REVISTA CIÊNCIA CAPITAL

Causas e consequências da erosão costeira:
diretrizes técnicas para o controle

Williams da Silva Guimarães de Lima[1]
williams_guimaraes@hotmail.com
[1] Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Nova Venécia, Coordenadoria de Licenciatura em Geografia, Nova Venécia, Brasil.

Resumo

A erosão costeira constitui um dos fenômenos mais relevantes no contexto das dinâmicas litorâneas, sendo intensificada por fatores naturais e, principalmente, por ações antrópicas associadas às mudanças climáticas. Este artigo analisa criticamente as principais causas desse processo, com ênfase em aspectos como hidrodinâmica costeira, transporte de sedimentos, elevação do nível do mar e ocupação desordenada das zonas costeiras. São discutidas as principais consequências ambientais, sociais e econômicas da erosão costeira, bem como estratégias contemporâneas de controle e mitigação. Entre essas estratégias, destacam-se soluções baseadas na natureza, intervenções sustentáveis e abordagens integradas de gestão costeira. O estudo propõe diretrizes técnicas que podem subsidiar ações de planejamento ambiental e políticas públicas voltadas à redução dos impactos da erosão, reforçando a importância de abordagens interdisciplinares e adaptativas.

Palavras-chave: erosão costeira; planejamento ambiental; gestão integrada.

1 Introdução

A erosão costeira é um processo dinâmico que resulta na retirada de sedimentos e no recuo da linha de costa, configurando-se como uma das mais expressivas ameaças às zonas litorâneas em escala global. Este fenômeno decorre da interação complexa entre fatores naturais, tais como a ação de ondas, marés, correntes marinhas, ventos e variações no nível relativo do mar, além de elementos antrópicos que intensificam sua ocorrência, como a ocupação desordenada do litoral, a supressão da vegetação nativa, a construção de obras rígidas e a crescente urbanização das faixas costeiras (Pilkey; Neal, 1993; Julien, 1995; Colgan, 1998).

No contexto das mudanças climáticas, a elevação do nível médio do mar e a intensificação de eventos extremos, como tempestades e ciclones, têm ampliado a frequência e a severidade dos processos erosivos, gerando impactos significativos sobre ecossistemas costeiros, populações vulneráveis e infraestruturas urbanas (Leatherman, 2003; Ferrario *et al*, 2014). Esses impactos não apenas comprometem a integridade ambiental das regiões afetadas, mas também acarretam

prejuízos econômicos e sociais substanciais, exigindo respostas técnicas e institucionais cada vez mais eficazes (Sorensen, 2017; Psuty *et al*, 2006).

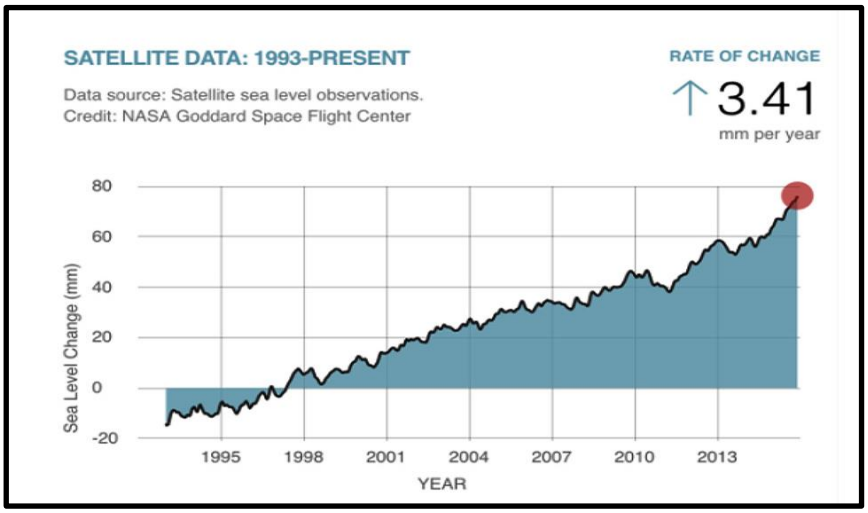
Neste cenário, a compreensão integrada das causas e consequências da erosão costeira torna-se fundamental para o desenvolvimento de estratégias de controle e mitigação. Este artigo tem como objetivo sistematizar os principais fatores condicionantes da erosão costeira, discutir seus efeitos e apresentar diretrizes técnicas de enfrentamento fundamentadas em literatura científica especializada. A proposta é contribuir para o aprimoramento das políticas públicas e do planejamento ambiental em áreas sujeitas à vulnerabilidade litorânea, com base em soluções sustentáveis e abordagens interdisciplinares.

2 **Fundamentação teórica**: causas e consequências da erosão costeira

A erosão costeira é um processo morfodinâmico que resulta da mobilização e redistribuição dos sedimentos ao longo da linha de costa, promovendo o recuo progressivo da faixa litorânea. Trata-se de um fenômeno natural, mas intensamente influenciado por ações antrópicas, configurando-se como uma ameaça crescente aos ecossistemas costeiros, aos assentamentos humanos e às infraestruturas urbanas (Bird, 2000; Davidson-Arnott, 2010).

Do ponto de vista físico, a erosão costeira está associada à interação entre diversos agentes hidrodinâmicos, como o regime de ondas, as correntes litorâneas e as marés, que atuam de forma contínua sobre a zona de arrebentação e a praia subaérea (Masselink; Hughes, 2003). A elevação do nível médio do mar, apresentada na figura 1, agravada pelas mudanças climáticas, tem amplificado os efeitos erosivos, intensificando a perda de sedimentos e a instabilidade da linha de costa (Pilkey; Cooper, 2012).

Figura 1 – Elevação média global do nível do mar entre 1993 e 2004



Legenda: Elevação média global do nível do mar foi 25% a 30% mais rápida entre 2004 e 2015 que entre 1993 e 2004. **Fonte**: Marques (2023).

A morfologia da praia, o tipo de substrato, a granulometria e a inclinação da face praial também são determinantes na resposta morfodinâmica de cada segmento costeiro (Short; Jackson, 2013). Paralelamente aos fatores naturais, o avanço desordenado da urbanização sobre áreas litorâneas, a supressão da vegetação costeira, especialmente em dunas e manguezais, além de construção de obras rígidas, como espigões, enrocamentos e muros da contenção, têm modificado os fluxos sedimentares e alterado o equilíbrio dos sistemas costeiros (Nordstrom, 2000; Hanson; Kraus, 2001).

Além disso, práticas como a dragagem, a mineração de areia e a canalização de rios e estuários reduzem o aporte sedimentar para o litoral, comprometendo os mecanismos naturais de recomposição da faixa praial (Schettini; Siegle, 2015). As consequências da erosão são amplas e complexas. Do ponto de vista ambiental, ocorre destruição de habitats, como restingas e manguezais, provocando a perda de biodiversidade associada (Soares et al., 2021). Socialmente, a erosão promove a vulnerabilidade de populações costeiras, muitas vezes em áreas de ocupação precária, exigindo reassentamentos ou investimentos em contenção (Costa et al., 2017). Economicamente, os impactos se traduzem em danos à infraestrutura, perdas imobiliárias e aumento de custos com obras emergenciais e manutenção de sistemas urbanos (Sorensen, 2017).

Diante desse cenário, cresce a necessidade de abordagens interdisciplinares para compreender a complexidade da erosão costeira e orientar estratégias de manejo e controle. A literatura científica tem apontado para a eficácia de soluções sustentáveis, como a recuperação de dunas e vegetação nativa, o engordamento natural de praias e o uso de recifes artificiais para dissipação de energia das ondas (Ferrario et al., 2014; Ribeiro et al., 2020). Tais estratégias, integradas a sistemas de monitoramento, planejamento territorial e participação comunitária, configuram-se como alternativas viáveis para o enfrentamento desse fenômeno.

3 Controle da erosão costeira: métodos e experiências

O enfrentamento da erosão costeira requer, como etapa inicial, um diagnóstico rigoroso das condições naturais e antrópicas da área afetada. Estudos técnicos prévios devem abranger a análise da morfodinâmica costeira, a caracterização sedimentológica, os regimes hidrodinâmicos (ondas, marés e correntes), as cotas altimétricas naturais, o uso e ocupação do solo, bem como aspectos socioeconômicos e ecológicos locais (Nordstrom, 2000; Pilkey; Cooper, 2012). A ausência de tal avaliação pode comprometer a eficácia e a sustentabilidade das intervenções, além de potencializar impactos negativos.

A literatura especializada apresenta um conjunto diversificado de estratégias de controle da erosão, que podem ser classificadas em três categorias principais: soluções baseadas na natureza, intervenções sustentáveis de engenharia e práticas de gestão integrada do ambiente costeiro.

3.1 Soluções baseadas na natureza

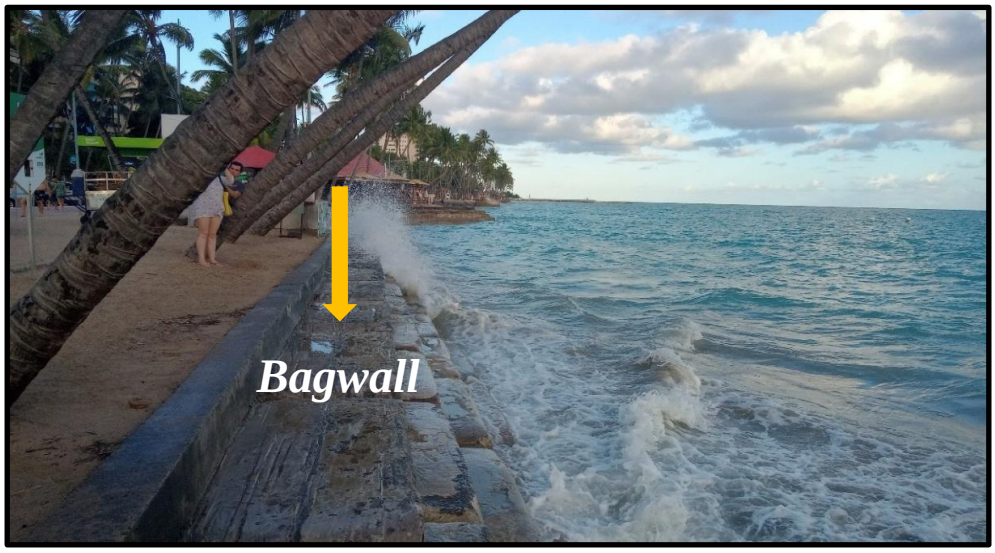
As soluções naturais têm ganhado destaque por aliarem proteção costeira com conservação ambiental. Entre as medidas mais eficientes está a restauração de ecossistemas costeiros — como dunas, manguezais e recifes naturais que atuam como barreiras naturais contra o avanço do mar (Alongi, 2008; Giri *et al*, 2011; Ferrario *et al*, 2014). A revegetação de dunas com espécies nativas e a reabilitação de cordões arenosos proporcionam estabilização sedimentar e dissipa a energia das ondas, além de promover serviços ecossistêmicos valiosos, como sequestro de carbono e habitat para fauna costeira (Ribeiro *et al*, 2020).

3.2 Intervenções sustentáveis de engenharia

A engenharia costeira contemporânea tem se orientado para soluções que conciliem a proteção da linha de costa com a preservação dos processos naturais e a redução de impactos socioambientais. Ao contrário de métodos tradicionais, como os espigões, muros de contenção e gabiões que, embora comuns, tendem a transferir a erosão para trechos adjacentes e apresentam baixa eficácia em ambientes de alta energia (REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA, 2019).

Entre as soluções inovadoras destacam-se os dissipadores de energia do tipo *Bagwall*, apresentado na Figura 2, são compostos por geocilindros ou blocos modulares em concreto poroso que dissipam a energia das ondas e estabilizam a linha de costa. No litoral nordestino do Brasil, especialmente em trechos urbanizados e de elevada vulnerabilidade, estudos demonstram que essa técnica pode induzir a engorda natural da praia e favorecer a recuperação morfodinâmica da faixa arenosa (Silva; Medeiros; Oliveira, 2015).

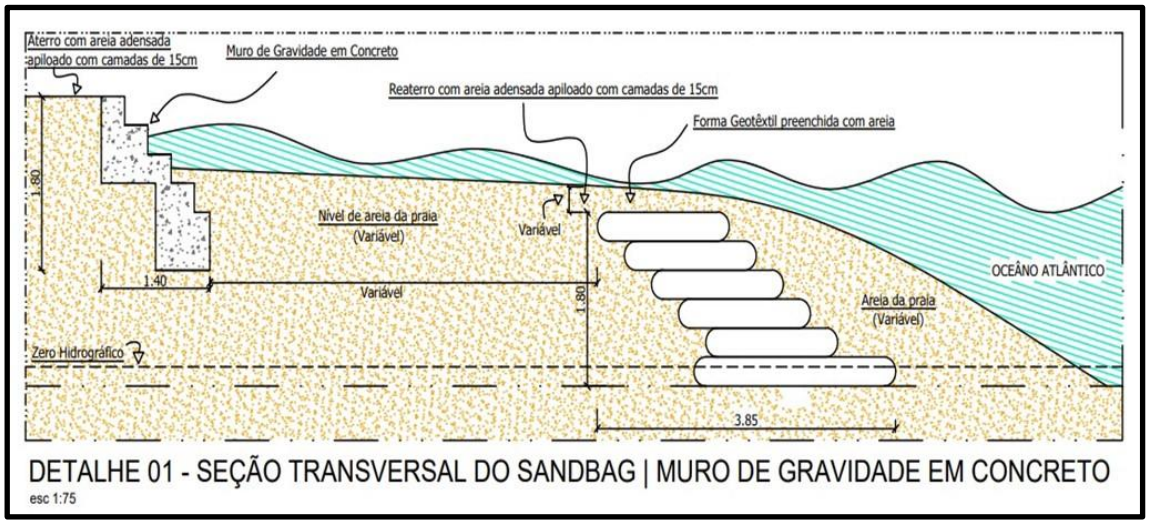
Figura 2 – Dissipador de energia *bagwall*



Fonte: Silva (2022).

Outra técnica promissora é o uso de estruturas do tipo *Sandbag*, apresentado na Figura 3, que são sacos preenchidos com areia compatível com o ambiente e dispostos de forma estratégica no perfil da praia. Segundo o Instituto do Meio Ambiente do Estado de Alagoas (IMA, 2023), a utilização de *Sandbags* no litoral Norte de Alagoas tem contribuído para a mitigação da erosão com baixo impacto ambiental, fácil implantação e integração paisagística. Essas estruturas flexíveis permitem a revegetação da restinga e a dissipação gradual da energia das ondas, favorecendo processos de recomposição natural da praia.

Figura 3 – Estrutura esquemática do dissipador de energia *sandbag*



Fonte: Silva (2022).

A escolha por essas tecnologias deve considerar critérios geomorfológicos, hidrodinâmicos e socioambientais, e ser sempre precedida por estudos de viabilidade técnica e ambiental. O envolvimento da população local e a articulação entre os entes públicos são elementos-chave para o sucesso das intervenções (Ribeiro *et al*, 2020; Schernewski *et al*, 2018).

3.3 Gestão integrada e participação comunitária

Nenhuma solução técnica será efetiva de forma isolada se não estiver integrada a políticas públicas, planejamento territorial e participação social. A Gestão Integrada da Zona Costeira (GIZC), propõe a articulação entre diferentes setores, meio ambiente, urbanismo, turismo e defesa civil, com base em informações técnicas e construção participativa de soluções (Schernewski *et al*, 2018; Medeiros *et al*, 2021).

A adoção de tecnologias como sensoriamento remoto, SIG e modelagem numérica tem ampliado significativamente a capacidade de monitoramento e previsão dos processos erosivos (Siegle *et al*, 2016; Schettini; Siegle, 2015), permitindo uma gestão proativa e baseada em

evidências. Além disso, experiências internacionais e nacionais têm demonstrado que projetos que envolvem diretamente a comunidade local — desde o diagnóstico até a implementação e o monitoramento — apresentam maiores chances de sucesso, perenidade e aceitação social (Nordstrom, 2000; Ribeiro *et al*, 2020).

4 Considerações e recomendações

A erosão costeira representa uma das expressões mais visíveis da instabilidade ambiental em áreas litorâneas, refletindo a complexa interação entre dinâmicas naturais e pressões antrópicas crescentes. Este artigo demonstrou que, embora inevitável em sua manifestação física, a erosão pode ser monitorada, mitigada e, em determinados contextos, controlada a partir da aplicação de estratégias baseadas em conhecimento técnico-científico, avaliação local e gestão integrada.

A literatura especializada confirma que intervenções de caráter corretivo, como obras rígidas mal dimensionadas, têm historicamente falhado em promover estabilidade costeira de longo prazo, muitas vezes deslocando os efeitos erosivos para áreas adjacentes. Em contrapartida, soluções baseadas na natureza e tecnologias sustentáveis como *Bagwalls*, *Sandbags*, revegetação de dunas e recifes artificiais, vêm ganhando reconhecimento por sua capacidade de atenuar impactos, respeitar a morfodinâmica local e favorecer a recuperação natural da linha de costa.

A adoção de medidas eficazes depende, contudo, de diagnósticos prévios de alta qualidade, da articulação entre diferentes escalas de planejamento (local, regional e nacional) e da inserção das comunidades envolvidas como agentes ativos do processo decisório. Reforça-se, portanto, a necessidade de políticas públicas mais consistentes no campo da Gestão Integrada da Zona Costeira (GIZC), com base em dados científicos atualizados, tecnologias de monitoramento contínuo e instrumentos legais adaptados aos desafios contemporâneos.

Recomenda-se, ainda, que os órgãos ambientais e gestores públicos priorizem:

1. A implementação de planos diretores costeiros que incluam zonas de amortecimento e áreas de preservação permanente nas faixas litorâneas;
2. A realização de estudos de impacto ambiental específicos para intervenções de contenção em áreas de alta energia;
3. O fortalecimento de redes interinstitucionais e programas de educação ambiental voltados à população costeira, especialmente em municípios com elevado grau de vulnerabilidade;
4. O fomento à pesquisa aplicada sobre erosão costeira, com incentivo à publicação e disseminação de boas práticas de manejo adaptativo.

Diante da intensificação das mudanças climáticas e da urbanização desordenada, a capacidade de adaptação e resposta das sociedades costeiras dependerá, em grande medida, do quanto estas

forem capazes de alinhar ciência, política e participação social na construção de soluções duradouras e ambientalmente responsáveis.

Referências

ALONGI, D. M. **Mangrove forests: resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change**. Estuarine, Coastal and Shelf Science, v. 76, n. 1, p. 1–13, 2008.

BIRD, E. **Coastal Geomorphology: An Introduction**. 2. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2000.

COLGAN, C. S. **Economic analysis of coastal erosion**. Coastal Management, v. 26, n. 3, p. 203–221, 1998.

COSTA, S. et al. **Vulnerabilidade costeira e estratégias de adaptação no Brasil**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 10, n. 4, p. 1035–1052, 2017.

DAVIDSON-ARNOTT, R. **Introduction to Coastal Processes and Geomorphology**. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

FERRARIO, F. et al. **The effectiveness of coral reefs for coastal hazard risk reduction and adaptation**. Nature Communications, v. 5, p. 1–9, 2014.

GIRI, C. et al. **Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data**. Global Ecology and Biogeography, v. 20, p. 154–159, 2011.

HANSON, H.; KRAUS, N. C. **Shoreline response to structures: Process-based modeling and applications**. Coastal Engineering, v. 44, p. 511–531, 2001.

IMA – INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE DE ALAGOAS. **Obras tipo *sandbag* são feitas para conter erosão costeira no litoral norte de Alagoas**. Maceió: IMA/AL, 2023. Disponível em: https://www2.ima.al.gov.br/obras-tipo-sandbag-sao-feitas-para-conter-erosao-costeira-no-litoral-norte-de-alagoas/. Acesso em: 27 mar. 2025.

JULIEN, P. Y. **Erosion and Sedimentation**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.

LEATHERMAN, S. P. **Shoreline change mapping and management along the U.S**. East Coast. Journal of Coastal Research, SI 38, p. 5–13, 2003.

MARQUES, Luiz. **O degelo e a elevação do nível do mar**. Unicamp. 2023. Disponível em: https://unicamp.br/unicamp/ju/artigos/luiz-marques/o-degelo-e-elevacao-do-nivel-do-mar/. Acesso em: 27 mar. 2025.

MASSELINK, G.; HUGHES, M. **Introduction to Coastal Processes and Geomorphology**. London: Hodder Arnold, 2003.

MEDEIROS, R. et al. **Gestão integrada da zona costeira: avanços e desafios no Brasil**. Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente, v. 56, p. 316–334, 2021.

NORDSTROM, K. F. **Beaches and Dunes of Developed Coasts. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.**

PILKEY, O. H.; COOPER, J. A. G. **Pitfalls of Shoreline Stabilization: Selected Case Studies**. Dordrecht: Springer, 2012.

PILKEY, O. H.; NEAL, W. J. **Coastal erosion: Response and management strategies**. In: KLEIN, A. H. F. et al. (Eds.). Gestão costeira integrada. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1993.

PSUTY, N. P. et al. **Coastal dunes: geomorphology, ecology, and management**. Journal of Coastal Research, SI 39, p. 9–14, 2006.

REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA. **Estruturas costeiras e suas limitações em ambientes de alta energia**. Revista Brasileira de Engenharia Costeira, v. 7, n. 1, p. 45–60, 2019.

RIBEIRO, L. M. M. et al. **Soluções baseadas na natureza no enfrentamento da erosão marinha**. Cadernos de Geografia, Uberlândia, v. 30, n. 60, p. 85–102, 2020. DOI: https://doi.org/10.14393/RCG306003

SCHERNEWSKI, G. et al. **Coastal and marine spatial planning: new tools for sustainable coastal development**. Marine Policy, v. 94, p. 1–4, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.04.003

SCHETTINI, C. A. F.; SIEGLE, E. **Processos hidrodinâmicos e sedimentares na zona costeira brasileira**. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 16, n. 2, p. 241–260, 2015.

SHORT, A. D.; JACKSON, D. W. T. **Beach morphodynamics**. In: SHIPMAN, H.; DETHIER, M. N.; MYERS, E. M. (Eds.). Coastal Habitats of Puget Sound. Seattle: Puget Sound Nearshore Partnership, 2013.

SIEGLE, E. et al. **A review of coastal erosion and storm surge mitigation measures**. Brazilian Journal of Oceanography, v. 64, n. 2, p. 123–140, 2016.

SILVA, Gibson Claudino da. 2022. **Avaliação da proteção costeira e recuperação de praias em Maceió**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Ciências Biológicas. Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde. Maceió, 2022.

SILVA, R. A. R.; MEDEIROS, R. T.; OLIVEIRA, C. R. **Avaliação de estruturas do tipo Bagwall no controle da erosão marinha: estudo de caso no litoral do Nordeste do Brasil**. Revista Gestão Costeira Integrada, v. 15, n. 2, p. 201–213, 2015. Disponível em: https://www.redalyc.org/pdf/3883/388340124011.pdf. Acesso em: 27 mar. 2025.

SOARES, M. L. G. et al. **Manguezais do Brasil: bases científicas para estratégias de conservação**. Ambiente & Sociedade, v. 24, e01404, 2021.

SORENSEN, R. M. **Basic Coastal Engineering**. 3. ed. New York: Springer, 2017.