

ANÁLISE DO PADRÃO DE ONDAS DURANTE OS EPISÓDIOS EROSIVOS NA PRAIA DA MACUMBA NOS ANOS DE 2018 E 2019, RIO DE JANEIRO – RJ

Guilherme Santos Dantas ¹

Iaggo Oliveira Correia ²

Luiza Neves dos Santos³

Rafael Ferreira Alves ⁴

Thiago Gonçalves Pereira ⁵

INTRODUÇÃO

Quanto maior a altura e energia com que as ondas chegam à praia, maior a retirada de sedimentos da face da praia para a antepraia (Bird, 2008; Appendini & Fischer, 1998; Komar, 1998). Essa grande capacidade de transportar sedimentos pode influenciar a evolução do perfil de praias arenosas expostas à alta energia de ondas e, através do balanço sedimentar negativo, possibilitar eventos de recuo da linha de costa (Correia *et al.* 2023; Carvalho *et al.* 2021; Klumb-Oliveira, 2015; Muehe *et al.*, 2010; Calliari *et al.*, 2003).

Em condições de alta energia de ondas, como em ressacas/tempestades do mar, as construções humanas mal posicionadas no litoral podem ser severamente danificadas, necessitando posteriormente ser restauradas. Um exemplo disso é o ciclo de construção, danificação e reconstrução da orla marítima da Praia da Macumba - RJ. O calçadão foi construído em agosto de 2006, danificado pela ação das ondas em setembro de 2006 a setembro de 2017, reconstruído em março de 2018 e novamente danificado em junho de 2018 (Saliba *et al.*, 2019).

Para entender como se deflagram tais impactos, é necessário compreender os eventos de alta energia de ondas nas praias através de análises dos processos morfodinâmicos e das variáveis meteorológicas que influenciam a dinâmica costeira em curto prazo. Sendo assim, esse trabalho tem como objetivo compreender o padrão de

¹ Graduando do Curso de Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - RJ, gsdantas02@gmail.com;

² Doutorando no Programa de Pós Graduação em Oceanografia na Universidade do Estado do Rio de Janeiro – RJ, iaggoacademico@gmail.com

³ Graduanda do Curso de Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - RJ, luizaneves3112@gmail.com;

⁴ Graduando do Curso de Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - RJ, rafaelf.11.1998@gmail.com;

⁵ Professor Associado do Instituto de Geografia e Pesquisador Permanente do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - RJ, thiagopereira.uerj@gmail.com

ondas associados aos episódios erosivos ocorridos nos anos de 2018 e 2019 na Praia da Macumba - RJ, através da análise dos perfis praias sendo relacionado com dados do clima de ondas retirados do SIMCosta, buscando entender a interação do padrão das ondas com a resposta dada pelas mudanças na linha de costa.

METODOLOGIA

A área de estudo consiste no trecho da orla da Praia da Macumba, localizada entre o canal de Sernambetiba e a pedra da Macumba, que faz a divisão para a praia do Pontal na Zona Oeste do Município do Rio de Janeiro (Figura 1). Essa é uma área em regime de micromarés (amplitude em sizígia menor que 2m) e uma praia dominada por ondas (Bulhões, 2006).

O arco praias está inserido no macrocompartimento dos cordões litorâneos e tem orientação E-W (Muehe & Valentini, 1998). Em condições de “tempo bom”, a linha de costa é condicionada pelo Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) que são responsáveis pelos ventos e ondulações de ENE de altura aproximada de 1m. Em condições de “mau tempo”, o arco praias é exposto aos ventos e ondulações advindos de SE, S e SSO com ondas que podem atingir aproximadamente 4m de altura, que são condicionadas por sistemas frontais e ciclones extratropicais (Parente *et al.*, 2014).



Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo / Fonte: Os autores

Metodologia

Foram realizados 3 perfis através das do método de Balizas de Emery (Muehe, 2003), distribuídos ao longo da Praia da Macumba nas datas de 16/03/2018, 27/04/2018, 19/06/2018, 30/08/2018, 16/01/2019, 28/03/2019, 22/05/2019 e 29/06/2019 (Saliba *et al.* 2019).

A partir dos dados previamente obtidos com o resultado dos levantamentos topográficos, optou-se pela realização de um reprocessamento de parte dos dados, para o recorte analisado neste estudo. Nesse sentido, como produto, foram extraídos a partir destes dados 3 gráficos com os perfis de praia, além de, 3 gráficos com a largura de praia dos recortes analisados.

Para os dados de ondas (altura significativa, período de pico e direção), a fonte de dados se deu através do site SIMCosta. Trata-se de uma plataforma especializada em dados predominantemente oceanográficos, mas também inclui informações meteorológicas e outros tipos de dados. Esses dados são coletados através de boias, marégrafos, estações meteorológicas, entre outros instrumentos. O site permite a aquisição de informações sobre marés, ondas e condições meteorológicas.

Com a associação desses dados de perfil e a incidência das ondas, foi possível verificar os diferentes comportamentos dos perfis de praia em diversas datas, e suas respectivas variações conforme as condições marítimas registradas pela boia selecionada. Focou-se na direção, tamanho e período das ondas para entender se existe um padrão específico que influenciaram a erosão costeira neste período.

Dados de direções das ondas da boia oceanográfica RJ-3 (mais próxima da área de estudo) do SIMCosta (Carvalho, 2023) referentes a 3 dias antes, data do perfil e 3 dias depois foram obtidos com a finalidade de compreender o comportamento das ondas e sua influência na dinâmica dos perfis de praia ao longo desse período.

Os dados das ondas são obtidos em arquivos .xls e filtrados no *software Excel*. Logo após eles serem organizados, foram produzidos gráficos com direção, tamanho e período das ondas pelo *software Python*, onde foi criado um código para ele ler os dados do excel e criar os gráficos. Esses gráficos foram elaborados individualmente e após a validação, foram agrupados numa mesma imagem (fig. 3).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os três perfis da praia da Macumba (P1, P2 e P3) apresentaram alterações morfodinâmicas de altura e largura (Figura 2) de 16/03/2018 a 29/06/2019.

No perfil 1 (P1) ocorreram variações significativas de largura da face da praia ao longo do tempo monitorado. As menores larguras foram de 46,65 m (27/04/2018) e 42,92 m (22/05/2019). As maiores larguras foram de 77,04 m (19/06/2018) e 85,04 m (30/08/2018).

Já no perfil 2 (P2) o dado mais discrepante da altura e largura do estoque de sedimentos emersos se deu em 16/03/2018, com forte erosão, resultando na menor largura do perfil com 50,45 m. As larguras nos dias 19/06/2018 (71,6 m) e 22/05/2019

(71,59 m) mostraram-se mais estáveis e amplas.

O perfil 3 (P3) também apresentou variações significativas. As larguras mínimas (72,51m e 74,88m) ocorreram nas datas 19/06 e 30/08 de 2018, enquanto que as máximas (90,41 e 101,17m) ocorreram em 16/01 e 22/05 de 2019.

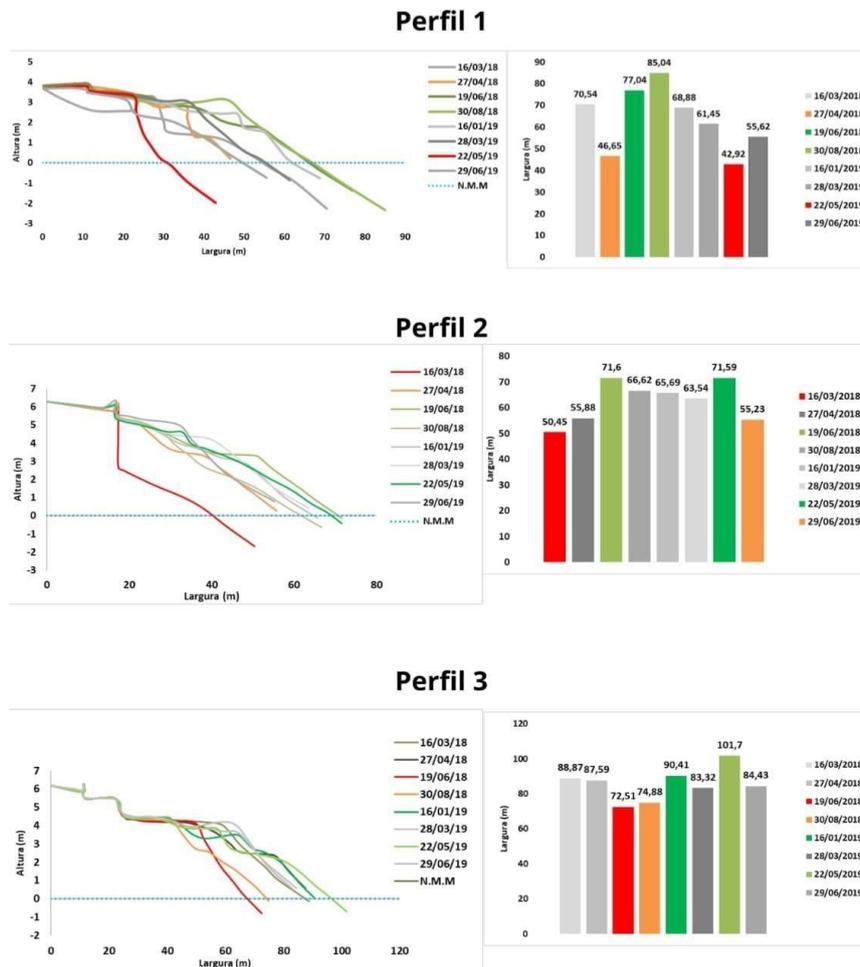


Figura 2 - Perfis de Praia / Fonte: Os autores

Foram identificadas as direções de ondas de leste-sudeste, sudeste, sul-sudeste e sul na praia da Macumba (Figura 3) ocorrentes de 16/03/2018 a 29/06/2019. Apesar das direções de ondas de sudeste e sul-sudeste predominarem na área de estudo, a direção de ondas de sul, menos frequentes, foram fundamentais para as alterações de altura e largura nos perfis. As ondas de sul foram identificadas nas datas de maior recuo da largura da face de praia nos perfis 1 (22/05/2019), 2 (16/03/2018) e 3 (19/06/2018). Conforme Carvalho (2024), as ondas de sul-sudeste e sul têm maiores alturas e quanto maior a altura e energia com que as ondas chegam à praia, maior a retirada de sedimentos da face da praia para a antepraia (Bird 2008, Appendini & Fischer 1998, Komar, 1998).

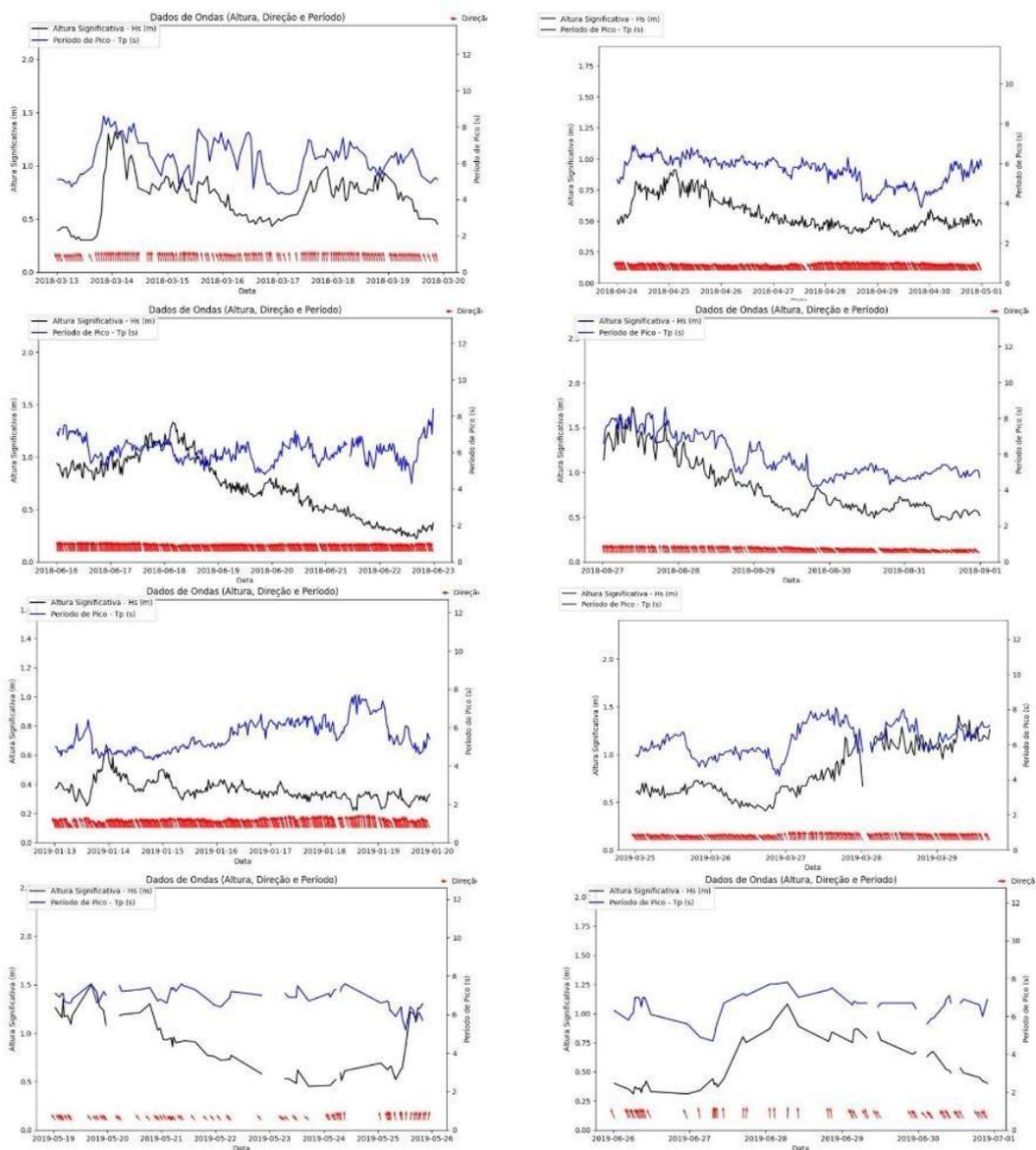


Figura 3 - Gráficos de dados de ondas (altura, direção e período) / Fonte: Os autores.

No dia 13/03/2018 até 20/03/2018, a direção das ondas estava mais voltada para o sul, enquanto nas outras datas, a maioria das ondas direcionavam-se para sudeste e mostra variações na altura significativa das ondas, com um pico visível ao redor de 15/03/2018, seguido de uma redução até 20/03/2018. Em 27/08/2018 até 01/09/2018, a direção das ondas mostrou uma variação mais ampla, algo não observado nas demais datas e apresenta uma altura significativa das ondas que diminui ao longo do tempo, com um período de pico que também diminui.

Quando comparados os perfis de praia e os dados das ondas foi possível identificar que ondas com maior período e altura (normalmente associadas a chegada de frente frias) afetam de forma mais intensa alguns pontos da área de estudo, como por

exemplo no perfil 2 para o período de 16/03/2018, foi observada a menor largura de praia no período estudado (50,45 metros) com uma frequência maior de ondas vindas de sul e sudeste. Ademais, para o levantamento de 30/08/2018, ficou evidenciado que o ponto 3 da área estudada apresentou a segunda menor largura de praia (74,88 metros), para novamente, uma associação com a direção de ondas, que na ocasião, foram de sudeste. Entretanto, para este mesmo período, se no ponto 3 foi identificado uma relevante erosão, nos demais pontos o comportamento da praia foi distinto. No ponto 2 a praia apresentou a terceira maior largura registrada no período estudado (66,62 metros), enquanto no ponto 1 foi obtido a maior largura no período registrado (85,04 metros), indicando uma mobilização dos sedimentos da região, e como resultado, uma progradação nos pontos 1 e 2 da área de estudo.

Além do mais, o aumento na altura das ondas e no período de pico observados nos gráficos de ondas (particularmente em março e junho de 2019) coincide com uma redução na largura da praia e mudanças na morfologia (e.g., recuo da linha de costa, diminuição da elevação) nos perfis de praia. Durante este período, há uma clara correlação entre os picos de altura significativa das ondas e as mudanças nos perfis de praia. Em particular, eventos com ondas mais altas parecem corresponder a uma erosão mais pronunciada nos perfis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstrou a significativa influência da dinâmica de ondas sobre as morfologias das praias arenosas, evidenciando que, em períodos de alta energia, há uma considerável retirada de sedimentos de um perfil de praia para a ante praia ou para outro setor do arco praial. As análises dos perfis da Praia da Macumba indicaram que eventos de ressacas e ondas intensas resultaram em alterações morfodinâmicas notáveis, que foram diretamente correlacionadas às direções das ondas observadas. O comportamento erosivo e a sedimentação variaram em resposta às condições meteorológicas, reforçando a necessidade de monitoramento contínuo e detalhado para entender os processos dinâmicos que atuam nesta região costeira.

As variações de largura e altura dos perfis de praia revelaram a complexidade da interação entre os sedimentos e as forças do ambiente, com destaque para o papel das ondas provenientes das direções sudeste e sul. Essas ondas, embora menos frequentes, mostraram ser particularmente agressivas na dinâmica de erosão, causando variações

significativas na largura da praia, especialmente em momentos críticos, como os relacionados à passagem de frentes frias.

A compreensão dos processos morfodinâmicos e da influência do clima de ondas é essencial para a gestão e conservação das áreas costeiras, especialmente em regiões vulneráveis como a Praia da Macumba. Os resultados deste estudo não apenas ressaltam a importância de uma abordagem integrada para a análise da dinâmica costeira, mas também apontam para a necessidade de estratégias de intervenção que minimizem os impactos das atividades humanas em relação aos eventos climáticos extremos. A continuidade das investigações nesta área do conhecimento é fundamental para subsidiar futuras decisões sobre o uso e a proteção do litoral, garantindo a sustentabilidade e a resiliência das comunidades costeiras.

Palavras-chave: Morfodinâmica Praial; Erosão Costeira, Padrão de Ondas, Perfil Praial.

REFERÊNCIAS

APPENDINI, C.M.; FISCHER D.W. 1998. **Hazard Management Planning for Severe Storm Erosion**. *Shore and Beach*, 66:4:5-8.

BIRD, E. 2008. **Coastal geomorphology: an introduction**. Wiley, England, 412p.
BULHÕES, E. M. R. **Condições Morfodinâmicas Associadas a Riscos aos Banhistas. Contribuição à Segurança nas Praias Oceânicas da Cidade do Rio de Janeiro, RJ**. Dissertação de Mestrado. Dpto. de Geografia UFRJ, 2006

CALLIARI, L. J., MUEHE, D., HOEFEL, F. G., TOLDO-JR, E. **Morfodinâmica praial: Uma breve revisão**. *Revista Brasileira de Oceanografia*, v.51, p.63 - 78, Brasil.
CARVALHO, B. C.; LINS-DE-BARROS, F. M.; DA SILVA, P. L.; PENA, J. N.; GUERRA, J. V. **Morphological variability of sandy beaches due to variable oceanographic conditions: a study case of oceanic beaches of Rio de Janeiro city (Brazil)**. *Journal of Coastal Conservation*, v. 25, P 1-16, 2021.

CARVALHO, B. C.; GUERRA, J. V.. Estimates of longshore sediment transport rates along Macumba and Recreio-Barra da Tijuca sandy beaches (Rio de Janeiro, southeastern Brazil). **International Journal of Sediment Research**, v. 39, n. 3, p. 317-326, 2024.

CARVALHO, B. C.; GUERRA, J. V. (2023). **Estudo das mudanças na linha de costa e vulnerabilidade costeira associada no litoral sul do Rio de Janeiro (SE Brasil)**. *Revista cartográfica*, (107), 11-34.

CORREIA, I.O.; GUIMARÃES, J.K.; SILVA, I.R. **Dinâmica de ondas e erosão costeira na desembocadura do rio Itapicuru, litoral norte do Estado da Bahia.**

Quaternary and Environmental Geosciences, v.14, n.01, 2023.

KOMAR, P.D. 1998. **Beach processes and sedimentation.** Prentice Hall, New Jersey, 544p.

KLUMB-OLIVEIRA, L. A. **Variabilidade interanual do clima de ondas e tempestades e seus impactos sobre a morfodinâmica de praias do litoral sudeste do estado do Rio de Janeiro.** Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

LINS-DE-BARROS, F.M.; KLUMB-OLIVEIRA, L.; LIMA, R. F **Avaliação histórica da ocorrência de ressacas marinhas e danos associados entre os anos de 1979 e 2013 no litoral do estado do Rio de Janeiro (Brasil).** Journal of Integrated Coastal Zone Management/Revista de Gestão Costeira Integrada, v. 18, n. 2, p. 85-102, 2018.

MUEHE, D.; VALENTINI, E. **O litoral do Estado do Rio de Janeiro: uma caracterização físico-ambiental.** Rio de Janeiro: Fundação de Estudos do Mar, 1998.

MUEHE, D.; ROSO, R.H.; SAVI, D.C. (2003). **Avaliação de método expedito de determinação do nível do mar como datum vertical para amarração de perfis de praia.** Revista Brasileira de Geomorfologia (ISSN: 1519-1540), 4(1):53-57, União da Geomorfologia Brasileira, Brasil.

MUEHE, D.. **Recuperação de praias e dunas** - de Karl F. Nordstom, tradução de Silvia Helena Gonçalves,. São Paulo: Oficina de Textos, 2010 (Recensão Crítica)

PARENTE, C.E.; NOGUEIRA, I.C.M.; MARTINS, R.P. e RIBEIRO, E.O. Climatologia de Ondas. In: Martins, R.P. e Matheson, G.S.G (editores). **Caracterização Ambiental Regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste: Meteorologia e Oceanografia.** Rio de Janeiro: Elsevier, in press (Série Habitats), 2014.

SALIBA, A.S.; GUZZO, A.L.; PEREIRA, T.G. 2019. **Efeito rotacional de praia associado a erosão em trecho de orla: Praia da Macumba, Rio de Janeiro/RJ.**

XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. IBSN: 978-85-7282-2778-2.