



Morfodinâmica de praia em ambiente fluvio-marinho amazônico (Jubim, Ilha do Marajó, Brasil)

Mayara de Souza Rodrigues¹; Fabrício de Sousa Figueiredo²; Leilanne Almeida Ranieri³

¹Universidade Federal do Pará/ Programa de Pós-graduação em Oceanografia. Belém, Brasil. e-mail: may.rdg1@gmail.com ORCID: 0009-0001-8071-7081.

²Universidade Federal do Pará/ Programa de Pós-graduação em Oceanografia. Belém, Brasil. e-mail: fabricio.figueiredo2201@gmail.com ORCID: 0009-0002-7984-8890.

³Universidade Federal do Pará/ Instituto de Geociências. Belém, Brasil, e-mail: laranieri@ufpa.br ORCID: 0000-0002-9870-4879.

Artigo recebido em 28/12/2024 e aceito em 19/03/2025

RESUMO

As ilhas fluvio-marinhas são caracterizadas por receber influência oceânica, mas também grande influência fluvial. O conjunto delas forma arquipélagos de extensões variadas, tal como a Ilha do Marajó, maior ilha fluvio-marinha do planeta. O Distrito de Jubim (município de Salvaterra) está situado na margem leste da Ilha do Marajó. O objetivo deste artigo foi analisar as alterações na morfologia e sedimentação das praias estuarinas de Jubim e adjacências, durante um ciclo sazonal completo (março de 2023 a março de 2024). As coletas de dados foram realizadas em quatro praias específicas, sendo elas: Praia das Meninas, Praia da Baleia, Praia de Curuanã e Praia de Salazar. Para a caracterização do estado morfodinâmico das praias foi utilizado como referência o parâmetro declividade (β), oriundo do tratamento de dados topográficos de perfis de praia. Para análise granulométrica, amostras de sedimentos superficiais foram submetidas à peneiramento a seco, a fim de se obter o tamanho médio deles. As praias apresentaram granulometria variando de areia média a fina, moderadamente bem selecionadas, e o estado morfológico praiial foi dissipativo a intermediário (declividade praiial de 0,2° a 2,6°). As praias apresentaram parâmetros morfométricos bastante variados: elevação topográfica de 5,6 m a 2,7 m, e largura praiial variando de 79 m a 550 m. Observou-se processos erosivos principalmente no período chuvoso e maior deposição sedimentar no período seco, favorecendo um balanço sedimentar sazonal.

Palavras-Chave: Morfologia Praial; Sedimentação; Praias Estuarinas; Macromaré; Amazônia.

Beach morphodynamics on Amazonian fluvio-marine environment (Jubim, Marajó Island, Brazil)

ABSTRACT

Fluvio-marine islands are characterized by receiving oceanic influence, but also significant fluvial influence. Together, they form archipelagos of varying sizes, such as Marajó Island, the largest fluvio-marine island on the planet. The Jubim District (municipality of Salvaterra) is located on the eastern shore of Marajó Island. The objective of this article was to analyze changes in the morphology and sedimentation of the estuarine beaches of Jubim and surrounding areas during a complete seasonal cycle (March 2023 to March 2024). Data collection was carried out on four specific beaches: Meninas, Baleia, Curuanã, and Salazar. To characterize the morphodynamic state of the beaches, the parameter of slope ($^{\circ}$) was used as a reference, derived from the treatment of the topographic data on beach profiles. For granulometric analysis, surface sediment samples were subjected to dry sieving to determine their average size. The beaches showed a granulometry ranging from medium to fine sand, moderately well selected, and the morphological state of the beaches was dissipative to intermediate (beach slope from 0,2° to 2,6°). The beaches have very varied morphometric ranges: topographic elevation of 5.6 m to 2.7 m, and beach width varying from 79 m to 550 m. Erosive processes were observed mainly during the rainy period, with greater sediment deposition during the dry season, favoring a seasonal sedimentary balance.

Keywords: Beach Morphology; Sedimentation; Estuarine Beaches; Macrotide; Amazon.

Introdução

A zona costeira brasileira, com 8.698 km de extensão e área aproximada de 514 mil km² (Nicolodi & Zamboni, 2008), é composta por distintos ambientes naturais, como praias, dunas, planícies costeiras, ilhas barreiras, lagunas, estuários, deltas, manguezais, marismas, costões rochosos e recifes. Segundo Anilkumar et al. (2023), todas as zonas costeiras possuem características exclusivas, que as tornam muito sensíveis. Elas são muito vulneráveis às mudanças climáticas, fato intensificado pelo grau de degradação ambiental e com consequências negativas para os bens e serviços providos pelos ecossistemas costeiros.

Num contexto global de evolução, a zona costeira caracteriza-se pela sua dinâmica, complexidade e constantes interações entre os sistemas terrestre e oceânico, onde ocorrem alterações em diferentes escalas temporais e espaciais (Barros et al., 2023), ou seja, ela sofre contínuas alterações morfodinâmicas (Silva et al., 2004) oriundas de processos hidrológicos (oceanográficos e fluviais), além de processos antrópicos, climáticos/meteorológicos e geológicos, tais como: movimentos tectônicos, oscilações do nível do mar, ondas, marés, correntes, ventos e descarga fluvial.

Em escala regional, a zona costeira amazônica abriga a maior ilha fluviomarina do planeta, a Ilha do Marajó, onde as mudanças climáticas e a consequente elevação do nível do mar são ameaças potenciais, conforme exposto por (Behling et al., 2004), especialmente no que tange a erosão costeira.

A erosão costeira é um fenômeno natural que ocorre no litoral e é o deslocamento de terra causado pelos efeitos das ondas e correntes (Dong et al., 2024). Segundo Marengo et al. (2022), as cidades brasileiras costeiras, assim como em outras partes do mundo, são vulneráveis aos efeitos do aumento do nível do mar e a tempestades mais intensas e frequentes, que provocam mais erosão costeira e inundações.

Na ilha do Marajó existe uma diversidade de ecossistemas de clima quente e úmido que passam por processos erosivos, em virtude da geomorfologia de tabuleiro costeiro à planície de maré, ligada às variações do nível do mar, neotectônica, aporte sedimentar do Rio Amazonas e a dinâmica hidrológica costeira. Praias arenosas ocorrem nesta ilha, sendo também conhecidas como praias estuarinas. Elas são depósitos intermareais de areia ou cascalho localizados às margens de estuários que são geralmente classificadas como de baixa energia (low-energy) ou abrigadas (sheltered), termos frequentemente

usados para descrever praias com pista de vento limitada sobre a superfície aquática do estuário (Jackson et al., 2002).

Assim como as praias oceânicas, as praias estuarinas podem também ser afetadas por erosão. As tempestades são fatores importantes para o processo de erosão, especialmente em praias oceânicas, mas o regime fluvial e correntes de maré são fatores conjuntamente potenciais em praias estuarinas. Estes fatores, em regiões estuarinas, podem desencadear, além da erosão costeira, outros problemas como assoreamento (elevada sedimentação) de rios e canais de maré, que podem resultar em desequilíbrio ecológico e causar alteração na própria hidrodinâmica estuarina.

Na costa leste da Ilha do Marajó, as praias estuarinas apresentam indícios de erosão e sedimentação, como o desenvolvimento de escarpas arenosas e exposição de antigos terraços de manguezal, o avanço de depósitos de praias sobre o manguezal e a migração de canais de maré pela dinâmica sedimentar (França & Pimentel, 2012); (El-Robrini et al., 2018), o que evidencia a necessidade de monitoramento constante desta dinâmica natural (Sousa & Ranieri, 2023).

Mudanças nos padrões de sedimentação praial, modificações na morfologia das praias e no modo de interação das forçantes oceanográficas com os depósitos sedimentares, resultam em processos costeiro de modos distintos ao longo das praias. Isto pode afetar não somente o ecossistema, mas também as habitações de pessoas que residem próximo às praias, e as formas de uso humano no ambiente praial, como o lazer e até mesmo as atividades extrativistas, tal como é o caso de preocupação na vila tradicional de Jubim (Ilha do Marajó), cuja atividade pesqueira é um dos principais meios socioeconômicos (Barreto et al., 2023).

Neste caso, a erosão e sedimentação afeta na navegabilidade local, devido a migração de canais de maré que atravessam as praias, exposição de afloramentos rochosos, formação de esporões arenosos e bancos de areia. Áreas onde a dinâmica costeira é elevada, caracterizam-se por serem muito instáveis. Diante disso, o objetivo desta pesquisa foi de analisar as alterações na morfologia e sedimentação das praias estuarinas de Jubim e adjacências, durante um ano de análise.

A hipótese foi de que a erosão costeira ocorria de modo sazonal, especialmente durante o período chuvoso, de cheia dos rios e maior avanço das marés, sendo o volume sedimentar praial reestabelecido no período seco, devido ao melhor retrabalhamento dos sedimentos por ondas oriundas de ventos mais intensos que ocorrem neste período na Baía do Marajó.

Material e métodos

Área de estudo

A Ilha do Marajó localiza-se no extremo norte do Estado do Pará (48°00' – 51°00' W e 0°00' – 2°00' S), Brasil, integrando o arquipélago Marajó, na foz do rio Amazonas, cujas ilhas formam um sistema misto de delta e estuário. Com área de 49.000 km², a ilha tem como limites o Oceano Atlântico (norte), o rio Pará (sul), a Baía do Marajó (leste) e o rio Amazonas (oeste), conforme descrito por Miranda (2010). Na margem leste da Ilha do Marajó estão os municípios de Soure e Salvaterra.

Essa região apresenta relevo suave, com altitudes que não atingem 20 m, e em grande parte constitui uma extensa planície sujeita as

inundações periódicas pelas chuvas ou pelas cheias dos rios, os quais estão sob influência da maré (Teixeira & Costa, 1992). A geomorfologia da Ilha do Marajó é caracterizada por: planícies fluviais colmatadas em sua porção leste e oeste; e superfícies pediplanadas em sua porção central (Souza, 2010). A costa alta de Salvaterra é formada pelo planalto costeiro, constituído por sedimentos terciários e quaternários do Grupo Barreiras/Pós-Barreiras, que dá origem a falésias de até 6 m de altura (França & Souza Filho, 2003).

Neste município está o distrito de Jubim (Figura 1). Atualmente, Jubim é uma das principais vilas tradicionais do município de Salvaterra, marcada por traços indígenas e imigrantes, possuindo uma área mais rural, com maior potencial para pesca artesanal do que para o turismo local.

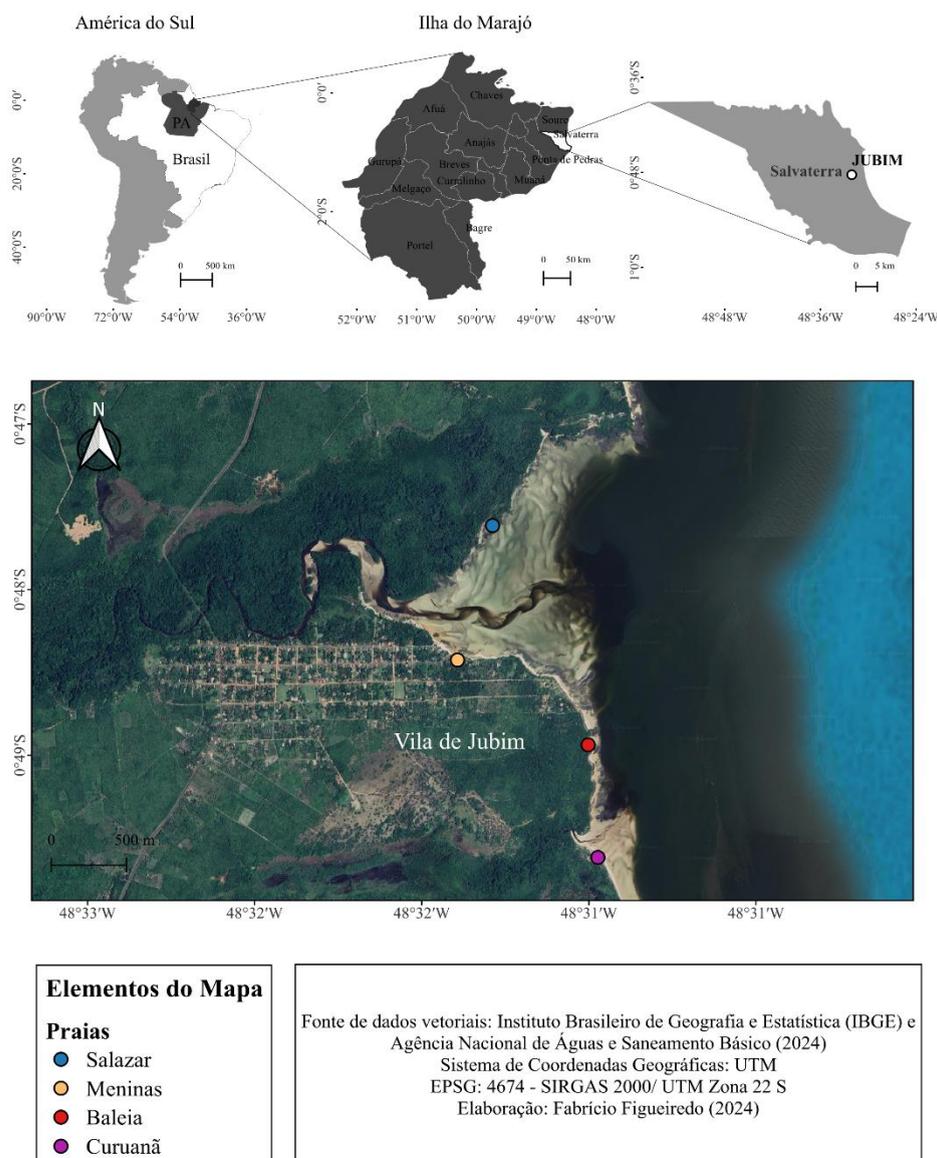


Figura 1. Mapa de localização das praias estuarinas estudadas na margem leste da Ilha do Marajó.

A área é banhada pela Baía do Marajó, fazendo limite na linha de costa com manguezais, falésias, plataforma de abrasão e praias. As praias estudadas neste território foram: Salazar (divisa Vilas de Jubim e Passagem Grande), Meninas e Baleia (Vila de Jubim), e Curuanã (divisa Vilas de Jubim e Água Boa). Ao norte, a hidrografia de Jubim é marcada pelo igarapé do Limão, também conhecido como canal do Jubim.

A Ilha do Marajó é influenciada por meso a macromarés semi-diurnas com amplitudes variando de 2 a 5 m (El-Robrini et al., 2018). A amplitude e duração das marés, bem como a intensidade das correntes é função da quantidade de chuva, da intensidade dos ventos reinantes e das variações nas direções das correntes nos canais de maré, igarapés, rios e bancos arenosos (Corrêa, 2005; Sousa & Ranieri, 2023). As correntes de maré alcançam velocidades próximas a 2 m/s durante a maré enchente e período de baixa descarga fluvial, sendo que a propagação da onda de maré é do tipo mista (Rosário, 2016).

O clima é tropical úmido, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, com temperatura média anual de 27° C e pluviosidade anual superior a 3.000 mm assim descrito por (Lima et al. 2005). Ainda de acordo com o autor, o regime de chuvas na região amazônica é dividido em dois períodos sazonais, o período chuvoso, que se estende de dezembro a maio, com precipitação média de 2.566 mm, e maiores índices entre fevereiro e abril, o que representa 86 % do total anual precipitado, sendo o período de maior influência da Zona de Convergência Intertropical

(ZCIT); e o período menos chuvoso de junho a novembro, apresenta os menores índices entre setembro e novembro, com média de 414,3 mm de chuvas, equivalentes a 14 % do total pluviométrico anual.

Processos metodológicos (coleta de dados)

A morfologia e a sedimentação das praias foi verificada a partir de dados topográficos e de sedimentos superficiais das praias, coletados em trabalhos de campo em intervalo de aproximadamente três meses, visando amostragens na estação chuvosa do ano de 2023 à estação chuvosa do ano de 2024, compreendendo um ciclo sazonal completo.

O método de levantamento topográfico foi realizado por meio do equipamento Estação Total e seu prisma refletor, emprestados do Laboratório de Análise de Imagens do Trópico Úmido (LAIT) da Universidade Federal do Pará (UFPA). Os transectos topográficos – perfis perpendiculares de praia – iniciaram-se a partir da linha de maré alta de sizígia, totalizando 19 perfis (quatro na praia das Meninas, seis na praia da Baleia, quatro na praia de Curuanã e cinco na praia de Salazar), distantes cerca de 200 m (Figura 2). As medições topográficas ocorrem em cada subambiente praial (zona de supramaré, intermaré e inframaré). Concomitante a essas medições foram coletadas amostras sedimentares nessas zonas, correspondentes a deposição semidiurna mais recente, para posterior classificação granulométrica dos sedimentos. Ao todo obteve-se 57 amostras por campanha de campo (março/2023, maio/2023, agosto/2023, novembro/2023 e março/2024).

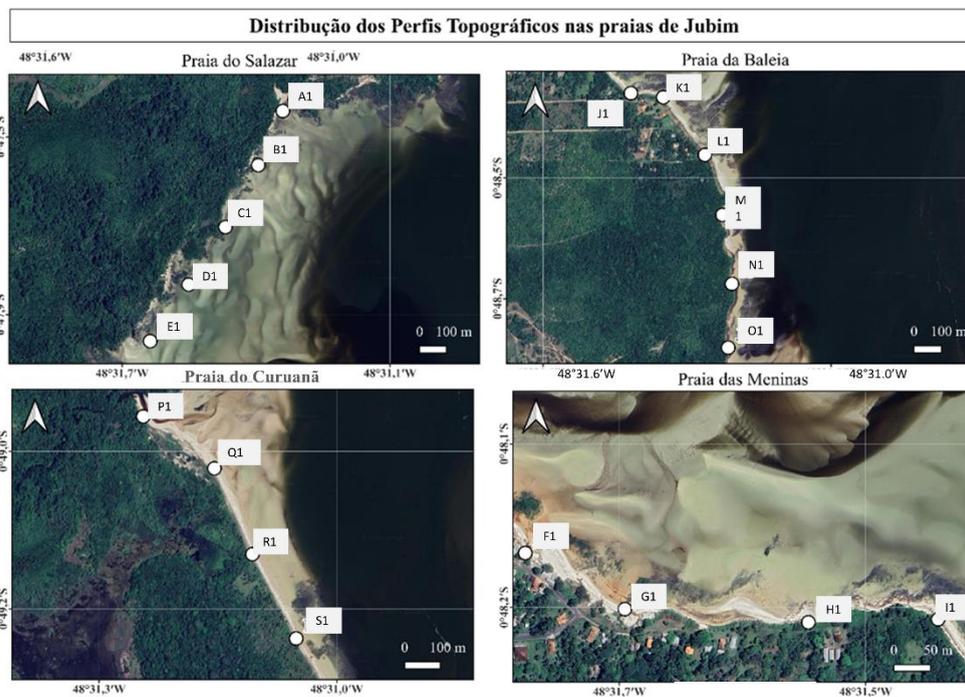


Figura 2. Localização dos perfis perpendiculares de praia (*transectos*) na área de estudo.

Análise granulométrica

No Laboratório de Oceanografia Geológica (LABOGEO) da UFPA, foram realizadas separações por peneiramento à seco das diferentes frações granulométricas de sedimentos coletadas em campo.

Este método inicia-se com a lavagem das amostras e decantação das mesmas. Passando essa etapa, as amostras são colocadas em estufa a 60°C até adquirirem condições ideais (secas). Posteriormente, é realizado o quarteamento destas amostras, a seleção de alíquotas de 100g para cada amostra quarteada e peneiramento das mesmas, utilizando-se peneiras com os seguintes intervalos em mm: 1,0 - 0,50 - 0,25 - 0,125 - 0,063 - <0,063. Por fim, as diferentes frações encontradas no peneiramento são pesadas em balança.

Utilizou-se o software Sysgram 3.0 para determinação de parâmetros estatísticos granulométricos (média e seleção) de Folk e Ward (1957) e do tamanho granulométrico médio dos sedimentos, conforme a classificação de Wentworth (1922) para determinação dos sedimentos arenosos.

Análise dos parâmetros morfométricos

Os dados dos perfis praias (elevação e distância em metros) foram processados no software Microsoft Office Excel, e os gráficos que ilustram a morfologia praias foram plotados no software Grapher 19. O parâmetro declividade da face praias (β) foi calculado utilizando fórmula trigonométrica:

$$\text{Tg}\beta = \text{cateto oposto/cateto adjacente (1)}$$

Onde o cateto oposto equivale à altura do perfil e o cateto adjacente equivale à distância registrada em cada perfil topográfico.

A declividade da face praias (expressa em graus) foi usada para investigar o estado morfodinâmico das praias, de acordo com a síntese de Sazaki (1980), baseada nas características de praias em cada estado morfodinâmico. Conforme essa síntese, praias dissipativas são aquelas com declividade <2°; praias intermediárias, entre 2° a 4°; e praias refletivas ou reflectivas >4°.

Resultados

Caracterização morfológica sazonal

A praia do Salazar (ao Norte) possui uma extensão próxima de 1,2 km de extensão, sendo ela toda margeada por vegetação de mangue. A largura obtida nos perfis variou de 369 a 539 m no período chuvoso e 392 a 550 m no período seco. As elevações topográficas nos perfis A, B, C, D, E mostraram-se com os menores valores, entre 2,7 a

4,4 m de altura (Figura 3). A sua morfologia é plana, com a presença de diversos bancos arenosos, assim mostrados nos perfis B, C e D, ocorrendo em todo período sazonal, porém com maior frequência no período chuvoso. Não foi possível realizar coletas de dados nos meses de março e maio de 2023 na Praia do Salazar, devido impossibilidades de meios de transporte para acesso à praia no período chuvoso deste ano.

A praia das Meninas, que possui aproximadamente 800 m de extensão, é limitada na linha de costa por vegetação primária e secundária; é a única com ocupação humana em moradias até a linha de costa, trata-se da praia mais frequentada por moradores locais. Apresentou largura entre 155 a 351 m em sua faixa de areia durante o período chuvoso (março/2023-2024 e maio/2023) e 175 a 405 m no período seco (agosto e novembro/2023). Além disso, os perfis F, G, H, I tiveram elevações topográficas de 3,8 a 4,3 m, apresentados na (Figura 4). A topografia é irregular com presença de feições de crista-calha (*ridge and runnel*) em vários trechos, a exemplo do perfil E na zona de supramaré, durante o período chuvoso (março/2023, maio/2023 e março/2024). Já no período seco (agosto/2023 e novembro/2023), foi possível perceber que na mesma zona, correspondente ao início do perfil (linha de maré alta), ocorreu acreção sedimentar, deixando a área mais plana, sem presença de crista-calha.

A praia da Baleia possui 1,18 km e é margeada por falésia em toda a sua extensão, assim como também há presença de formações rochosas (plataforma de abrasão) oriundas de processos erosivos ocorridos nas falésias. A praia apresenta perfis com largura entre 130 a 340 m de distância no período chuvoso e 70 a 270 m no período seco. A elevação topográfica variou entre 3,5 a 4,7m, assim mostrado nos perfis J, K, L, M, N, O (Figura 5).

A Praia da Baleia apresentou elevação topográfica próximo de 5m, como observado no perfil K. É notório a presença de crista-calha principalmente nos perfis L e O, com a ocorrência dessas feições no período chuvoso, já os demais perfis não apresentaram alterações significativas em sua morfologia durante o ciclo sazonal.

A praia do Curuanã (ao Sul) tem uma extensão de aproximadamente 760 m, apresentando área de vegetação pouco vasta e está próxima de um canal de maré. Os perfis da praia apresentaram uma largura de 118 a 448 m no período chuvoso e 128 a 465 m no período seco. A topografia nos perfis P, Q, R, S apresentam elevação de 4,6 a 5,5 m de altura como mostra a (Figura 6). A Praia do Curuanã apresentou a maior

elevação topográfica, assim visto nos perfis P e Q, e a sua morfologia é quase plana, havendo poucas mudanças morfológicas, exceto o perfil R que

apresentou pequenas feições de crista e calhas durante o mês de março de 2023.

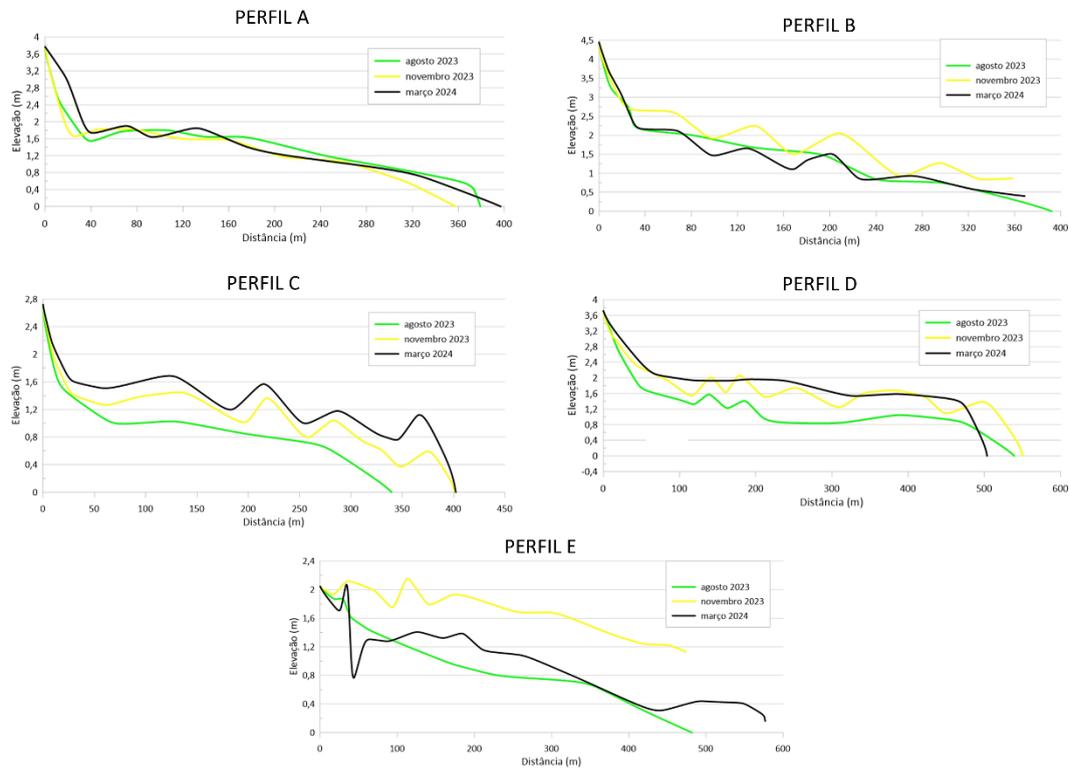


Figura 3. Perfis topográficos da Praia de Salazar.

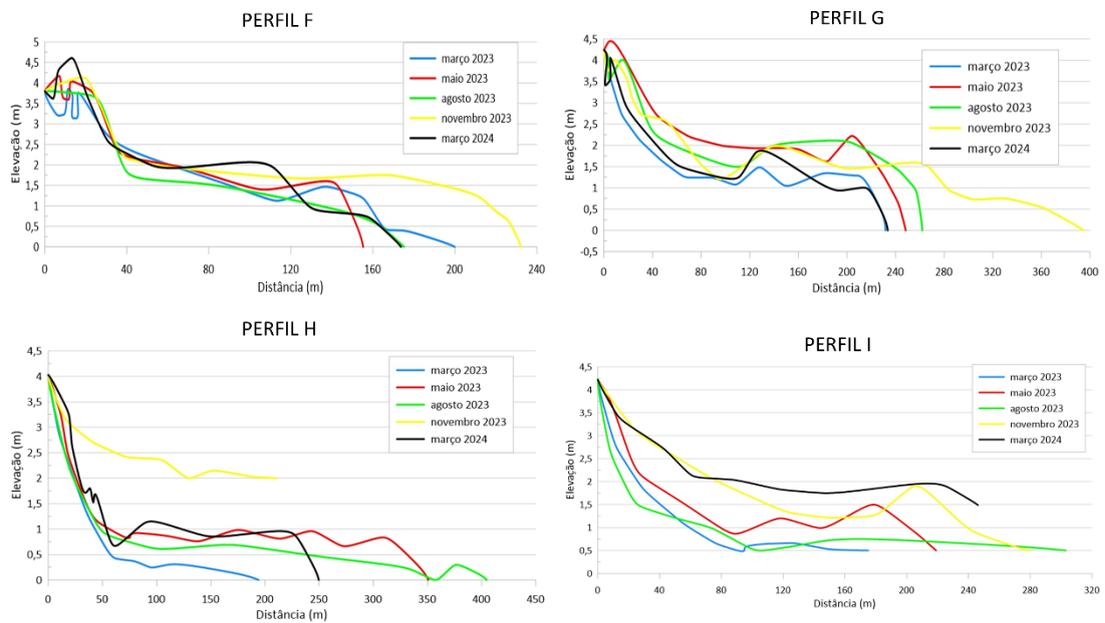


Figura 4. Perfis topográficos da Praia das Meninas.

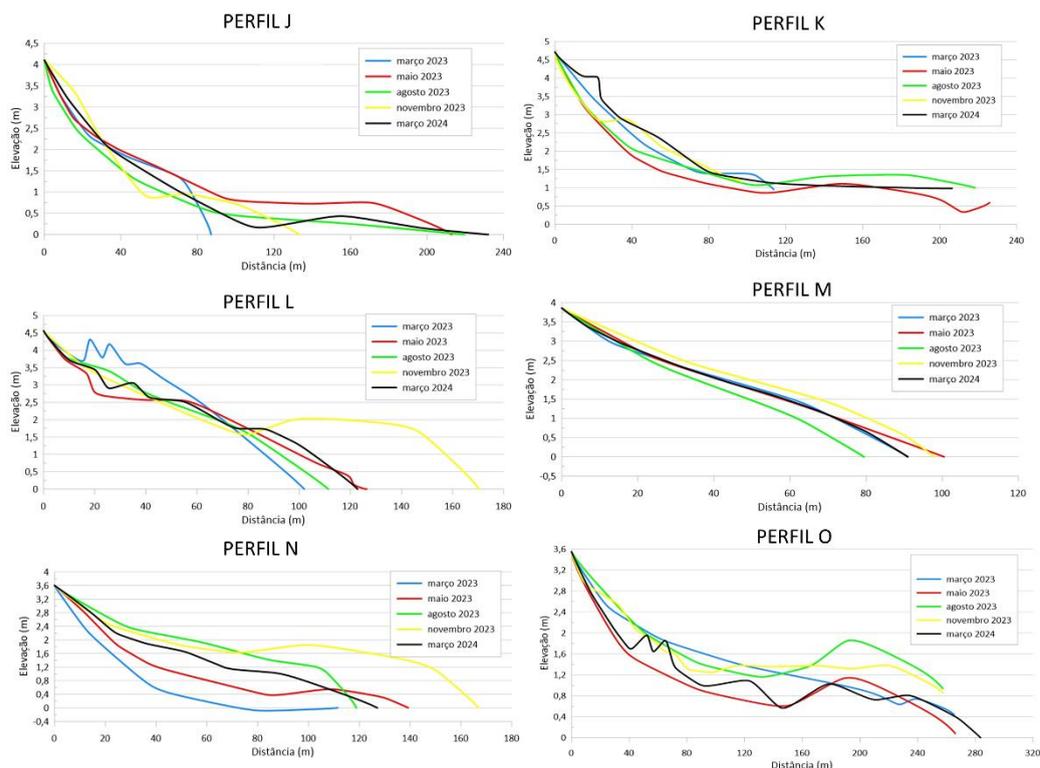


Figura 5. Perfis topográficos da Praia da Baleia.

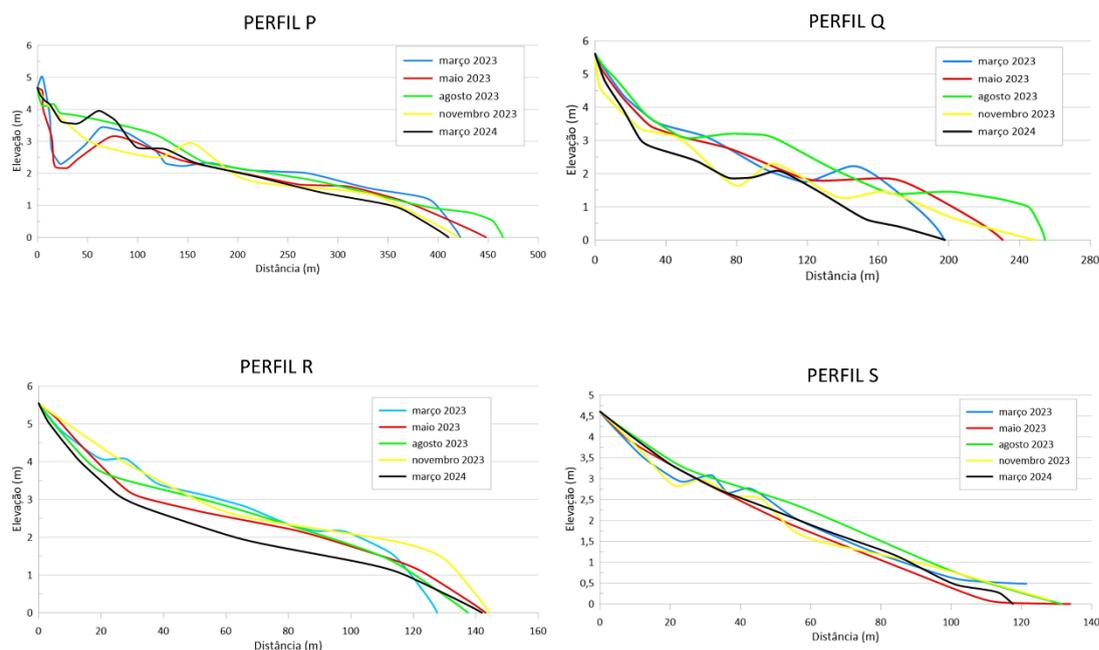


Figura 6. Perfis topográficos da Praia de Curuanã.

De acordo com a classificação proposta por Sazaki (1980), as Praias de Salazar e das Meninas apresentaram estágio morfodinâmico dissipativo ($<2^\circ$) durante todo o período sazonal, já as Praias da Baleia e Curuanã apresentaram comportamento morfodinâmico com estágio

dissipativo a intermediário ($2^\circ - 4^\circ$), sendo a Praia da Baleia com esse comportamento em todo o período sazonal e Curuanã somente no período chuvoso (Quadros 1 e 2).

A Praia das Meninas apresentou sedimentos com predominância de areia fina em

todo período chuvoso (março e maio de 2023 e março de 2024), com valores variando de 2,0 ϕ a 2,4 ϕ . No período seco, os valores ficaram entre 1,5 ϕ (areia média) e 2,2 ϕ (areia fina) e a seleção dos grãos mostraram-se moderadamente selecionados a moderadamente bem selecionados (0,5 a 1,0) em todo o período sazonal (Figuras 7 e 8). A areia fina teve maior frequência nas zonas de intermaré e inframaré.

A Praia da Baleia exibiu granulometria com predominância de areia média a fina durante todo o período chuvoso e durante o mês de novembro (período seco), com valores entre 1,1 ϕ e 2,6 ϕ respectivamente. Os grãos mostraram-se moderadamente selecionados a moderadamente bem selecionados (0,5 a 1,0), principalmente (Figuras 7 e 8). E a predominância de areia média foi mais frequente na região de supramaré.

Quadro 1. Parâmetros morfométricos identificados durante o período chuvoso nos perfis topográficos: Praia do Salazar (cor roxa), Praia das Meninas (cor azul), Praia da Baleia (cor rosa) e Praia Curuanã (cor verde).

PERFIS	Largura (m)			Declividade (°)			Estágio morfodinâmico		
	Mar/23	Mai/23	Mar/24	Mar/23	Mai/23	Mar/24	Mar/23	Mai/23	Mar/24
A	-	-	398	-	-	0,5	-	-	Dissipativo
B	-	-	369	-	-	0,6	-	-	Dissipativo
C	-	-	340	-	-	0,4	-	-	Dissipativo
D	-	-	539	-	-	0,4	-	-	Dissipativo
E	-	-	482	-	-	0,2	-	-	Dissipativo
F	174	155	174	1,3	0,3	1,2	Dissipativo	Dissipativo	Dissipativo
G	232	248	234	0,9	0,9	1,0	Dissipativo	Dissipativo	Dissipativo
H	223	219	246	1,1	1,0	0,6	Dissipativo	Dissipativo	Dissipativo
I	194	351	250	1,1	0,6	0,8	Dissipativo	Dissipativo	Dissipativo
J	87	215	232	2,2	0,5	1,0	Intermediário	Dissipativo	Dissipativo
K	114	230	206	1,9	0,8	1,0	Dissipativo	Dissipativo	Dissipativo
L	102	126	123	1,9	2,1	1,9	Dissipativo	Intermediário	Dissipativo
M	91	101	91	2,2	2,2	2,3	Intermediário	Intermediário	Intermediário
N	112	139	127	1,8	1,4	1,3	Dissipativo	Dissipativo	Dissipativo
O	265	266	270	0,7	0,7	0,7	Dissipativo	Dissipativo	Dissipativo
P	422	448	410	0,5	0,6	0,7	Dissipativo	Dissipativo	Dissipativo
Q	197	230	198	1,3	1,2	1,6	Dissipativo	Dissipativo	Dissipativo
R	128	143	142	1,9	2,1	2,2	Dissipativo	Intermediário	Intermediário
S	121	134	118	1,9	2,0	2,1	Dissipativo	Intermediário	Intermediário

Quadro 2. Parâmetros morfométricos identificados durante o período seco nos perfis topográficos: Praia do Salazar (cor roxa), Praia das Meninas (cor azul), Praia da Baleia (cor rosa) e Praia Curuanã (cor verde).

PERFIS	Largura (m)		Declividade (°)		Estágio morfodinâmico	
	Ago/23	Nov/23	Ago/23	Nov/23	Ago/23	Nov/23
A	379	357	0,5	0,5	Dissipativo	Dissipativo
B	392	358	0,6	0,6	Dissipativo	Dissipativo
C	340	401	0,4	0,4	Dissipativo	Dissipativo
D	539	550	0,4	0,3	Dissipativo	Dissipativo
E	482	474	0,2	0,1	Dissipativo	Dissipativo
F	175	232	1,2	1,0	Dissipativo	Dissipativo
G	262	395	0,7	0,6	Dissipativo	Dissipativo
H	303	297	0,1	0,7	Dissipativo	Dissipativo
I	405	190	0,6	0,6	Dissipativo	Dissipativo
J	220	133	1,0	1,5	Dissipativo	Dissipativo
K	261	97	1,0	2,1	Dissipativo	Intermediário
L	111	170	2,1	1,2	Intermediário	Dissipativo
M	79	98	2,6	2,2	Intermediário	Intermediário
N	119	167	1,3	1,0	Dissipativo	Dissipativo
O	257	258	0,6	0,6	Dissipativo	Dissipativo
P	465	340	0,5	0,6	Dissipativo	Dissipativo
Q	254	249	1,1	1,3	Dissipativo	Dissipativo
R	137	144	2,0	1,9	Intermediário	Dissipativo
S	205	128	1,3	2,0	Dissipativo	Intermediário

Na Praia do Curuanã obteve-se granulometria com predominância de areia média, com valores entre 1,1 ϕ e 1,9 ϕ , com maior ocorrência no período chuvoso e areia média a fina no mês de agosto (período seco) com valores entre 1,3 ϕ e 2,3 ϕ . O grau de seleção mostrou-se moderadamente selecionados a moderadamente bem selecionados (0,5 a 1,0) em todas as campanhas (Figuras 7 e 8) e maior predominância

da classe de sedimentos de tamanho médio observado nas zonas de supramaré e intermaré.

Já na Praia do Salazar obteve-se granulometria com predominância de areia fina, com valores entre 2,0 ϕ e 2,5 ϕ durante todas as campanhas (Figuras 7 e 8), e grãos moderadamente selecionados a moderadamente bem selecionados (0,5 a 1,0).

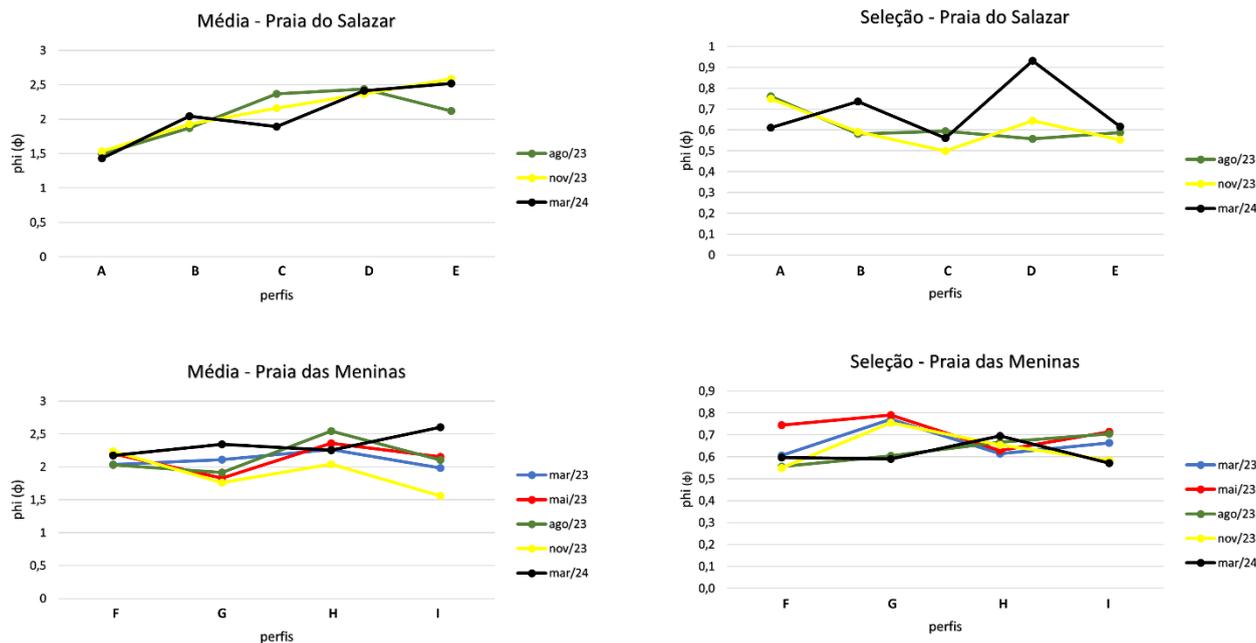


Figura 7. Parâmetros granulométricos da Praia do Salazar (Setor Norte) e Praia das Meninas (Setor Central).

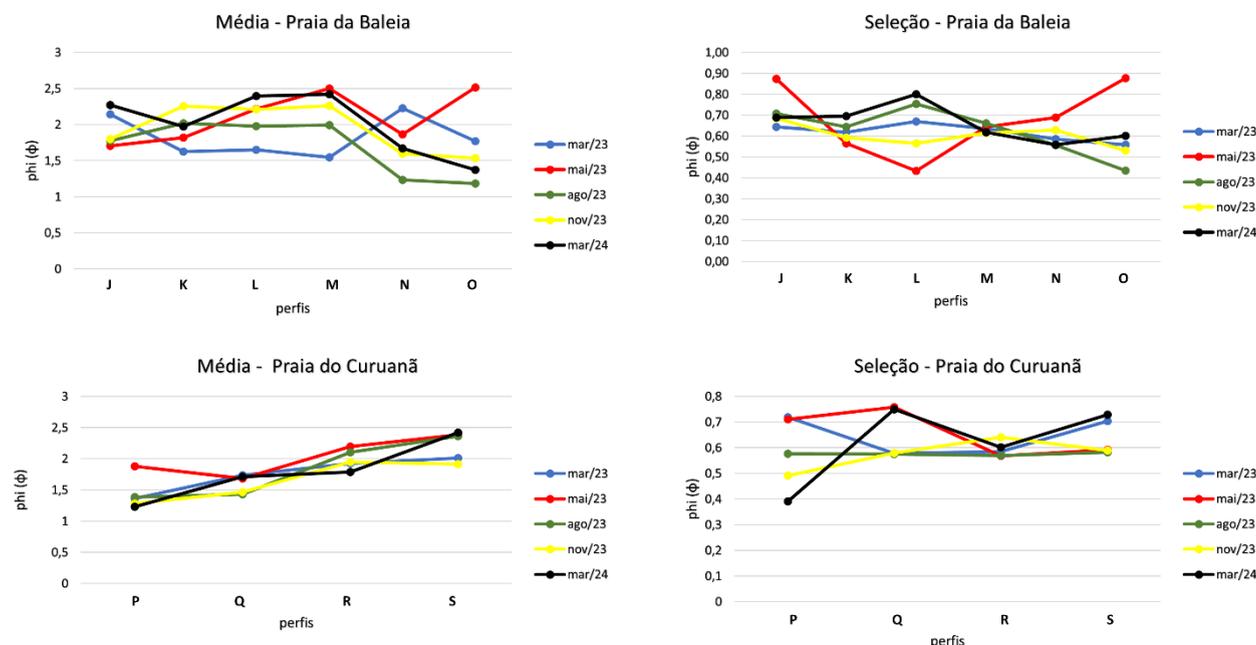


Figura 8. Parâmetros granulométricos da Praia da Baleia e Praia do Curuanã (Setor Central e Setor Sul).

Discussão

Segundo Rahbani et al. (2022) e Kennedy et al. (2023), estuários e baías apresentam frequentemente dinâmica da linha costeira impulsionada em grande parte por ondas geradas localmente pelos ventos e interações com correntes de maré. No entanto, ressaltam que ondas geradas no oceano ainda podem se propagar em estuários e baías, onde sua capacidade de transportar sedimentos depende da morfologia de entrada desses ambientes, incluindo em relação à direção das ondulações entrando neles (Fellowes et al., 2021; Gallop et al., 2020). As praias estuarinas estudadas na Ilha do Marajó estão localizadas na foz do Rio Pará, estando condicionadas a esta situação, visto que a morfologia da foz é aberta (estuário de planície costeira, dominado por maré) e direcionada para nordeste, coincidindo com a incidência de ondas vindas do Oceano Atlântico. Estas ondulações somadas às intensas correntes de maré são fatores que conduzem a hidrodinâmica local.

As praias estuarinas da Vila de Jubim possuem morfologias distintas entre si, sendo elas compostas em sua maioria por uma extensa face praias plana, com alguns perfis apresentando sistemas de crista-calha (*ridge and runnel*), e alguns perfis de praia mais estreitos, vistos especialmente na Praia da Baleia (Figura 5). Estes perfis morfológicos têm sido descritos como típicos para praias estuarinas com sedimentos finos e elevada influência de marés (Nordstrom 1992, Jackson et al. 2002, Freire et al. 2007). Constatou-se a predominância de areias finas nas praias estudadas em Jubim e adjacências, o que também confere o baixo gradiente topográfico nelas.

A Praia das Meninas apresentou sistema de crista-calha desde a zona de supramaré durante o período chuvoso (março e maio de 2023) e, em agosto e novembro de 2023, essa zona esteve plana como pode-se observar nas Figuras 9a e 9b, ocorrendo acreção sedimentar na área de maré alta. Devido a ação das ondas e das marés houve um aumento gradual de deposição sedimentar durante o período seco.

Para todos os perfis topográficos levantados, a resposta morfológica das praias está ligada diretamente às variações hidrodinâmicas sazonais que é refletida pela erosão no inverno e acreção no verão. Segundo Nmiss et al. (2022), Aouiche et al. (2016) e Lharti et al. (2024), este padrão é normal, e caracteriza quase todas as praias de mesomares expostas à hidrodinâmica. Os autores ressaltam ainda que isso é atribuído principalmente aos processos físicos nas praias e à configuração morfológica local de cada área. Em se tratando de praias estuarinas, Vila-Concejo et al.

(2024), também acrescenta a alta sensibilidade às mudanças climáticas e impactos de eventos compostos, incluindo precipitação e tempestade.

No caso do litoral amazônico, os perfis de erosão no período chuvoso (inverno amazônico) são devido à forçante oceanográfica maré, somado às cheias dos rios, provocando maiores inundações e mobilidade sedimentar *offshore*, principalmente nas margens estuarinas de topografia mais baixas (Sousa & Ranieri, 2023; El-Robrini et al., 2024). Nesse período climático, feições de crista-calha podem ser mais desenvolvidas na face praias de praias estuarinas, devido ramificações de canais de marés que interseptam elas.

Foi possível observar que a calha da zona de supramaré do perfil F já era menos desenvolvida em março de 2024, comparada ao ano anterior, reforçando que processos erosivos e deposicionais ocorrem sazonalmente na Praia das Meninas, mas que a deposição sedimentar predominou durante a análise de um ciclo sazonal completo. O que também pode ser confirmado ao observar os demais perfis topográficos desta praia (perfis G, H e I), cujo volume sedimentar foi maior em março de 2024 do que no mesmo mês em 2023, mês considerado o mais chuvoso em grande parte do norte do Brasil. Destacando-se o estudo de Lira et al. (2020) sobre a precipitação no estado do Pará, que apresenta o mês de março com os maiores índices pluviométricos (~410 mm).

Sobre os sistemas de crista-calha ocorridos nas praias, Davies (1985) explica que são feições morfossedimentares formadas pela ação das ondas e das marés de maneira que as cristas acumulam sedimentos em regiões mais altas da praia e as calhas transportam esse sedimento para as zonas mais baixas. As cristas e calhas são elementos geomorfológicos típicos em ambientes estuarinos, onde as interações entre as marés, ondas e correntes resultam em formas lineares ao longo das praias.

Segundo Biauxque et al. (2020), as morfologias de crista-calha ocorrem em ambientes relativamente pouco estudados, onde barras arenosas se formam em torno de um ponto de convergência, definido como um ponto de ruptura, onde os sedimentos transportados em direção ao mar/baía/estuário encontram os sedimentos transportados em direção à costa. Consequentemente, os sedimentos de ambas as direções convergem neste ponto de ruptura, levando a uma diminuição no transporte de sedimentos e acumulação/deposição de sedimentos, resultando na formação de cristas.



Figura 9 – Zona de supramaré da Praia das Meninas. Fotografia retirada em 15/03/2024 (A) e 17/08/2023 (B).

A Praia da Baleia apresentou perfis com larguras distintas sendo o menor deles com o valor de 70 m e o maior 340 m, no período seco e no período chuvoso, respectivamente. Ela tem seu limite superior representado por falésias e blocos rochosos (Figura 10a) oriundos da erosão da falésia (Figura 10c). A maioria desses blocos são antigos, estendendo-se desde a linha de maré alta (LMA), até a linha de maré baixa (LMB) (Figura 10b). Em março de 2024 foi possível observar blocos recém erodidos, estabelecendo um recuo da falésia em direção ao continente, sendo assim a posição da linha de maré alta varia de acordo com os processos erosivos deixando a região com largura e gradientes topográfico diferentes ao longo do período sazonal e interanual.

Logo, a Praia da Baleia possui em toda a sua extensão falésias ativas, ou seja, falésia com processo de erosão contínua (Suguio, 1998). Quanto à granulometria da praia, esta foi a única composta por grãos médios, e maior ocorrência de grãos moderadamente selecionados, especialmente na região de supramaré e intermaré; granulometria típica de praia com área fonte próxima de falésias ou margeadas por elas.



Figura 10. Zona de supramaré da Praia da Baleia com blocos rochosos antigos (A); presença de blocos rochosos na LMA até o LMB (B); ocorrência de processos erosivos na falésia (C).

As demais praias também apresentaram sedimentos moderadamente retrabalhados, indicando proximidade com áreas fontes de sedimentos. A principal delas, o próprio rio (Amazonas e Pará), elementos principais de contribuição de sedimentos siliciclásticos para costa da Ilha do Marajó.

Machado et al. (2021) salienta a importância dos rios no fornecimento de areia para a zona costeira e o ambiente praias especificamente. Além disso, Souza Junior et al. (2024) afirmam que os sedimentos de praia são, em geral, moderadamente a bem selecionados. No entanto, praias com dunas (ausentes na área de estudo) podem ter grãos muito bem selecionados, devido à forte influência eólica.

A Praia do Curuanã é separada da praia da Baleia por um canal de maré paralelo ao perfil O (Figura 11). O canal possui uma largura que varia entre 13 m e 80 m. Durante os estudos realizados, foi possível observar que o canal sofreu migração durante o período seco, erodindo a região que margeia o final da Praia da Baleia e crescendo a Praia do Curuanã. A migração do canal ocorre por conta da ação das correntes de maré que geram um alto fluxo de água e, conseqüentemente, a erosão e posterior deposição de sedimentos em área adjacente.

De acordo com El-Robrini et al. (2024), as praias da margem leste da Ilha do Marajó possuem uma alta hidrodinâmica, podendo associar os dados junto aos canais de maré que influenciam nas praias, como por exemplo o canal do Limão (Vila de Jubim) que estão sob uma hidrodinâmica alta a muito alta regida principalmente pela ação das marés.



Figura 11. Canal de maré entre a Praia da Baleia e Praia de Curuanã. Fotografia aérea capturada com uso de drone no dia 26/11/2023.

A Praia do Salazar é margeada por manguezais em toda a sua extensão (Figura 12a), trazendo uma importante proteção contra os processos erosivos, uma vez que esse fenômeno vem acontecendo frequentemente na região, contudo se observou o recuo do manguezal, o que confere a esta praia condições erosivas mais expressivas. Outros estudos já mostraram os processos erosivos intensos em manguezais na Ilha do Marajó, com os cordões arenosos de praia avançando sobre eles (Henriques, 2022; Sousa & Ranieri, 2023; Menezes et al., 2024).

Durante as análises dos perfis, verificou-se também que a Praia do Salazar possui diversos bancos arenosos (Figura 12b) em quase toda a sua extensão. A presença desses bancos arenosos se manteve durante todo o período seco, quando os ventos são mais intensos, e isso pode ocasionar em uma acumulação mais favorável de areia, fazendo com que esses bancos apareçam de forma mais definida.

Segundo Negrão et al. (2022) e El-Robrini et al. (2018), os fortes ventos alísios que sopram continente adentro, seriam os responsáveis, durante o período menos chuvoso ou seco, pela migração e maior acumulação de sedimentos de barras arenosas em direção à praia.

As praias estudadas neste artigo apresentaram predominantemente declividade abaixo de 2°, classificando assim o ambiente com comportamento morfodinâmico dissipativo, ou seja, praias mais estáveis segundo Calliari et al. (2003), El-Robrini et al. (2018), Ramos & Ranieri (2020), Sousa & Ranieri (2023), Novaes et al. (2024) e El-Robrini et al. (2024) também constataram baixos gradientes topográficos em outras praias estuarinas da Amazônia, contudo algumas delas foram bastante instáveis, incluindo as da margem leste da Ilha do Marajó.



Figura 12. Vegetação de mangue presente na linha de costa da Praia do Salazar (A) e bancos arenosos na face praiar (B).

Essas praias arenosas estão sujeitas a um dinamismo natural intenso e apresentam importantes alterações em suas morfologias, devido ao domínio das marés (El-Robrini et al., 2018).

De um modo geral, nas praias estudadas em Jubim e regiões adjacentes, os processos erosivos são observados durante o período chuvoso, sendo os perfis praias acrescidos em sedimentos no período seco. Portanto, a área de estudo apresenta um balanço sedimentar sazonal com uma tendência de estabilidade. Exceções podem ocorrer nas praias da Baleia e Salazar, onde observou-se erosão mais intensa, especialmente no período chuvoso.

Conclusão

Este artigo exhibe características morfodinâmicas num ambiente estuarino, mostrando praias com distintas características geológicas, sofrendo diversas alterações sedimentares e morfológicas durante um ciclo sazonal. As variações nos perfis topográficos e a mudança nos aspectos sedimentares revelam que as praias da Vila de Jubim e das regiões adjacentes apresentam grande influência da hidrodinâmica local, e são mais propensas aos processos erosivos costeiros durante o período chuvoso, ratificando a

hipótese desta pesquisa.

No período seco ocorre maior deposição, favorecendo o balanço sedimentar praial e melhor estabilidade costeira, com exceções das praias onde a erosão é mais intensa (Praias do Salazar e Baleia). A Praia das Meninas, embora tenha tido maiores alterações morfossedimentares, foi a que indicou maior deposição durante um ciclo sazonal completo. A Praia do Curuanã manteve-se mais estável, ao menos em extensão e elevação topográfica.

O comportamento morfodinâmico das praias estudadas na margem leste da Ilha do Marajó está diretamente influenciado pela atuação das ondas, marés e correntes costeiras associadas a elas. As distintas mudanças morfossedimentares são controladas pela ação interativa desses processos, que causam erosão, transporte e sedimentação; a configuração e geologia da costa; e o tipo de material que constitui o substrato costeiro, refletindo em uma resposta integrada do comportamento da costa aos processos e agentes dinâmicos.

Agradecimentos

Aos integrantes do Laboratório de Oceanografia Geológica (LABOGEO) da Universidade Federal do Pará (UFPA), pelo apoio nas atividades de campo e trabalhos laboratoriais. Ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia (PPGOC) da UFPA. A Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento em projeto de pesquisa (Processo FAPESPA: 2023/717500; Processo CNPq: 422166/2023-5).

Referências

Anilkumar, P. P., Varghese, K., Ganesh, L.S., & Krishnaveni, K. S. (2023). Quantifying the interactions of land use allocation and coastal zone systems: a conceptual framework. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 23(1), 7-26. <https://doi.org/10.5894/rgci-n489>

Aouiche, I., Daoudi, L., Anthony, E. J., Sedrati, M., Ziane, E., Harti, A., & Dussouillez, P. (2016). Anthropogenic effects on shoreface and shoreline changes. Input from a multi-method analysis, Agadir Bay, Morocco. *Geomorphology*, 254, 16-31. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.11.013>

Barreto, W.L., Dias, N.W., Gomes, L.P., Silva Filha, A.C., Perrone, A.C., & Rodrigues, A.E. (2023). *A pesca artesanal no estado do Pará – Brasil*. [Recurso eletrônico]. Atena. <https://atenaeditora.com.br/catalogo/download-post/75530>

Barros, J.L., Santos, P.P., Tavares, A.O., Freire, P., Fortunato, A.B., Rilo, A., & Oliveira, S.B.F.F. (2023). The complexity of the coastal zone: Definition of typologies in Portugal as a contribution to coastal disaster risk reduction and management. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 86, 103556. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.103556>

Behling, H., Cohen, M.C.L., & Lara, R.J. (2004). Late Holocene mangrove dynamics of the Marajó Island in northern Brazil. *Vegetation History and Archaeobotany*, 13, 73-80. <https://doi.org/10.1007/s00334-004-0031-1>

Biausque, M., Grottoli, E., Jackson, D.W.T., & Cooper, J.A.G. (2020). Multiple intertidal bars on beaches: A review. *Earth-Science Reviews*, 210, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103358>

Calliari, L.J.; Muehe, D.; Hoefel, F.G.; & Toldo Jr., E., (2003). Morfodinâmica praial: uma breve revisão. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 51, 63-78. <https://doi.org/10.1590/S1413-77392003000100007>

Corrêa, I.C.S. (2005). Aplicação do diagrama de Pejrup na interpretação da sedimentação e da dinâmica do estuário da Baía de 360 Marajó-PA. *Pesquisas em Geociências*, 32(2), 109-118, DOI: 10.22456/1807-9806.19551

Davis, R.A. (1985). *Coastal Sedimentary Environments* (2 ed). USA: Halliday Lithograph.

Dong, W.S., Ismailluddin, A., Yun, L.S., Ariffin, E.H., Saengsupavanich, C., Maulud, K.N.A., Ramli, M.Z., Miskon, M.F., Jeffrey, M.H., Mohamed, J. Mohd, F.A., Hamzah, S.B., & Yunus, K. (2024). The impact of climate change on coastal erosion in Southeast Asia and the compelling need to establish robust adaptation strategies. *Heliyon*, V. 10(4), e25609. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25609>

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 D. Muehe (Org.), *Panorama da Erosão Costeira no Brasil* (Vol. 2, pp. 65-166).

- Ministério do Meio Ambiente. https://gaigerco.furg.br/images/Arquivos-PDF/Livro_panorama_erosao_costeira.pdf
- El-Robrini, M., Silva, P.V.M., Guereiro, J.S., & Ranieri, L.A. (2024). Seasonal and macrotidal influence on the morphodynamics of estuarine beaches (Marajó island - Eastern amazon - Brazil). *Quaternary and Environmental Geosciences*, 15. <https://doi.org/10.5380/qeg.v15i0.94228>
- Fellowes, T.E., Vila-Concejo, A., Gallop, S.L., Schosberg, R., De Staercke, V., Largier, J.L., (2021). Decadal shoreline erosion and recovery of beaches in modified and natural estuaries. *Geomorphology*, 390. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2021.107884>
- Folk, R.L., & Ward, W.C. (1957). Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27(1), 3-26. <https://doi.org/10.1306/74D70646-2B21-11D7-8648000102C1865D>
- França, C. F. & Souza Filho, P.W.M. (2003). Análise das mudanças morfológicas costeiras de médio período na margem leste da Ilha de Marajó (PA) em imagem Landsat. *Revista Brasileira de Geociências*, 33, 127-136. <https://doi.org/10.25249/0375-3687536.200333S2127136>
- França, C.F., & Pimentel, M.A.S. (2012). Diversidade paisagística das margens oeste e leste da baía de Marajó, Pará, norte do Brasil. *Revista Geonorte*, V. 3(4), 900-910. www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1996
- Freire P., Tabora R., & Silva A.M. (2007). Sedimentary characterization of Tagus estuarine beaches (Portugal). A contribution to the sediment budget assessment. *Journal of Soils and Sediments*, 7, 296-302. <https://doi.org/10.1065/jss2007.08.243>
- Gallop, S.L., Vila-Concejo, A., Fellowes, T.E., Harley, M.D., Rahbani, M., Largier, J.L., (2020). Wave direction shift triggered severe erosion of beaches in estuaries and bays with limited post-storm recovery. *Earth Surface Processes and Landforms*, 45(15), 3854-3868. <https://doi.org/10.1002/esp.5005>
- Henriques, R.J. (2022). Geoambientes, geoarqueologia e cenários de mudanças climáticas na Ilha do Marajó, Amazônia brasileira. [Tese de doutorado, Universidade Federal do Pará]. Repositório Digital da UFMG. <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/53904>
- Jackson, N.L., Nordstrom, K.F., Eliot, I., & Masselink, G. (2002). Low-energy sandy beaches in marine and estuarine environments: a review. *Geomorphology*, 48, 147-162. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(02\)00179-4](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(02)00179-4)
- Kennedy, D.M, McCarroll, R.J, Fellowes, T.E, Gallop, S.L, Pucino N, McSeeney, S.L, Vila-Concejo, A, Reef R, Yuan R, Carvalho R, Quang T.H, Ierodiconou D., (2023). Drives of seasonal and decadal change on an estuarine beach in a fetch-limited temperature embayment. *Marine Geology*. 463. 2. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2023.107130>
- Lharti, S., Florb, G., El kasmi, S., Flor-Blanco, G., El Janati, M., Marcelli, M., Piazzolla, D., Scanu, S., Della Ventura, G., Boukili, B., & El Moutaoukkil, N. (2024). Multi-decadal evolution of the Moroccan Atlantic shoreline: A case study from the Essaouira coastal sector. *Journal of African Earth Science*, 212, 1-24. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2024.105191>
- Lima, A.M.M., Oliveira, L.L., Fontinhas, R.L., & Lima, R.J.S. (2005). Ilha do Marajó: Revisão histórica, hidroclimatológica, bacias hidrográficas e proposta de gestão. *Holos Environment*, 5(1), 65-80. <https://doi.org/10.14295/holos.v5i1.331>
- Lira, B.R.P., Crispim, D.L., Ferreira Filho, D.F., Fernandes, L.L., & Pessoa, F.C.L. (2020). Agrupamento de precipitação no estado do Pará, Brasil. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 17, e19. <https://doi.org/10.21168/rega.v17e19>
- Machado, G.M.V. & Pinheiro, B.L. (2021). Depósitos fluviais e marinhos na zona costeira: uma abordagem sedimentológica e morfológica da região de Vitória, ES. *Geografares*, 3. <http://journals.openedition.org/geografares/3449>
- Marengo, J.A., Nunes, L.H., Souza, C.Rg., Hosokawa, E.K., Pedro, G.R., Harari, J., Moreira, P.F., Franco, P.L., Bandini, M.P. Garcia, P.D., & Gireli, T.Z. (2022). Risk management and vulnerability to sea level rise in Brazil, with emphasis to the legacy of the Metropole Project in Santos. *Derbyana*, 43, p. e768. <https://doi.org/10.14295/derb.v43.768>
- Menezes, R.A.A., Guimarães, D.K.M., & El-robrini, M. (2024). Variations of the coastline in a medium period (1985-2017) of a tropical

- island: the case of Soure (Marajó - Pará/Brazil). *Boletim Paulista de Geografia*, 1(112), 51–76. <https://doi.org/10.61636/bpg.v1i112.3300>
- Miranda, M.C.C. (2010). Sedimentologia, isótopos estáveis e palinologia de depósitos quaternário no leste da Ilha do Marajó, Estado do Pará. [Tese de doutorado, Universidade de São Paulo]. Repositório Digital da USP. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44141/tde-06052010-140038/pt-br.php>
- 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*, 23(2), 1264-1284. <https://doi.org/10.20502/rbg.v23i2.1951>
- Nicolodi, JL & Zamboni, A (2008). *Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil*, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. [Recurso eletrônico]. Ministério do Meio Ambiente. https://gaigerco.furg.br/images/Arquivos-PDF/MDZC_Biodiversidade.pdf
- Nmiss M, Anthony, E, Amyay, M, & Ouammou, A. (2022). Multi-decadal shoreline change, inherited coastal morphology and sediment supply in the Souss-Massa littoral cell (Morocco), and a prognosis with sea-level rise. *Journal of African Earth Science*, 196, 1-12.
- Nordstrom K. F. 1992. *Estuarine beaches* (1 ed.). London: Elsevier Science Publishers.
- Novaes, G. de O., Lobo, F. C., & Ranieri, L.A. (2024). Geoindicadores de vulnerabilidade à erosão e risco costeiro em praias estuarinas da costa amazônica. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 25(2). <https://doi.org/10.20502/rbgeomorfologia.v25i2.2461>.
- Rahbani, M., Vila-Concejo, A., Fellowes, T.E., Gallop, S.L., Winkler-Prins, L., Largier, J.L., (2022). Spatial patterns in wave signatures on beaches in estuaries and bays. *Geomorphology* 398. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2021.108070>
- 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*, 14(5), 2916-2930. <https://doi.org/40410.26848/rbgf.v14.5.p2916-2930>
- Rosário, R.P. (2016). *Análise de processos oceanográficos no estuário do rio Pará* [Tese de doutorado, Universidade Federal do Pará]. Repositório Digital da UFPA. <https://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/8876>
- Sazaki, T.O. (1980). Proceedings of Coastal'80. ASCE 3197-3209.
- Silva, C.G., Patchineelam, S.M., Baptista Neto, J.A. & Ponzi, V.R.A. (2004). Ambientes de Sedimentação Costeira e Processos Morfodinâmicos Atuantes na linha de Costa. In: Baptista Neto, J.A., Ponzi, V.R.A., Sichel, S.E. (Org), *Introdução à geologia marinha* (V. 1, pp. 175-218). Interciência.
- Sousa, M.B.P., & Ranieri, L.A. (2023) Morfodinâmica de praias estuarinas da costa leste da Ilha do Marajó, Amazônia Oriental. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 24(3). <https://doi.org/10.20502/rbg.v24i3.2350>
- Souza Júnior, R.L.B., Gregório, M.N., & Carneiro, M.C.S.M. (2024). Estudo Sedimentológico e Geoindicadores Morfológicos das Praias Arenosas do Arquipélago de Fernando de Noronha, Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 17(5), 3556-3569. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v17.5.p3556-3569>
- Souza, L. S. B (2010). *Evidências tectônicas no Leste da Ilha do Marajó: Integração de dados morfoestruturais e geofísicos*. [Tese de doutorado, Universidade de São Paulo]. Repositório Digital da USP. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44141/tde-23012011-201301/publico/LSBS.pdf>
- Suguo, K. (1998). *Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Vila-Concejo, A., Fellowes, T.E., Gallop, S., Alejo I., Angnuureng, D.B., Benavente, J., Bosma, J.W., Brempong, E.K., Dissanayake, P., Gazi, M.Y., González-Villanueva, R., Guimarães, R., Kennedy D.M., Largier, J.L., Van der Lugt, M.A., Montes, J., Orescanin, M., Pattiaratchi, C.B., Pereira, L.C.C., Pereira, R.L.M.C., Price, T., Rahbani, M., Del Río, L., Rosenthal, M., Schipper, M., Ton, A.M., WinklerPrins, L., Chen, Z. (2024). Morfodinâmica e desafios de gestão para praias em estuários e baías modificadas. *Cambridge Prisms: Coastal*

Futures, 2,
<https://doi.org/10.1017/cft.2024.7>

e11.

Wentworth, C.K. (1922). A scale of grade and class terms for terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30(5), 377-392.
<https://www.jstor.org/stable/30063207>