 4 Advanced. Os voos foram realizados em períodos bimestrais, e se desenvolveram entre o mês de setembro de 2023 a julho de 2024, sempre em momentos de baixa-mar de sizígia, a uma altitude de voo de 60 metros. A região recoberta compreendeu a face superior da pós-praia e se estendeu até a linha d'água (limite superior da antepraia).

Para o controle planialtimétrico do bloco aerofotogramétrico, foram implantados 26 pontos de controle em solo (*Ground Control Points – GCP*), distribuídos sobre as regiões da pós-praia superior e zona do estirâncio. As coordenadas geodésicas dos GCPs foram obtidas através de um receptor geodésico GNSS (*Global Navigation Satellite System*) em módulo de posicionamento relativo cinemático em tempo real (*Real Time Kinematic – RTK*).

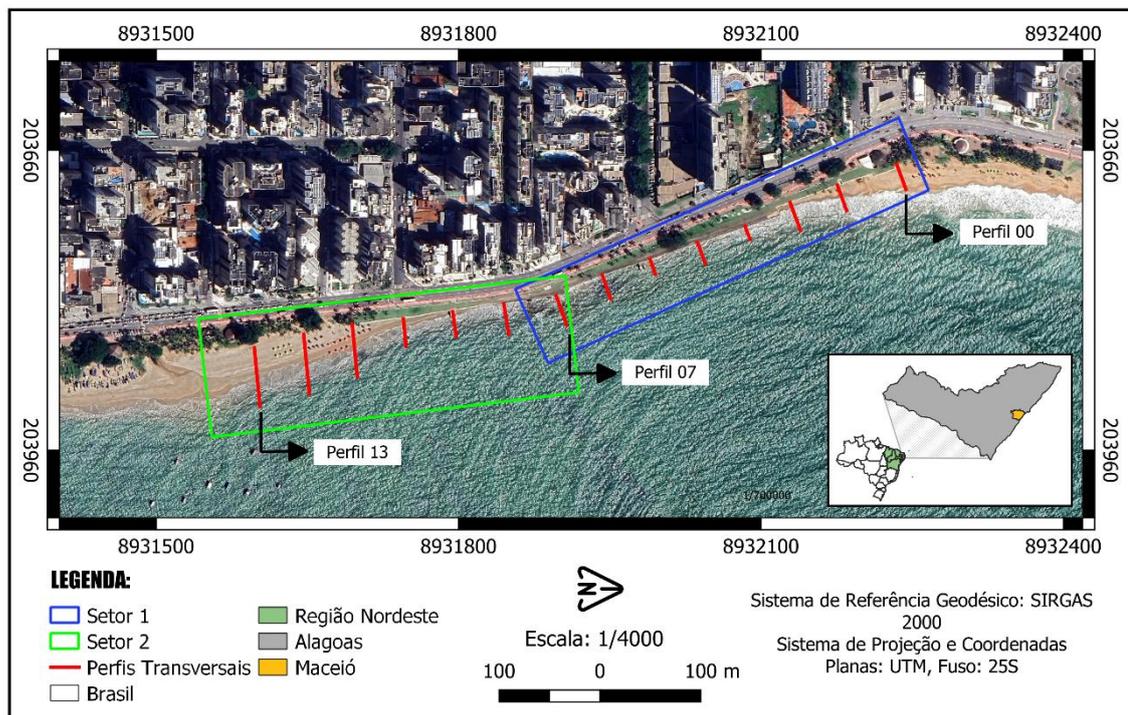


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo no litoral da praia de Jatiúca.

Na sequência, aplicando o *software* de processamento aerofotogramétrico Agisoft Metashape Professional[®], foram gerados dois produtos cartográficos para os períodos monitorados, o Ortofotomosaico e os Modelos Digitais do Terreno (MDT), dos quais, ao adaptar a metodologia proposta por FÉLIX (2010, p. 189) e GAGLIARDI (2013, p. 55), foram extraídos 14 perfis topográficos transversais à costa, com equidistância aproximada de 100 metros, posicionados desde a linha de crista da estrutura de contenção (limite praia e pós-praia) até a linha d'água (zona da antepraia superior) e distribuídos de em ordem crescente de Nordeste para Sudoeste.

Após a determinação dos perfis praias, a dinâmica do transporte e deposição sedimentar foi obtida a partir da metodologia adotada por ALMEIDA (2018, p. 63). Onde, o cálculo do volume de areia por metro linear de praia resulta da multiplicação da área compreendida pelas curvas dos perfis, por um metro, cujo valor final representa a área de um prisma composto por duas superfícies equivalentes e equidistantes por um metro.

Além do mais, ALMEIDA (2018, p. 63) propõe que cada perfil monitorado seja sobreposto em planilha eletrônica tipo do LibreOffice[®] (Figura 2), de maneira a avaliar as mudanças morfológicas ao logo das diferentes compartimentações do perfil praias. Para KÖHLER (2000, p. 116), esta avaliação é importante, visto que os perfis transversais podem apresentar padrões comuns em determinadas épocas do ano.

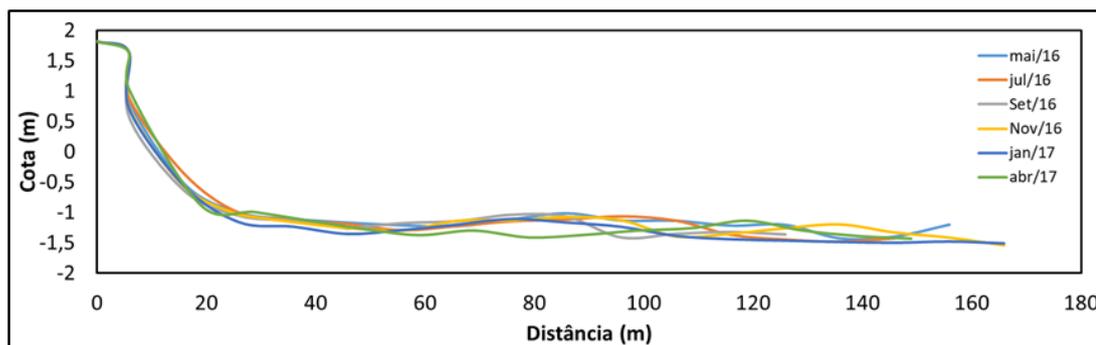


Figura 2 – Proposta de sobreposição de perfis para monitoramento morfológico.

Fonte – ALMEIDA (2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a avaliação e discussão dos resultados, esta pesquisa adotou como referência as quatro estações climáticas distribuídas ao longo do período monitorado (16/09/2023 a 23/07/2024). Esta proposta se baseia nas constatações de MUEHE (1994, p. 270), o qual verificou que no período de verão, as ondas são mais fracas e menos esbeltas, sendo mais construtivas. Os sedimentos migram da antepraia para a praia, chegando à pós-praia. As barras arenosas tendem a desaparecer, enquanto que o estirâncio tende a aumentar e a pós-praia a se reconstituir, estabelecendo assim um novo equilíbrio.

Ao contrário, no inverno, as ondas atingem as maiores amplitudes e as ressacas são mais frequentes, ocorrendo retirada do material sedimentar da zona de estirâncio e, em alguns casos, da duna frontal, depositando-os na antepraia. As barras arenosas formam-se na região imersa, o que provoca a arrebentação das ondas antes de atingir a praia, diminuindo a ação erosiva.

Desta forma, se a perda de sedimento de uma praia no inverno for compensada pelo ganho no verão, a praia estará em equilíbrio. Ao contrário, se o ganho do verão for inferior ao retirado no inverno, haverá erosão.

A Tabela 1 indica o momento das estações climáticas atuantes ao longo do período monitorado, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2024, p. 1).

Cabe destacar, que a configuração do perfil praiial é uma resultante de processos que se superpõem, tanto em direção paralela à linha de costa, como em direção da normal. O sentido longitudinal à costa relaciona-se mais estritamente com as correntes litorâneas, delineando a configuração geral da costa, enquanto o sentido transversal se articula com a energia das ondas, definindo o perfil praiial de equilíbrio (KÖHLER, 2000, p. 114).

Tabela 1: Indicação do momento das estações climáticas face a data dos levantamentos de campo.

Data do levantamento de Campo	Estação Climática
16 de setembro de 2023	Inverno
13 de novembro de 2023	Primavera
12 de janeiro de 2024	Verão
11 de março de 2024	Verão
24 de maio de 2024	Outono
22 de julho de 2024	Inverno

Deste modo geral, ao avaliar os perfis transversais ponto de vista morfométrico ao longo dos Setores 1 e 2, foi possível inferir no intervalo do Inverno de 2023 ao Inverno de 2024, que:

Perfil 0: Apresentou alta variabilidade em sua morfologia. A zona de maior dinâmica está inserida entre o ponto médio do estirâncio e se estende até o limite da linha d'água (limite inferior da praia com a antepraia superior).

Perfis 1 e 2: Quando comparado ao perfil 0 (zero), nota-se que os sedimentos migraram com maior intensidade da face inferior do estirâncio para face média/superior. Essa migração continua no sentido a barlar, passando a se concentrar na face superior do perfil 2. O balanço sedimentar do perfil indicou que a maior da praia tende a erodir durante o inverno (de setembro a julho) e se reconstituir no verão, atingindo a recomposição volumétrica no mês de março.

Perfis 3 ao 7: O comportamento morfométrico foi similar entre os mesmos, com baixa amplitude e com variação deposicional maior na face praias superior, próxima a base da estrutura rígida de contenção. Foi possível verificar ainda que se trata de uma região de transição relacionada a migração dos sedimentos ao longo da zona costeira monitorada. Entretanto, os perfis 6 e 7 foram marcados por dinâmicas sedimentares próprias quando comparados aos demais perfis do intervalo. No inverno do ano de 2023 ambos os perfis apresentaram maior deposição de sedimentos na face superior da praia, invertendo esse processo no Inverno de 2024.

Perfil 8: Está localizado no ponto de inflexão da estrutura de contenção, definindo o final do setor 1 e início do setor 2. Este perfil apresentou modelado uniforme ao longo dos períodos avaliados, com processos deposicionais e erosivos bem-marcados e distribuídos ao longo de todo o estirâncio.

Perfis 9: Quando comparado ao perfil 8, nota-se uma diminuição da amplitude entre perfis temporais, com destaque a maior ação de processos erosivos no inverno de 2024, principalmente na face superior do perfil.

Perfil 10: Durante o período representado pelas estações climáticas do inverno de 2023 ao inverno de 2024, foi possível notar que os sedimentos erodidos são depositados na face inferior do perfil praial, retornando a crescer a face superior no verão.

Perfis 11 ao 13: O comportamento morfométrico foi similar entre os mesmos, com intensa mobilidade de sedimentos, sendo marcados pela construção da berma frontal no verão e ausência nas demais estações climáticas.

Quanto a variação sazonal volumétrica relacionada a ação dos processos erosivos e deposicionais, foi possível constatar que os perfis 0 ao 3 indicaram que a maior parte da praia tende a ganhar sedimentos durante o verão (de janeiro a março), e a perder até o inverno.

No entanto, o perfil 4 parece indicar o momento de inversão da dinâmica deposicional ao longo das estações climáticas. Em conjunto com o perfil 5, apresentou no inverno (setembro de 2023) predomínio de processos deposicionais desde a região do estirâncio médio ao inferior. Além da intensa perda de sedimentos em toda a praia no inverno seguinte (julho de 2024), recompondo apenas a face superior do estirâncio no verão (janeiro de 2024).

Os perfis 6 a 9 apresentaram maior composição volumétrica nos períodos inverniais, podendo indicar, visto a ação da deriva litorânea de Nordeste, que os sedimentos erodidos a barlamar da estrutura de contenção costeira estão sendo depositados a sotamar.

Os perfis 10 e 11 indicaram maior deposição na face média a inferior do perfil nos períodos inverniais. E no mesmo período erosão na zona superior do perfil. Entre a primavera e verão ocorre a inversão, ocorrendo processos erosivos na face média a inferior e deposição no superior.

Ao avaliar a dinâmica deposicional dos perfis 12 e 13, foi possível constatar que os maiores processos de acreção volumétrica da praia ocorreram nos períodos inverniais, reduzindo o aporte de sedimentos até o mês de março (verão).

Cabe inferir, após avaliação temporal dos perfis praiais que o impacto da estrutura de contenção da erosão costeira na proteção do litoral da Praia de Jatiúca é bastante variável.

Por fim, os resultados indicaram que a estrutura rígida do tipo muro de contenção estabilizou parcialmente a erosão costeira, visto que contribuiu fortemente para a mobilização de sedimentos ao longo da compartimentação praial, além de inversão dos processos

deposicionais ao longo das estações climáticas, antes acrescido no verão e erosionais no inverno.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho demonstrou que a utilização de aeronaves remotamente pilotadas em conjunto com ferramentas de geoprocessamento é um importante instrumento na avaliação da morfodinâmica de ambientes praias, permitindo monitorar o comportamento temporal da zona costeira em regiões impermeabilizadas por obras rígidas de contenção da erosão costeira.

No que se refere aos reflexos da obra de contenção na dinâmica sedimentar, ficou evidente que os perfis transversais localizados no setor 1 recebem o aporte inicial de sedimentos vindos à Nordeste da praia de Jatiúca, os quais são depositados e retrabalhados intensamente ao longo deste setor. Visto a intensa mobilização em frente à estrutura devido à reflexão de onda e a intensificação de correntes formadas pela quebra de ondas, as regiões localizadas entre os perfis 3 e 9 não possuem mais praia exposta durante o momento de preamar.

Com base na avaliação geral da dinâmica sedimentar entre os perfis avaliados, pode-se inferir que os sedimentos que aportam no setor 1, vindo de Nordeste, estão sendo remobilizados pela deriva litorânea e depositados ao longo do setor 2, os quais permanecem por mais tempo depositados. Essa conclusão é corroborada pelo fato de que diferente do setor 1, morfologicamente a compartimentação praias do setor 2 está inserida em praia semi-protegida por recifes de coral tipo franja, com baixa altitude de ondas e praia dissipativa.

Por fim, pode-se concluir que os estudos, as análises e os levantamentos de dados deste trabalho podem auxiliar na execução de programas de monitoramento de impactos de obras de contenção da erosão costeira, não somente nos locais estudados, como também em outras áreas oceânicas e até estuarinas. Um programa de monitoramento costeiro para regiões impactadas por obras de contenção seria importante, pois tendo em vista o grande potencial turístico das zonas costeiras, sua propensão a intensa ocupação futura e, ainda mais importante, por possuir importantes áreas de preservação ambiental.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior do Ministério da Educação (CAPES) pela concessão da bolsa de pesquisa de Iniciação Científica – PIBIC/UFAL. Ao Grupo de Estudos Integrados ao Gerenciamento Costeiro – GEIGERCO da UFAL, pela colaboração técnica e científica.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, H. R. R. C. **Influência dos processos morfodinâmicos, sedimentológicos e geomorfológicos no zoneamento costeiro e na plataforma continental rasa do litoral do município da Barra de São Miguel, Alagoas, Brasil.** 2018. 190 f. Tese, Doutorado em Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco.

FELIX, A. **Determinação dos limites de ocorrência dos setores morfodinâmicos ao longo do arco praial dos Naufragados, Ilha de Santa Catarina/SC – Brasil.** Dissertação (Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Programa de Pós-Graduação em Geografia). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2010. 233 p.

GAGLIARDI, M. H. **Análise de risco costeiro e eventos atmosféricos extremos no litoral sul do estado de São Paulo – Estudo de caso na região da desembocadura de Cananéia.** Dissertação (Instituto Oceanográfico). Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2013. 238 p.

IH-CANTÁBRIA. **Mudanças do Clima em Praias: Documento Temático.** Universidade da Cantabria-UC/UFSC/IO-USP, 119p. 2018. Disponível em: <https://smcbrasil.paginas.ufsc.br/>. Último acesso em: 20 de agosto de 2024.

INMET. **Estações do Ano 2024.** Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br>. Acesso em: 20/08/2024.

IPCC: Summary for Policymakers. In: **Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]**. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001.

KÖHLER, V. E. Perfis praias. **Boletim de Geografia**, Maringá/PR, v. 18, n. 1. p. 113-119, 2000.

MUEHE, D. Geomorfologia Costeira. In: GUERRA, A. J. T. E CUNHA, S. B. (Eds.). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro, **Bertrand Brasil**, 1994, p. 253-308.