



RISCOS



ANÁLISE DE MEDIDAS ESTRUTURAIS DE MITIGAÇÃO À EROÇÃO COSTEIRA
NO MUNICÍPIO DE BELÉM, PARÁ, BRASIL*

ANALYSIS OF STRUCTURAL MEASURES TO MITIGATE COASTAL EROSION
IN THE MUNICIPALITY OF BELÉM, PARÁ, BRAZIL

Walmira Ferreira Lopes

Instituto Tecnológico Vale - Desenvolvimento Sustentável (ITV-DS) (Brasil)

ORCID [0000-0001-6039-0248](https://orcid.org/0000-0001-6039-0248) walmira.lopes@aluno.itv.org

Milena Marília Nogueira de Andrade

Univ. Federal Rural da Amazônia, Grupo de Pesquisa e Extensão em Desastres e Geotecnologias na Amazônia (Brasil)

Instituto Ciberespacial, Programa de Pós-Graduação em Gestão de Risco e Desastre na Amazônia

ORCID [0000-0001-5799-7321](https://orcid.org/0000-0001-5799-7321) milena.andrade@ufra.edu.br

RESUMO

A presente pesquisa objetiva analisar as medidas estruturais de mitigação à erosão costeira adotadas no município de Belém, Pará, Brasil. Foram realizadas quatro visitas de campo para observação e preenchimento de uma ficha dividida em 3 seções: característica da estrutura, tipo da medida e estado da estrutura. Com o apoio de um GPS teve-se a coleta das coordenadas geográficas dos pontos analisados e com o uso de câmara fotográfica digital, foi realizado o registo da paisagem. Os resultados obtidos mostram que dos 42 pontos analisados, as medidas de mitigação frente a erosão costeira, caracterizadas em obras estruturais, possuem um total de 47 estruturas presentes. Dessas medidas, 19 são muros de proteção costeira de caráter convencional, 15 estruturas denominadas muro de arrimo com contrafortes, 5 do tipo gabiões, 4 do tipo enrocamento, 2 do tipo espigão, além da presença de 2 estruturas improvisadas. A análise de medidas compõe uma etapa de diagnóstico importante na gestão do risco e pode ser utilizadas para nortear ações estruturais futuras a partir da efetividade do funcionamento atual.

Palavras-chave: Zona costeira, carta-imagem, estruturas rígidas.

ABSTRACT

This research aims to analyse the structural measures for mitigating coastal erosion adopted in the municipality of Belém, Pará, Brazil. Four field trips were made for observation and filling out a form divided into 3 sessions: characteristic of the structure, type of measure and state of the structure. With the support of a GPS, the geographic coordinates of the analysed points were collected and the landscape was recorded with the use of a digital camera. The results showed that of the 42 points analysed, the mitigation measures against coastal erosion, characterised in structural works, involve a total of 47 structures. Of these measures, 19 are coastal protection walls of a conventional nature, 15 are structures called retaining walls with buttresses, 5 are gabion type structures, 4 are rockfill type, 2 are spike type, in addition there are 2 improvised structures. Measure analysis is an important diagnostic step in risk management and can be used to guide future structural actions based on the effectiveness of current operations.

Keywords: Coastal zone, image chart, rigid structures.

* O texto deste artigo corresponde a uma comunicação apresentada no IV Simpósio Ibero-Afro-Americano de Riscos, tendo sido submetido em 16-12-2022, sujeito a revisão por pares a 18-02-2023 e aceite para publicação em 13-06-2023.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 31 (I), 2024, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

Introdução

No Brasil as Zonas Costeiras são consideradas, de acordo com a Constituição Federal vigente, patrimônio nacional, constando do Artigo 225, parágrafo 4º (Santos *et al.*, 2003) e “[...] sua utilização se faz, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais” (Brasil, 1988). Todavia, apesar das planícies litorâneas serem um dos ecossistemas mais frágeis conhecidos, contraditoriamente, apresentam o maior índice de uso, ocupação, urbanização e densidade demográfica em todo o mundo (Moura, 2012).

O acelerado processo de ocupação urbana na Zona Costeira (ZC) é um dos principais fatores de impacto ambiental na orla marítima (Kalindi *et al.*, 2011) e, pode intensificar o processo, o erosivo na costa. A erosão costeira tem acarretado mudanças na paisagem, trazendo dificuldades para o desenvolvimento das atividades produtivas locais, como o turismo, a recreação e o comércio (Medeiros *et al.*, 2014).

O processo de erosão ocorre a partir de múltiplos fatores geomorfológicos, climáticos, oceanográficos e antrópicos (Silva e Farias Filho, 2019). Dentre estes fatores, o balanço sedimentar negativo, ou seja, quando a praia perde mais sedimentos do que recebe, caracteriza o recuo da linha de costa e conseqüentemente o processo de erosão costeira (IOUSP, 2022). Contudo, no Brasil, com a ocupação e urbanização das planícies costeiras para o desenvolvimento de atividades como as atividades portuárias, industriais, petrolíferas, pesqueira, imobiliárias e de exploração turística, os riscos costeiros se tornam uma realidade (MMA, 2008; GI-GERCO, 2018, p. 14).

A zona costeira brasileira é bem dividida em termos de feições geomorfológicas e processos oceanográficos. No litoral norte são marcantes as macromarés, a baixa densidade populacional na região atlântica e um maior volume de literatura sobre essa região geográfica (Souza Filho *et al.*, 2003; Szlafsztein *et al.*, 2006; Ranieri & El-Robrini, 2020; Rosa *et al.*, 2021). Contudo, em um contexto diferente, as praias estuarinas têm sido recentemente estudadas na análise de características particulares da sua morfologia e sedimentação (Ramos & Ranieri, 2021). Além disso, a região estuarina se destaca pela maior densidade populacional, dentre as cidades mais ocupadas a capital Belém, do estado do Pará.

A Zona Costeira Paraense (ZCP) é caracterizada pela complexidade da sua dinâmica do meio físico e social e marcada pela existência de riscos naturais à erosão e inundação (Espírito Santo, 2016). O processo de erosão costeira pode ser caracterizado, sob o ponto de vista do planejamento e ordenamento do território visto que grande parte da população reside neste espaço (Koerner *et al.*, 2013). Diante disso, habitações e infraestrutura

podem ser diretamente afetadas e intensificadoras dos processos de erosão resultantes de sua dinâmica natural (Souza *et al.*, 2005). Exemplos da influência na dinâmica da erosão são: a retirada de vegetação das margens, construção próximas a linha de costa, retirada de areia e de componentes da praia, a exemplo de rochas da plataforma de abrasão que podem ser utilizadas como material de construção (Pinheiro *et al.*, 2020).

Como prevenção do risco de erosão o monitoramento da morfodinâmica costeira visa identificar e mapear essas tendências de variação do balanço sedimentar local (Rudorff e Bonetti, 2010). Na ZCP pesquisas de mapeamento da susceptibilidade, de vulnerabilidade, de risco e da percepção de risco a erosão tem sido desenvolvidos e visam dar suporte a gestão costeira na tomada de decisão sobre medidas para minimizar os impactos da erosão (Santos *et al.*, 2020; Ranieri e El-Robrini, 2020; Negrão *et al.*, 2022). Contudo, trabalhos sobre a efetividade das medidas realizadas para mitigar e conter o processo de erosão são incipientes.

As medidas frente aos impactos da erosão costeira são diversas, no entanto, podem ser organizadas sob o ponto de vista da prevenção e da mitigação (GI-GERCO, 2018; Souza, 2009). As medidas de prevenção são necessariamente voltadas para se evitar os impactos da erosão já existente, e as medidas para abrandar o fenômeno pode-se conceituar de mitigação (Ogura, 2006). Atualmente muito tem-se falado em Soluções Baseadas em Natureza (SBN) como parte integrante da gestão costeira na prevenção da erosão. Em especial no papel dos manguezais como redutores dos riscos costeiros (Gijsman *et al.*, 2021). De acordo com estes autores, em zonas costeiras com áreas muito baixas, a presença e extensão desta fitofisionomia ajuda a reduzir os níveis de ondulação, atenuam as ondas, e fornecem uma variedade de co-benefícios para as comunidades costeiras.

Contudo, na Amazônia ainda predominam as medidas rígidas de contenção a preservar o ambiente contra riscos costeiros. As medidas de mitigação podem ser divididas em medidas estruturais e medidas não estruturais, as quais o Ministério das cidades, (2006) define como: “As medidas estruturais são aquelas onde existe a aplicação de soluções da engenharia [...], enquanto as não estruturais são aquelas onde se aplica um rol de medidas relacionadas às políticas urbanas, planejamento urbano, legislação, planos de defesa civil e educação [...]”. Na ZCP os municípios que recebem maior influência marinha possuem suas estruturas de mitigação costeiras identificadas (Szlafsztein *et al.*, 2006). Mas os municípios como maior influência estuarina ainda carecem dessas informações, diante disso, o presente trabalho tem por objetivo identificar e analisar presença de medidas de mitigação à erosão costeira, no município de Belém do Pará.

Metodologia

Área de Estudo

O município de Belém está localizado no estado do Pará, na região Norte do Brasil (fig. 1), possui uma população estimada em 1.506.420 milhões de habitantes em uma área de aproximadamente de 1.059 km², sendo sua densidade demográfica de 1.315 hab/km² (IBGE, 2021). Em termos de divisão territorial o mesmo é dividido em 8 Distritos Administrativos (Belém, Guamá, Sacramenta, Entroncamento, Benguí, Icoaraci, Outeiro e Mosqueiro) e 71 bairros distribuídos em uma porção continental e outra porção insular com 39 ilhas (BELÉM, 2010). Em termos meteorológicos, o clima em Belém é classificado como tropical chuvoso de monção, do tipo Am ou seja, com médias anuais de precipitação em torno de 3000mm/ano, com temperatura média de 25°C e marés normais variando entre 2 e 3,5m de altura (Ananias *et al.*, 2010; Pegado *et al.*, 2012; CHM, 2013). A hidrografia principal na porção sul da cidade está localizada as margens do rio Guamá que desagua na Baía do Guajará; e as maiores ilhas estão defronte a Baía do Marajó (Belém, 2010).

Em termos físicos, a geomorfologia é composta pelas unidades: tabuleiros com baixa declividade e amplitude de relevo de 20 a 50m, e planícies fluviais ou fluvio-

lacustres com declividade de 0-3° e zero amplitude topográfica (IBGE, 2021). O uso do solo é constituído por áreas não vegetadas, que são as áreas urbanizadas; agropecuária, relacionada a pastagem e agricultura; tendo predominância de cobertura florestal e corpos d'água (MapBiomias, 2021).

Materiais e Métodos

A metodologia adotada para essa pesquisa incluiu atividades de laboratório e de campo. As atividades pré-campo ocorreram no Prédio de Engenharia Ambiental, localizado na Universidade Federal Rural da Amazônia, onde foram feitas as pesquisas bibliográficas sobre o tema e a cartografia temática. A elaboração da ficha para se usar em campo foi adaptado com base no trabalhos anteriores realizados no contexto amazônico de Szlafsztein *et al.* (2006) e Andrade e Szlafsztein (2019). O uso de fichas de campo tem como descrição e listagem das estruturas. Esse método foi escolhido como ferramenta, pois padroniza e organiza as informações a serem coletadas, sistematizando a análise da área estudada (Scudelari *et al.*, 2005). Para o presente trabalho, o inventário das medidas estruturais à erosão costeira adotadas no município de Belém consistiu em identificar as características das estruturas, o tipo da obra estrutural e o estado de conservação (TABELA I).

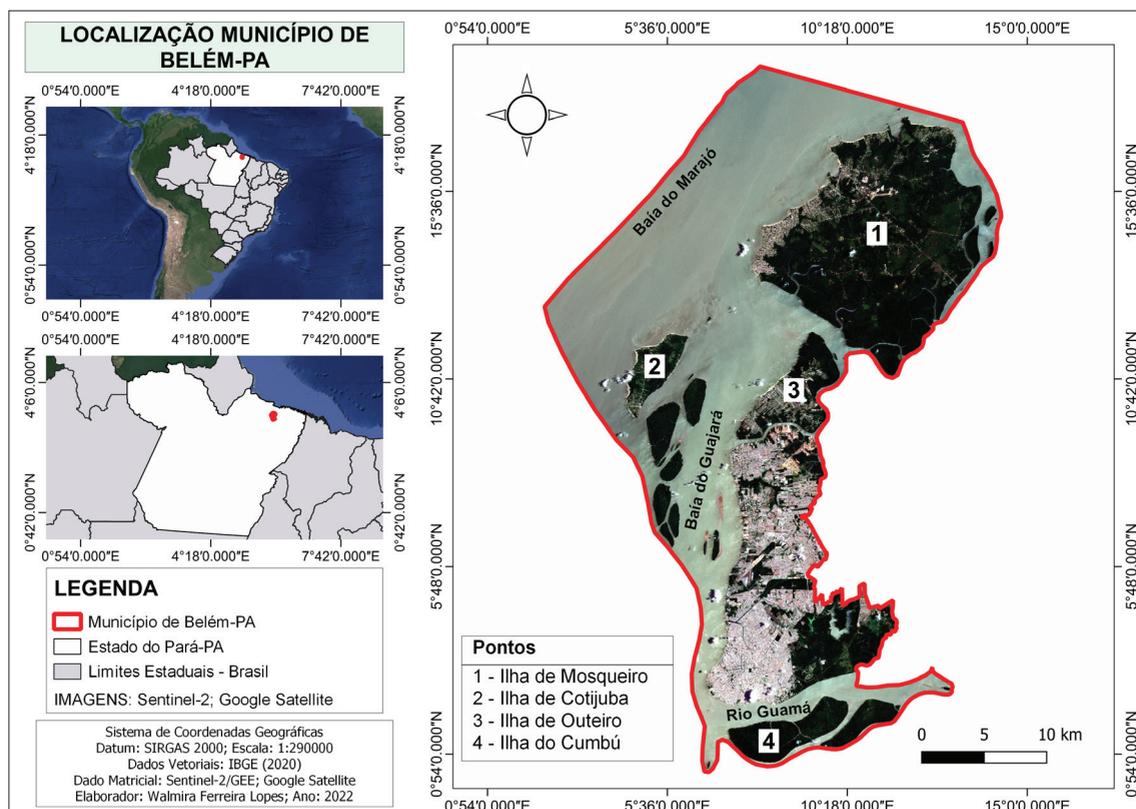


Fig. 1 - Localização da área de estudo.

Fig. 1 - Location of the study area.

TABELA I - Ficha utilizada em campo.

TABLE I - Checklist Model.

FICHA DE CAMPO		Descrição e importância
Responsável pelas informações: _____ Local: _____ Ponto _____; Coordenadas: _____		
1. Características das estruturas	Individual/Coletiva	Feito a observação sobre a presença ou ausência da estrutura, é necessário definir se é individual ou coletiva. Quando a solução for construída apenas por um tipo de estrutura, foi considerada como individual e quando foi construída tendo em vista mais de uma solução estrutural, foi considerada coletiva. Desse modo, em se tratando de medidas voltadas a Zona Costeira, seja de caráter individual ou coletivo, “[...] as obras costeiras podem ter função de proteção, recuperação ou de infraestrutura e lazer” (Farinaccio, 2008).
	Pública/Privada	Se a obra for construída com financiamento governamental, é considerada pública. Mas, se o financiamento for por parte dos cidadãos, a obra é considerada privada. As iniciativas visando a adaptação local, no contexto de gerenciamento de zonas costeiras, é definida como um tipo de resposta humana perante as ações dos processos costeiros e marinhos (Szlafsztein <i>et al.</i> , 2006).
2. Tipo de obras estruturais	Espigões, molhes, quebra mares, anteparos submersos, alimentação artificial, muro, enrocamento, gabião, soluções mistas.	Refere-se as obras de engenharia rígidas que são construídas com materiais de concreto, rochas e madeira para mitigar os efeitos da erosão costeira. As medidas estruturais destinam-se a evitar ou a minimizar o efeito erosivo do mar, de maneira a proteger as construções humanas do efeito fortemente erosivo do mar (Guimarães, 2012).
3. Estado de conservação da estrutura	Deteriorado/Em bom estado/ Manutenção/Em construção	O estado de conservação indica a efetividade de medida de contenção, bem como seu cumprimento no agir perante a erosão. Sendo a medida deteriorada: medida contendo limitações de suas funções devido rachaduras, trincas, danos ou envergamento estrutural; em bom estado: vem atingindo seus objetivos e a construção não apresenta danos aparentes; em construção: execução de medida no momento do trabalho de campo. As obras ou as intervenções costeiras, já construídas, demandam manutenções em frequências adequadas para que possam perdurar, evitando intervenções futuras de maior magnitude e mais onerosas, o que poderia ensejar novo processo de licenciamento ambiental e aumento de gastos (GI-GERCO, 2018).

Preparado pelos autores, 2022 / Prepared by the authors, 2022.

Durante a aplicação da ficha de campo foram obtidas as informações acerca da identificação de medidas mitigadoras ao processo de erosão na zona costeira do município de Belém. O registro do posicionamento geográfico foi feito com o auxílio de um GPS (*Sistema de Posicionamento Global*) Garmin, modelo GPSMAP 76CSx, e o registro das estruturas foi feito com o auxílio de uma câmera fotográfica. As informações

espaciais foram inseridas na cartografia final por meio do software QGIS (versão 3.16.7). A imagem utilizada como base dos mapas foi a Sentinel-2 com composição colorida 4R3G2B, data de imageamento em 27-09-2021, resolução espacial de 10 metros e resolução radiométrica de 12 bits, sem cobertura de nuvem, obtida gratuitamente da plataforma *Google Earth Engine* (GEE).

Resultados e Discussão

Para uma melhor descrição e entendimento dos resultados acerca do levantamento de informações de mitigação à erosão costeira na Zona Costeira do município de Belém, cada localidade é apresentada, como observado na carta-imagem (fig. 2). O mapeamento dos locais estudados resultou em um quantitativo de 42 pontos (P1 a P42) distribuídos entre as localidades do município visitadas: Ilha de Mosqueiro, 21 pontos (Praia do Areião, Porto da Vila, Praia Grande, Prainha, Praia do Farol, Praia do Chapéu Virado, Praia

de Porto Artur, Praia do Murumbira, Praia do Ariramba, Praia de São Francisco, Praia de Carananduba, Praia do Marahú, Praia do Paraíso, Praia da Baía do Sol e Praia do Bacuri); Universidade Federal do Pará (UFPA), 4 pontos; Praça Princesa Isabel, 1 ponto (Terminal Hidroviário de Belém); Portal da Amazônia, 1 ponto (Nova orla); Casas das Onzes Janelas, 1 ponto (Centro Histórico); Complexo Turístico Ver-O-Rio, 1 ponto; Orla de Icoaraci, 2 pontos; Ilha de Outeiro, 5 pontos (Praia do Barro Branco e Porto); Ilha de Cotijuba, 4 pontos (Praia do Farol e Praia do Vai Quem Quer); Ilha do Combú, 1 pontos (Escola Milton Monte).

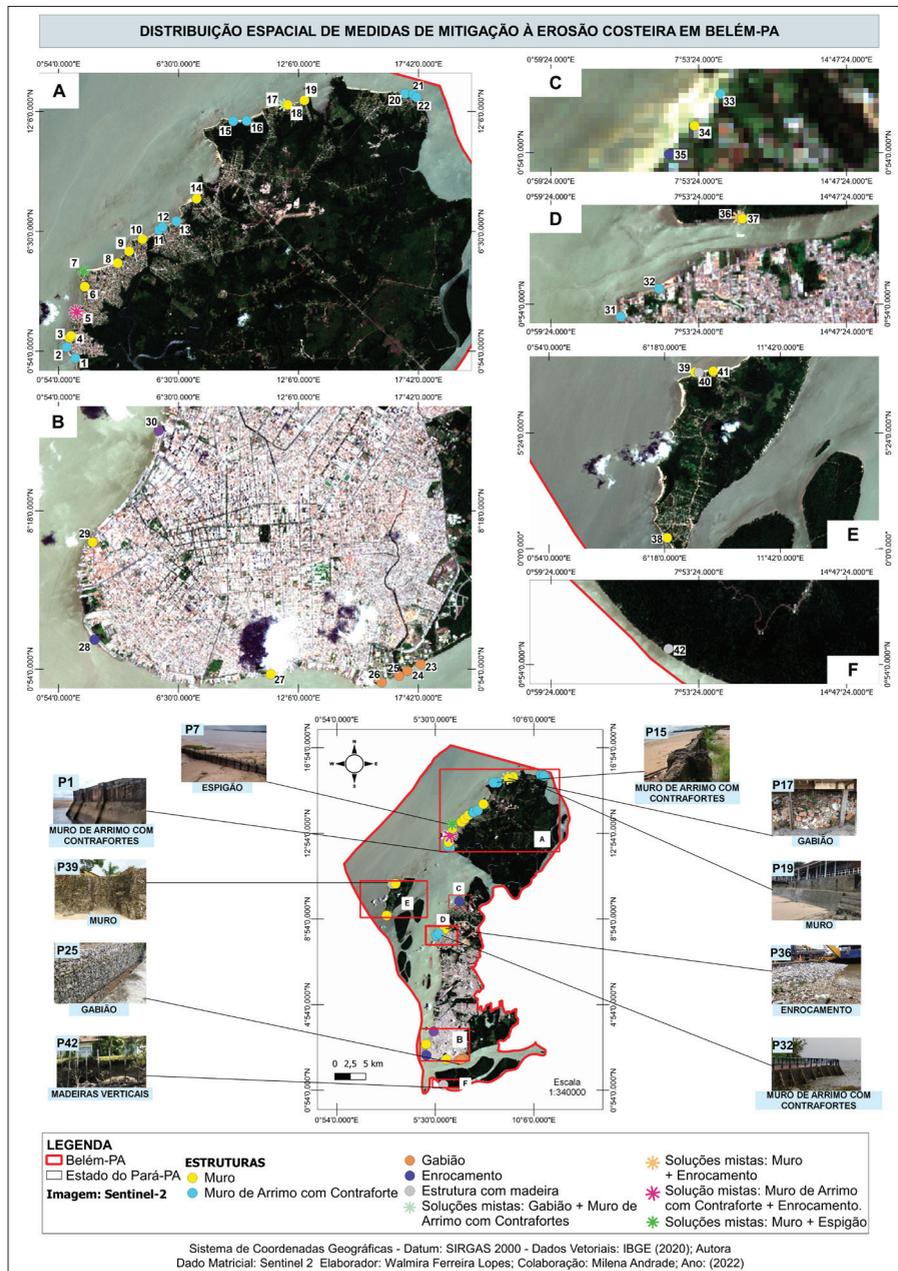


Fig. 2 - Carta-imagem dos pontos de coleta de dados de mitigação à erosão costeira.

Fig. 2 - Image map of coastal erosion mitigation data collection points.

Identificação e descrição de medidas de mitigação

Os pontos que possuem medidas de mitigação nas localidades investigadas são: Ilha de Mosqueiro (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20, P21, P22), referentes aos trechos das localidades da Praia do Areião, Porto da Vila, Praia Grande, Prainha, Praia do Farol, Praia do Chapéu Virado, Praia de Porto Artur, Praia do Murumbira, Praia do Ariramba, Praia de São Francisco, Praia da Baía do Sol, Praia do Paraíso e Praia do Marahú, respectivamente; UFPA (P23, P24, P25, P26) referentes aos trechos da orla; Terminal Hidroviário (P27); Nova orla (P28); Casa das Onzes Janelas (P29); complexo Ver-O-Rio (P30); Orla de Icoaraci (P31, P32); Ilha de Outeiro (P33, P34, P35, P36, P37), referentes aos trechos das localidades da Praia do Barro Branco e porto de embarcações; Ilha de Cotijuba (P38, P39, P40 e P41), referentes aos trechos das localidades da Praia do Farol e Praia do Vai Quem Quer; Ilha do Combú (P42) cuja localização, situa-se a Escola Milton Monte.

Analisando a carta-imagem (fig. 2), percebe-se que há localidades que apresentam maior quantitativo espacial de medidas estruturais, a exemplo da Ilha de Mosqueiro (enquadramento "A" da carta-imagem). Porém, isso não significa que as mesmas não apresentam indícios de erosão, em diversos pontos, por exemplo, observa-se que há trechos necessitando de medidas de mitigação para prevenir ou conter o processo de erosão costeira, uma vez que o processo vem acometendo residências próximas, sujeitas a perdas, características de área de risco (TABELA II).

Vale ressaltar que, a erosão costeira pode trazer várias consequências não somente à praia, a localidade, mas também a vários ambientes naturais e aos próprios usos e atividades antrópicas na ZC. Destaca-se, como principal impacto a redução na largura da praia e retrogradação ou recuo da linha de costa (Souza *et al.*, 2005; Souza, 2009). Para regiões estuarinas, as praias

arenosas estuarinas paraenses apresentam alterações em suas morfologias, devido principalmente ao domínio das marés, já que essa porção geográfica é formada por reentrâncias, baías e promontórios (El-Robrini *et al.*, 2018; Ramos e Ranieri, 2021).

Na UFPA (fot. 1), na Ilha de Outeiro (fot. 2) e na Ilha de Cotijuba (fot. 3) esse recuo da linha de costa se intensifica, à medida que o tempo passa, haja vista a ausência de medidas a conter o processo e constância de agentes atuantes na ZC. A ação de agentes, tais como as marés, ondas, correntes e ventos são um conjunto de processos ativos que compõem a dinâmica costeira consistindo num conjunto de mudanças no relevo, na cobertura vegetal e nos solos da costa estuarina paraense (França *et al.*, 2020).

Em se tratando das localidades citadas em ambientes de praia, sem medidas mitigadoras e com indicio de erosão, as mesmas fazem parte de um conjunto de destino turístico da zona costeira paraense. Nas áreas que não são ocupadas a dinâmica natural atua sem maiores perdas. Contudo nas áreas ocupadas em que os processos erosivos são atuantes os registros de consequências negativas são voltadas para a perdas de infraestrutura e aumento do risco de acidentes (Santos *et al.*, 2020).

A tendência dessas áreas, quando habitadas, haja vista a ausência de medidas rígidas a frear o processo de recuo da linha de costa é tender para o afastamento de construções/habitações para seguimentos pouco mais afastados da área afetada diretamente. Para a Ilha de Mosqueiro a análise da linha de costa demonstrou, por exemplo, que o dinamismo costeiro é resultante da complexa interação de processos deposicionais e erosionais, os quais estão intimamente relacionados às forçantes: ondas, marés, correntes litorâneas, como também as influências antrópicas (Braga, 2019). E embora fosse importante pensar uma outra forma de ocupação urbanística nessa área, a prioridade tem sido destinar orçamento governamental nacional para medidas de adaptação costeira.

TABELA II - Trechos com indícios de erosão visualizados.

TABLE II - Sections with visible signs of erosion.



Fonte: Fotografias do arquivo dos autores, tiradas a 07/05/2022.
Source: Photographs from the authors' archive, taken on 07/05/2022.

No que se refere a ocorrência da erosão costeira, não só nas áreas inseridas no município de Belém há indícios de processos erosivos e de acreção resultando no recuo de moradores, e em adoção de alternativa a evitar perdas e deterioramento de residências. Fazendo comparações com outros municípios da área costeira atlântica, em Salinópolis-PA, por exemplo, em algumas praias, periodicamente os donos de estabelecimentos (bares e restaurante) recuam suas barracas em direção ao pós praia (Ranieri, 2014). Conforme estudo, houve retrogradação costeira, mas por serem trechos de costa com residências e hotéis, e com estruturas de contenção de erosão colocadas à frente deles, obteve-se um recuo bem mais gradativo na linha de costa.

Na Ilha de Marajó, as modificações causadas pela erosão resultam na formação de falésias, plataformas de abrasão e bancos de cascalho (Lisbôa, 2011). No município de Salvaterra - PA, por exemplo, ruas situadas nas proximidades da linha de costa são atingidas pela erosão das falésias, havendo a destruição de muros, residências e demais elementos da estrutura urbana. Já em Marudá - PA, conforme estudo, o grau de danos obtém variação entre moderado na região central onde existe o muro de contenção, pois ele exerce a função de proteger a linha de costa, embora pequenos danos possam ser observados no próprio muro (Negrão *et al.*, 2022).

Vale ressaltar que em se tratando da linha de praia, o ideal seria impedir, conter e fiscalizar a ocupação antrópica, uma vez que existe uma dinâmica costeira e processo erosivos atuando de forma natural. Instrumentos como o zoneamento geoambiental através do Zoneamento Ecológico-Econômico precisam ser utilizados na zona costeira da Amazônia para um melhor planejamento territorial de sua ocupação (Abreu *et al.*, 2020). Além disso a recente Política Estadual de Gerenciamento Costeiro (PEGC/PA) instituída pela Lei N° 9.064, de 25/05/2020 prevê o Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro como instrumento básico de ordenamento dessa área territorial. Em seu artigo 8° consideram que como parte da gestão costeira e competência dos entes públicos “fiscalizar os empreendimentos na Zona Costeira baseado em padrões de qualidade ambiental exigidos pela legislação pertinente”.

Em dada área, em caso de intervenções físicas, mesmo de forma provisória, para manter o funcionamento das atividades naturais e atividades antrópicas ali exercidas, estudos anteriores e modelos da dinâmica da costa são desejáveis (Farinaccio, 2008; Nascimento e Lima, 2010). Além disso, o nível de proteção do litoral depende da opção escolhida, dos recursos disponíveis, das dimensões do projeto e das condições específicas da área acometida por erosão (Bulhões, 2020, p. 661). Outra forma de evitar danos seria a desocupação dessas áreas, contudo essa solução seria onerosa para as instituições governamentais

responsáveis. Ademais, a percepção de risco à erosão costeira das pessoas que habitam e trabalham nessas áreas são de que as estruturas rígidas favorecem a atividade turística na região (Santos *et al.*, 2020).

Dessa maneira, em se tratando da natureza da medida de mitigação, os responsáveis pela construção podem ser agentes públicos ou privados. No município de Belém tem-se os pontos P1, P2, P3, P6, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P15, P16, P20, P21, P22, P23, P24, P25, P26, P27, P28, P29, P30, P31, P32, P33, P36, P37, referindo-se como obras de responsabilidade pública-governamental, enquanto que os pontos P4, P7, P14, P18, P19, P34, P38, P39, P40, P41 e P42 são de natureza privada, ou seja, obras financiadas pelos proprietários, moradores e empresários (donos de barracas de praias) da área. Enquanto os pontos P5 e P17, são pontos cujas características detêm de responsabilidade do governo e da sociedade, sendo trechos construídos pelo poder público e trechos pelo proprietário da área. Ou seja, a população e o poder público tomando medidas no intuito de reduzir os danos. E P35 sendo sua natureza indefinida, uma vez que não foi possível caracterizar, haja vista não haver informações precisas para inferir sua natureza (pública/privada).

Em se tratando da população, as medidas estabelecidas muitas vezes ocorrem nas áreas com barracas e estabelecimentos comerciais que são fonte de renda familiar, como pode-se destacar o P17, P18, P19 e P34. A ação da população, com construção de estruturas com orçamento privado reflete a ausência de medidas governamentais de proteção na área, transferindo a responsabilidade à população, uma vez que objetivam garantir a seguridade do seu imóvel. Em se tratando de medidas por parte dos moradores, são utilizadas diversas estratégias e materiais, como pneus, estacas, muros de madeira e concreto, e enrocamentos, sendo, na maioria das vezes feitas sem um estudo prévio dos métodos mais adequados e sem o conhecimento técnico devido (Santos *et al.*, 2020). Na Ilha de Mosqueiro, por exemplo, existem setores mais atingidos por erosão, onde comerciantes e moradores investem em obras de contenção, como muros de arrimo, pilares de sustentação, aterros, empilhamento de sacos de areia e cimento, reforço de alicerces e de calçamentos (França *et al.*, 2020).

Ao contrário das medidas privadas, as medidas governamentais apresentam-se como maior dimensão, ocupando maior extensão na faixa costeira. As ações Governamentais, por exemplo, geralmente são concretizadas por meio de obras que já envolvem alta tecnologia, o que não significa que sua eficácia também seja alta, mas porventura conseguem trazer algum resultado pontual (De Paula, 2015). Algumas estruturas por exemplo, tendem a ser mais eficazes em detrimento de outros tipos, dependendo da localidade a ser instalada, podendo ter seus objetivos de proteção alcançados.

Tipos de estruturas

As medidas estruturais estudadas enquadraram-se em obras individuais (estruturas que apresentaram apenas uma medida de resposta), não sendo adotadas pelo responsável outros mecanismos juntos em defesa do litoral. Enquanto que, somente em dois pontos caracterizados como detentores de estruturas coletivas (P7 na Ilha de Mosqueiro e P36 na Ilha de Outeiro).

As características das soluções presentes nos pontos detentores de medidas mitigadoras nos trechos analisados foram do tipo muro (construções convencionais, concreto armado ou muro de arrimo), muro de arrimo com contrafortes, enrocamento, gabião, espigão, inclinação com madeira, madeira vertical e soluções mistas (presença de mais de uma medida estrutural) (TABELA III). Ao todo foram descritas 47 estruturas, as quais estão distribuídas nos 42 pontos com presença de medidas, destaca-se a construção de muros (com contrafortes ou não) como a medida de engenharia mais frequente na área de estudo com 34 estruturas existentes dentre os locais estudados (fig. 3).

A presença significativa de estruturas do tipo “muro”, reflete o principal tipo de padrão construtivo voltado a mitigação no município de Belém, com inclinações variadas e verticalmente, representam a forma de enfiamento local. De maneira genérica, as estruturas do tipo “muro” são estruturas corridas de contenção de parede vertical ou quase vertical, apoiadas em uma fundação rasa ou profunda, podendo ser construídos em alvenaria (tijolos ou pedras) ou em concreto (simples ou armado), ou ainda, de elementos especiais (Pontes *et al.*, 2021). Assim como os muros de caráter construtivo convencionais, tem-se em destaque os muros de arrimos com contrafortes, visto em 15 pontos do município, encontrado em grande parte nos pontos da Ilha de Mosqueiro e em um ponto da Ilha de Outeiro e na orla de Icoaraci. Os muros de arrimos com contrafortes são construções rígidas aplicadas. Conforme estudos, quando trata-se de conter locais com alturas maiores é evidente a utilização de contrafortes para reforçar a estabilidade da medida. Um exemplo disso, são os pontos P12 e 13 (Praia do Ariramba - Ilha de Mosqueiro), em que esse trecho apresenta alturas elevadas em comparações aos demais pontos da ilha.

TABELA III - Quantitativos das estruturas presentes na área de estudo.

TABLE III - Features of the studied hydrographic basins.

Tipo de estrutura	Quantitativo	Distribuição
Muro	17 Pontos	P3, P4, P6, P8, P9, P10, P14, P18, P19, P27, P29, P30, P34, P37, P38, P39, P41.
Muro de arrimo com contrafortes	13 Pontos	P1, P2, P11, P12, P13, P15, P16, P20, P21, P22, P31, P32, P33.
Enrocamento	02 Pontos	P28 e P35
Gabião	04 Pontos	P23, P24, P25 e P26
Espigão	01 Ponto	P7
Soluções mistas	04 Pontos	P5 (muro de arrimo com contrafortes e enrocamento), P7 (muro e 2 espigões), P17 (gabião e muro de arrimo com contrafortes), P36 (Muro e enrocamento)
Outros	02 Pontos	P40 (inclinação com madeira) e P42 (madeiras verticais)

Fonte/Source: Preparado pelos autores, 2022 / Prepared by the authors, 2022.

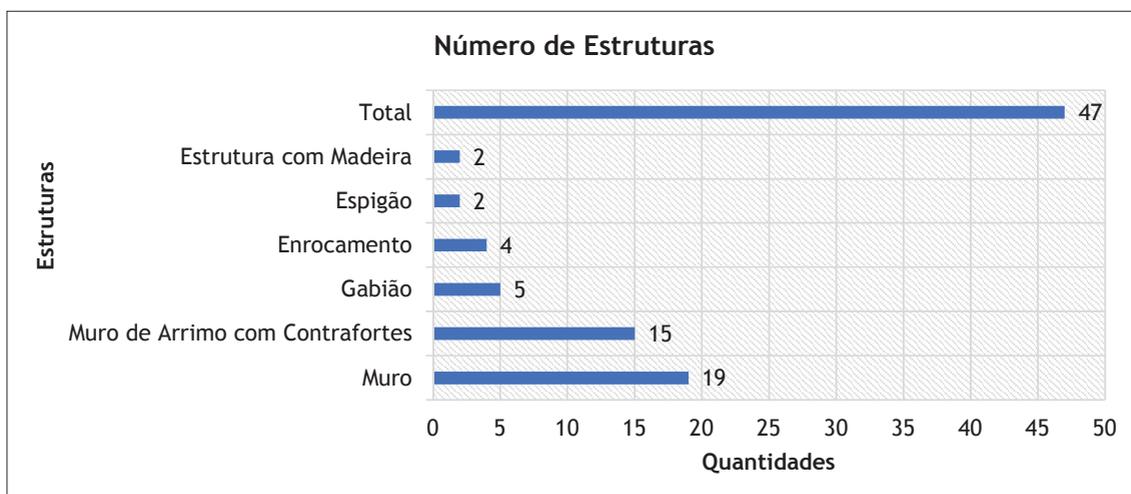


Fig. 3 - Tipos de estrutura de contenção (preparado pelos autores em 2022).

Fig. 3 - Types of retaining structures (prepared by the authors in 2022).

Todavia, apesar da importância de mitigação à erosão, tendo em vista os efeitos da dinâmica costeira, os muros em geral, tem seus possíveis impactos em muitos casos. Conforme estudo, esse tipo de estrutura pode acarretar em alteração da dinâmica natural de transporte de sedimentos pela limitação do espriamento, sendo propenso a acúmulo de sedimento e alteração do perfil praias, colapsos de estruturas e alteração no regime de deposição eólica (Farinaccio, 2008). Além disso, em muros de caráter verticais, seus efeitos no balanço sedimentar podem ser: negativo como resultado da turbulência da onda e interação e reflexão da onda na base da estrutura, escavamento da base das estruturas e rebaixamento do perfil praias (GI-GERCO, 2018, p.33).

As estruturas do tipo enrocamento (P5, P28, P35 e P36), na área de estudo, apresentam-se sem padrão tecnológico e planejamento técnico, como frequentes em litorais de outros estados. Sendo somente no P34 (nova orla) inserida por meio de planejamento, por conta do planejamento urbanístico da orla de Belém, a qual foi inaugurada no ano de 2012. Entretanto, após 10 anos de construção foi possível notar durante o campo o desgaste da estrutura em alguns pontos. O principal objetivo desse tipo de estrutura é proteger temporariamente as construções a beira mar (Guimarães, 2012). Este tipo de proteção, conforme o autor, pode ter a desvantagem de fazer com que a praia desapareça com o avanço do mar, podendo o enrocamento ser posteriormente danificado e levando em alguns casos a ter que ser construído um paredão ainda de maior dimensão na área. O efeito que os enrocamentos causam na inclinação da praia nem sempre é uma desvantagem, sendo esta técnica por vezes utilizada para aumentar a profundidade nas margens, facultando a construção de ancoradouros onde barcos possam atracar (Guimarães, 2012).

As estruturas do tipo Gabião, apresenta-se em quatro pontos: P17, P24, P25 e P26 (P23 que se encontra em construção), contendo diferença de altura, sendo 4 destas localizadas no campus da Cidade Universitária José da Silveira Netto, UFPA. Adjacente a estrutura estão os instrumentos urbanísticos de calçadas e ciclovias, espaço usual de atividades físicas e caminhadas, aberto a sociedade civil. Os gabiões, por não haver concreto nem qualquer outro material em sua estrutura, além de pedras e a própria armação da gaiola, se caracterizam por ser bastantes permeáveis, não necessitando sistema de drenagem, ao contrário do muro de arrimo (Sila *et al.*, 2018).

O espigão encontra-se somente em um ponto (P7 - praia do farol, Ilha de Mosqueiro) das áreas visitadas. Estruturas, do tipo espigão, podem ser construídas utilizando blocos rochosos, cimento/concreto, madeira, metal ou tecidos sintéticos resistentes e preenchidos com areias ou outros materiais como os geotêxteis

(Bulhões, 2020, p. 662). No caso do P7 (dois espigões encontrados), por ser uma medida realizada pelo próprio proprietário da área, dependências do Hotel Farol (Ilha de Mosqueiro), tem-se utilizado alternativas diferentes das encontradas em obras públicas em litorais, tendo em sua estrutura madeira, preenchida por pedras de tamanhos variados, a fim de resguardar o imóvel de forças atuantes na área. Os espigões são estruturas que agem diretamente no transporte de sedimentos longitudinal podendo ser empregado isoladamente ou em conjunto (campo de espigões) (GI-GERCO, 2018, p. 60). Contudo, os espigões podem ser responsáveis pela alteração da dinâmica natural longitudinal à costa, pelo aprisionamento de sedimento junto a estrutura rígida de orientação, e pelo surgimento de fenômenos erosivos e escalonamento da linha de costa.

Quando se trata de ambiente costeiros, não somente soluções construtivas técnicas são vistas, mas também soluções baseadas em disponibilidade de materiais e conhecimento empírico por moradores, as quais ganham destaque na região insular do município de Belém. Essas soluções podem ser de vários tipos, sendo visto *in loco* medidas frente as residências (muros de proteção) e, também, com o uso de madeiras (inclinação com madeira (P40- Ilha de Cotijuba) e madeiras verticais (P42 - Ilha do Combú). Essas duas últimas soluções são exemplos de alternativas aplicadas, muitas vezes por moradores, sendo necessários mais estudos para concluir sobre a efetividade dessa estrutura.

No entanto, algumas obras improvisadas e desprovidas de orientação técnica, contribuem para fragilizar a estrutura urbana diante das forças erosivas (França *et al.*, 2020). Todavia, a falta de conhecimento a respeito da erosão, de sua evolução, de mecanismo de defesa contribui para que os moradores continuem a construir técnicas por conta própria como estas citadas, sendo também reforçada pela ausência de respostas eficazes pelas autoridades competentes. Além disso, a falta de conhecimento sobre a realidade vivida e a vulnerabilidade da população que habita áreas de risco à erosão pode ser um dos fatores que dificulte ações de gerenciamento costeiro (Negrão *et al.*, 2022).

Estado das estruturas

No município de Belém, das estruturas contidas nos pontos estudados com presença de medida de mitigação, foi possível reconhecer quais as que obtiveram bom estado, deteriorada, em manutenção ou em construção. Do total das estruturas analisadas (fig. 3), obteve-se 31 estruturas em bom estado, 15 estruturas deterioradas, 0 ponto em manutenção e 1 em construção. Sendo inclusas as estruturas dos pontos P5, P7, P17 e P36 com soluções mistas. P5 e P17 apresentam uma de suas estruturas em bom estado e outra deteriorada, sendo P5 com muro de

arrimo com contraforte em bom estado e estrutura de enrocamento deteriorada; enquanto P17 com muro de arrimo com contraforte em bom estado e a estrutura gabião apresentando aberturas na armação de arame; já em P7 ambas em bom estado (muro e 2 espigões) e P36 ambas deterioradas (muro e enrocamento).

Das 15 estruturas deterioradas, 08 dessas estruturas são privadas, ou seja, soluções aplicadas pelos próprios moradores. Estas estruturas em comparação com as obras governamentais foram identificadas como obras de padrão construtivo inferior, com construções pontuais, uma vez que ocupam apenas a área do imóvel sem continuidade lateral. As estruturas construtivas públicas-governamentais apresentam-se deterioradas em P2 (muro de arrimo com contraforte), P15 (muro de arrimo com contraforte), P28 (enrocamento), P33 (muro de arrimo com contraforte) e P36 (muro e enrocamento); já P35 (enrocamento/blocos de pedras) encontra-se deteriorada, porém sem responsabilidade definida.

A deterioração dessas estruturas pode estar relacionada a fatores, como o tempo de exposição, ao tipo de materiais utilizados e aos desgastes por conta de fatores naturais, relacionados a dinâmica costeira. À vista disso, manutenção de tais estruturas precisam ser viabilizadas, visando a garantia de seus propósitos quanto ação de proteção do ambiente costeiro. Os muros, gabiões os paredões de enrocamento necessitam de manutenção de acordo com suas particularidades técnicas. Tendo em vista os enrocamentos, os mesmos necessitam ser renovados e/ou reforçados com uma periodicidade que pode ser maior ou menor consoante a sua exposição à energia do mar (Guimarães, 2012). Adicionalmente, estudos a respeito de quais estruturas se apresentam com melhor eficácia no município de Belém são extremamente importante, assim como o entendimento a respeito da vulnerabilidade de áreas do município que se encontram em processo de erosão ou sujeita a mesma. Entende-se que o estudo da erosão costeira é importante não apenas por ser um fenômeno de ordem física, mas, sobretudo porque os processos erosivos têm frequentemente efeitos de cunho social e econômico (Neves *et al.*, 2019).

Tendo em vista essas estruturas presentes no município de Belém, diversas outras medidas também são adotadas para conter o processo de erosão costeira. Tais quais destacam-se os quebra-mares, alimentação artificial de praias (Bulhões, 2020, p. 677). Como tendências atuais tem-se a aplicação de eco-engenharia e projetos híbridos, as denominadas soluções baseadas na natureza por meio da contribuição dos ecossistemas costeiros e estuarinos para a defesa do litoral.

A execução de soluções para proteção costeira baseadas na natureza e de baixo custo poderá permitir o controle e a minimização do movimento de sedimentos, assim

como uma melhor proteção contra a erosão costeira, aumentando a resiliência das praias e dunas, aspectos de grande importância num contexto de adaptação às alterações climáticas (Vinagre, 2019). Tais soluções buscam entender os aspectos da natureza como um meio de promover soluções para a mitigação das mudanças climáticas e cooperar nos desafios da adaptação humana (IUCN, 2012; Bulhões, 2020, p. 678).

As soluções baseadas na natureza são distintas das soluções mais tradicionais por tentarem minimizar os seus efeitos negativos utilizando elementos naturais existentes (Vinagre, 2019). São cada vez mais visualizadas por sua importância, uma vez que está atrelada a diminuição de impactos provenientes da erosão costeira por meio da manutenção dos ecossistemas existentes. Porém, para que sua implementação seja bem-sucedida, é necessária uma profunda compreensão do funcionamento dos processos e fluxos de matéria e energia dos ecossistemas (Néto *et al.*, 2020). Tampouco, na área de estudo as soluções de mitigação costeira ainda tem priorizado estrutura rígidas de engenharia no lugar de soluções baseadas na natureza.

Conclusão

Essa pesquisa buscou identificar as medidas de mitigação a erosão costeira existentes no município de Belém do Pará. Com isso, foi possível observar que dos 42 pontos de coletas de dados realizados em localidades do município, com uso de *checklist* de campo, 47 tipologias de medidas mitigadoras foram encontradas, tendo em vista as denominadas de obras estruturais. As medidas mitigadoras encontradas estão distribuídas em pontos da Ilha de Mosqueiro, Ilha de Cotijuba, Ilha de Outeiro, Ilha do Combú, distrito de Icoaraci, Universidade Federal do Pará, porto de embarcações (Praça P. Isabel), Complexo Ver-O-Rio, Nova orla de Belém e Casas das Onzes Janelas.

As tipologias de estruturas encontradas no município foram do tipo muro (construção convencionais, uso de concreto armado, cimento, arrimo), 19 estruturas; muro de arrimo com contrafortes, tendo um quantitativo de 15 estruturas; gabião com 5 estruturas; enrocamento com 4 estruturas, espigão e estruturas com madeira, ambas com 2 estruturas presente. Todas as estruturas observadas fazem parte de um rol de alternativas de resposta, sendo de responsabilidade governamental e privada, todavia obtendo diferenças técnicas construtivas, o que favorece que umas tenham maior eficácia em detrimento de outras.

Em suma, estrutura de proteção costeira é fundamental para adaptar as localidades frente a eventos extremos e futuros cenários de aumento do nível do mar. Embora no município de Belém, a maioria das alternativas presentes sejam estruturas rígidas clássicas de proteção, observa-se uma resposta no que tange a proteção da costa à erosão.

Já que os muros de arrimo com contrafortes e espigões, em geral não estavam apresentando deterioramento e ruptura das mesmas. Todavia, desgastes pontuais e deterioramento foram identificados associados a falta de manutenção da estrutura.

Dessa forma, essa pesquisa busca contribuir para conhecimento acerca de medidas de mitigação a erosão costeira e apoio a ações voltadas ao gerenciamento costeiro do município.

Referências bibliográficas

- Abreu, W. I. De, Rocha, G de M., Flores, M. S. A., Ribeiro, E. R. F., Tamasauskas, C. E. P. & Gass, S. L. (2020). Zoneamento Geoambiental a partir das Unidades de Conservação: subsídios para a Gestão Integrada da Zona Costeira Paraense -Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, Vol.13, n.º 6, 3042-3059. Disponível: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>
- Ananias, D. S., Souza, E. B., Souza, P. F. S., Souza, A. M. L., Vitorino, M. I., Teixeira, G. M. & Ferreira, D. B. S. (2010). Climatologia da estrutura vertical da atmosfera em novembro para Belém-PA. *Revista brasileira de meteorologia*, Vol. 25, n. 2, jun. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-77862010000200006>
- Andrade, M. M. N. & Szlafsztein, C. F. (2019). Coping and adaptation strategies and institutional perceptions of hydrological risk in an urban Amazonian city. *Disasters*. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/disa.12414>
- BELÉM. COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO E ADMINISTRAÇÃO DA ÁREA METROPOLITANA DE BELÉM (CODEM) [s.a]. Disponível: <https://codem.belem.pa.gov.br/mapas/distritos-administrativos/>. Acesso em 02 de fevereiro de 2022.
- BELÉM. SECRETARIA DE COORDENAÇÃO GERAL DE PLANEJAMENTO E GESTÃO (2010). <http://www.belem.pa.gov.br/planodiretor/paginas/brasao.php>
- Braga, C. A. O. (2019). *Análise das variações da linha de costa na Ilha de Mosqueiro-PA ao longo de 17 anos. Orientador: Francisco de Souza Oliveira (Dissertação de Mestrado em Gestão de Risco e Desastre na Amazônia)*. Universidade Federal do Pará, Belém, 89 p. Disponível: <http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/12113>
- BRASIL. Constituição Federal 22 de Setembro de 1988. Artigo 225. *Congresso Nacional do Brasil. Brasília*.
- Bulhões, E. (2020). Erosão costeira e soluções para a defesa do litoral. In: Muehe, D., Lins-de-Barros, F. M., Pinheiro, L. (orgs.) *Geografia Marinha: oceanos e costas na perspectiva de geógrafos*. Rio de Janeiro: PGGM, 655-688. Disponível: https://www.researchgate.net/publication/345765641_Cap_29_Erosao_Costeira_e_Solucoes_para_a_Defesa_do_Litoral
- CHM - CENTRO DE HIDROGRAFIA DA MARINHA (2013). *Tábuas de marés: Porto de Belém*. Disponível: <http://www.mar.mil.br>
- De Paula, D. P. (2015). Erosão costeira e estruturas de proteção no litoral da região metropolitana de fortaleza (Ceará, Brasil): Um contributo para artificialização do litoral. *REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA*, Fortaleza, Brasil, Vol. 9, n. 1, 73-86, jan./jun. Disponível em: <http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/306>
- El-Robrini M., Ranieri, L. A., Silva, P. V. M., Alves, M. A. M. S., Gerreiro, J. S., Oliveira, R. R. S., Silva, M. S. F., Amora, P. B. C., El-Robrini M. H. S. & Fenzl, N. (2018). Pará. In: Muehe, D. (Ed.). *Panorama da Erosão Costeira no Brasil*. Brasília, 65-166. Disponível em: https://www.bivica.org/files/5975_11.%20TerraMar_Panorama%20da%20Eros%C3%A3o%20Costeira%20do%20Brasil_PDF.pdf
- Espírito Santo, C. M. & Szlafsztein, C. F. (2016). Gestão de risco de desastres em planos diretores de três municípios da zona costeira do estado do Pará, Brasil. *Journal of Integrated Coastal Zone Management / Revista de Gestão Costeira Integrada*, Vol.16, n. 2, 223-229. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=388346765009>
- Farinaccio, A. (2008). *Impactos na dinâmica costeira decorrentes de intervenções em praias arenosas e canais estuarinos de áreas densamente ocupadas no litoral de São Paulo, uma aplicação do conhecimento a áreas não ocupadas (Tese (Doutorado em Ciências, Programa de Oceanografia Química e Geológica)*. Univ. de São Paulo.
- França, C. F., Silva, R. R. P., Ferreira Junio, J. L. A. & Araújo, F. A. (2020). Erosão da orla costeira Grande-Bispo, ilha de Mosqueiro, Belém-PA, através da análise de indicadores. *Geografia Ensino e Pesquisa*, Santa Maria, Vol.24, ed.20. DOI: <https://doi.org/10.5902/2236499433940>
- GI-GERCO. *Guia de Diretrizes de Prevenção a Proteção à Erosão Costeira*. (2018). Grupo de Integração do Gerenciamento Costeiro. Brasília-DF, 114 p. Disponível em: https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/Final_Guia-de-Diretrizes_09112018-compressed.pdf
- Gijsman, R., Horstman, E. M., van der Wal, D., Friess, D. A., Swales, A. & Wijnberg, K. M. (2021). Nature-based Engineering: a review on reducing coastal flood risk with mangroves. *Frontiers in Marine Science*, Vol.8, 1-26. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2021.702412/full>

- Guimarães, B. F. C. (2012). *Erosão costeira e produção de blocos para obras de proteção com enrocamento*. (Dissertação de mestrado em Engenharia de Minas e Geo-Ambiente, Orientador: Alexandre Júlio Machado Leite. Coorientador: Prof. José Cardoso Guedes). Universidade do Porto, Portugal, 111 p.
- IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2021). *Banco de Dados de Informações Ambientais - BDIA*. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>
- IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2021). *IBGE Cidades*. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/belem/panorama>
- IOUSP-INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (2022). *Erosão Costeira*. Disponível em: <https://www.io.usp.br/index.php/infraestrutura/museu-oceanografico/50-portugues/publicacoes/series-divulgacao/gestao-costeira/823-erosao-costeira.html>
- Kalindi, D., Pilo, G. S. & Farrenberg, C. C. A. (2011). *Erosão costeira por ação antrópica e suas implicações para o desenvolvimento sustentável: uma revisão bibliográfica*. *Oceanografia e Políticas Públicas*, Santos, SP, Brasil. Disponível em: <https://docplayer.com.br/19543332-Erosao-costeira-por-acao-antropica-e-suas-implicacoes-para-o-desenvolvimento-sustentavel-uma-revisao-bibliografica.html>
- Koerner, K. F., Oliveira, U. R. & Gonçalves, G. (2013). *Efeito de estruturas de contenção à erosão costeira sobre a linha de costa: Balneário Hermenegildo, Rio Grande do Sul, Brasil*. *Revista da Gestão Costeira Integrada*. Novembro. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3883/388340143005.pdf>
- Lisbôa, T. F. P. (2011). *Vulnerabilidade Ambiental da Orla Costeira do Município de Salvaterra, Ilha de Marajó-PA, no Trecho Compreendido entre a Foz do Rio Paracauari e a Ponta do Tapariuaçu*. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 074-089. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v4i1.232663>
- MapBiomias. (2021). *Coleção 7*. Disponível: *Plataforma - MapBiomias Brasil*
- Medeiros, E. C. S., Pantalena, A. F., Miola, B., Lima, R. S. & Soares, M. O. (2014). *Percepção ambiental da erosão costeira em uma praia no litoral do Nordeste do Brasil (Praia da Taíba, CE)*. *Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management*, Vol.14, n.3, 471-482. Disponível em: http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-488_Medeiros.pdf
- MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2008). *Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil*. Brasília: MMA. 242 p. Disponível em em: https://gaigerco.furg.br/images/Arquivos-PDF/MDZC_Biodiversidade.pdf
- Moura, M. R. (2012). *Dinâmica costeira e vulnerabilidade à erosão do litoral dos municípios de Caucaia e Aquiraz, Ceará*. Orientador: Fátima Maria Soares Kelting. Co-Orientador: Jáder Onofre de Moraes (Tese Doutorado em Geografia). Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 210 p.
- Nascimento, F. C. & Lima, J. J. F. (2010). *Diretrizes técnicas para locação de limites edificados em praias*. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, Vol. 10, n. 4, 197-218, out./dez. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212010000400014>
- Negrão, Y. S., Sousa, H. C. & Ranieri, L. A. (2022). *Vulnerabilidade à erosão costeira em praias amazônicas e a ocupação populacional em áreas de riscos*. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Vol.23, n. 2, abr-jun. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v23i2.1951>
- Néto, N. C. G., Souza, L. N., Castro, C. A. F., Costa, D. A. & Ferreira, M. I. P. (2020). *Soluções Baseadas na Natureza aplicadas à conservação e à gestão integrada das águas - um estudo prospectivo à luz da Agenda 2030 da ONU*. *Revista Principia*, n. 51.
- Neves, S. C. R., França, C. F. & Silva, R. R. P. (2019). *Morfologia e dinâmica da orla costeira do Marajú, Ilha de Mosqueiro, Belém, Pará*. *Geosul*, Florianópolis, Vol. 34, n. 73, 107-125, set./dez. DOI: <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v34n73p107>
- Ogura, A. (2006). *Apostila do Curso de Capacitação em Mapeamento e Gerenciamento de Risco na modalidade à distância*. Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas-IPT, Centro de Pesquisas Sobre Desastres Naturais-CEPED.
- PARÁ. Lei Estadual n° 9604/2020 que instituiu a Política Estadual de Gerenciamento Costeiro - PEGC/PA. Belém: Semas, 2020.
- Pegado, R., Blanco C., Roehrig J., Caroça, C., Costa F. & Tostes W. (2012). *The importance of physical indicators in areas of urban flood: the case of the metropolitan region of Belém*. *Int J Civ Environ Eng*. c.12, n.2, 42-48. Disponível: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/22590>
- Pinheiro, C. D. P. S., Rosa, A. G. & Sousa, A. M. L. (2020). *Análise dos impactos socioambientais na zona costeira do município de Salinópolis/PA*. *DRd - Desenvolvimento Regional em debate*, Vol. 10, 222-244. DOI: <https://doi.org/10.24302/drd.v10i0.2553>
- Pontes, R. R., Alves, B. C. S., Barcellos, P. C. L., Silva, J. C. & Brasil, F. C. (2021). *Análise de Estabilidade de Talude em Bairro Residencial de Duque de Caxias - RJ*. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, Vol.7, n.7, jul., p. 74330-74345. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n7-557>

- Ramos, C. C. & Ranieri, L. A. (2021). Morfologia e sedimentação de uma praia estuarina amazônica (Marahú/PA) durante amplitudes de marés distintas. *Revista Brasileira de Geografia Física*, Vol.14, n.5. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.5.p2916-2930>
- Ranieri, L. A. & El-Robrini, M. (2020). Morfologia e sedimentação em praias oceânicas da Amazônia oriental durante a variação anual de chuvas. *Revista Brasileira de Geografia Física*, Vol.13, n.5. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.5.p2086-2102>
- Ranieri, L.A. (2014). *Morfodinâmica costeira e o uso da orla oceânica de Salinópolis (Nordeste do Pará, Brasil) (PhD Thesis)*. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 195 p.
- Rosa, A. G., Andrade, M. M. N et al. (2021). Avaliação da dinâmica de ocupação da terra em Salinópolis/PA com base no modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta (PEIR). *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, Vol.12, n.7, jul. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.007.0037>
- Rudorff, F.M. & Bonetti, J. (2010). Avaliação da suscetibilidade à erosão costeira de praias da Ilha de Santa Catarina. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, Vol. 14, 9-20. DOI: <https://doi.org/10.14210/bjast.v14n1.p9-20>
- Santos, I. R., Silva, C. V. & Andrade, M. M. N. (2020). Avaliação da vulnerabilidade social e percepção de risco à erosão costeira na Ilha do Mosqueiro - PA, *Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales*, agosto. Disponível em: <https://www.eumed.net/rev/cccss/2020/08/ilha-mosqueiro.html>
- Scudelarí, A. C., Braga, K. G. & Costa, F. A. A. (2005). O uso de checklist como ferramenta de identificação dos processos erosivos na praia da pipa - RN. *23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*.
- Sila, I. G., Moraes, F. S. & Struminski, E. (2018). Comparação de técnicas de contenção de ondas. *Caderno de Graduação - Ciências exatas e tecnológicas*, Alagoas, Vol. 4, n.3, 25-34, maio. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/5563>
- Silva, J. S. & Farias Filho, M. S. (2019). Expansão urbana e impactos ambientais na zona costeira norte do município de São Luís (MA). *R. Ra'e Ga*. Curitiba, Vol.46, n.1, 7-24, mar. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v46i1.52552>
- Souza Filho, P. W. S., Tozzi, H. A. M. & El-Robrini, M. (2003). Geomorphology, land-use and environmental hazards in Ajuruteua macrotidal sandy beach, Northern Brazil. *Jornal Of Coastal Research*, SI 35 (Proceedings of the Brazilian Symposium on Sandy Beaches: Morphodynamics, Ecology, Uses, Hazards and Management), Itajaí, SC-Brazil, 580-589. DOI: <https://www.jstor.org/stable/40928810>
- Souza, C. R. G., Suguio, K., Oliveira, A. M. S, Oliveira, P. E. (2005). (ed.) *Quaternário do Brasil* / editores, Celia Regina de Gouveia Souza, Kenitiro Suguio, Antonio Manoel dos Santos Oliveira, Paulo Eduardo De Oliveira. Ribeirão Preto: Editora Holos. 382 p. Disponível em: <http://biblioteca.ifes.edu.br:8080/pergamumweb/vinculos/000015/00001530.pdf>
- Souza, C. R. G. (2009). A Erosão Costeira e os Desafios da Gestão Costeira no Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada - Journal of Integrated Coastal Zone Management*, Vol.9, n.1, 17-37. Disponível em: https://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-147_Souza.pdf
- Szlafsztein, C., Sterr, H. & Lara R. (2006). Estratégias e medidas de proteção contra desastres naturais na zona costeira da região Amazônica, Brasil. *Terra Livre*. Goiânia, Vol. 1, n. 26, 109-125. Disponível em: <https://publicacoes.agb.org.br/index.php/terralivre/article/download/210/194>
- Vinagre, P. M. T. (2019). *Avaliação de soluções para proteção costeira baseadas na natureza para adaptação às alterações climáticas (Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil)*. Universidade do Porto, Porto, Portugal, 161 p.