



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA**

---

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº**

**MORFODINÂMICA DE PRAIS ESTUARINAS DA VILA  
DE JUBIM (ILHA DO MARAJÓ-PA)**

**Dissertação apresentada por:**

**MAYARA DE SOUZA RODRIGUES**

**Orientador: Prof. Dra. Leilanne Almeida Ranieri (UFPA)**

---

**BELÉM – PARÁ  
2025**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA**

---

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**MORFODINÂMICA DE PRAIAS ESTUARINAS DA VILA  
DE JUBIM (ILHA DO MARAJÓ-PA)**

**Dissertação Apresentada por:**

**MAYARA DE SOUZA RODRIGUES**

**Orientadora: Profa. Dra. Leilanne Almeida Ranieri (UFPA)**

---

**BELÉM – PARÁ  
2025**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com  
ISBD Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados  
fornecidos pelo(a) autor(a)**

---

S586a Rodrigues, Mayara de Souza

Morfodinâmica de praias estuarinas da vila de Jubim (ilha do Marajó-Pa). /  
Mayara de Sousa Rodrigues — 2025.

ix, 60 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dra. Leilanne Almeida Ranieri

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Instituto  
de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2025.

1. Morfodinâmica. 2. Praias estuarinas. 3. Sedimentação. 4. Macromaré. 5. Amazônia. I.  
Título,

CDD 558.113

---



**Universidade Federal do Pará**  
**Instituto de Geociências**  
**Programa de Pós-Graduação em Oceanografia**

## **MORFODINÂMICA DE PRAIAS ESTUARINAS DA VILA DE JUBIM (ILHA DO MARAJÓ-PA)**

**Dissertação Apresentada por:**  
**MAYARA DE SOUZA RODRIGUES**

**Como requisito parcial à obtenção de Grau Mestre em Oceanografia na Área de Sistemas Costeiros e Oceânicos e Linha de Pesquisa Avaliação e Gestão de Recursos Aquáticos**

**Data de Aprovação:**  
**Banca Examinadora:**

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** LEILANHE ALMEIDA RANIERI  
Data: 18/06/2025 22:13:02-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Profa. Dra. Leilanne Almeida Ranieri**  
**(Orientadora – UFPA)**

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** MAAMAR EL ROBRINI  
Data: 20/06/2025 11:05:39-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. Maamar El-Robrini**  
**(Membro Interno – UFPA)**

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** RENAN PEIXOTO ROSARIO  
Data: 23/06/2025 10:49:04-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. Renan Peixoto Rosário**  
**(Membro Interno – UFPA)**

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** JULIANA DE SA GUERREIRO  
Data: 22/06/2025 22:06:25-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dra. Juliana de Sá Guerreiro**  
**(Membro Externo ao PPGOC)**

Dedico esta dissertação à minha mãe, que sempre esteve ao meu lado desde o início até então, nos momentos bons e difíceis.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus por ter me dado forças durante esses longos meses. Como nem tudo nessa vida é fácil, mas Ele facilitou para mim pela infinita misericórdia dEle.

À minha família, ao meu namorado Lucas e meus amigos, que sempre estiveram do meu lado, mandando sempre energias positivas e orando por mim.

Aos amigos da graduação, e os amigos que fiz no mestrado, que também me deram suporte e apoio emocional. Levarei todos comigo em meu coração e memória, e espero um dia encontrá-los por aí, quem sabe trabalhar juntos e dividir outros momentos.

Aos meus novos amigos do Labogeo, que sempre estavam ali me fazendo rir (principalmente Wellington e o Arthur), deixando meus dias “sombrios” mais alegres, meu mais sincero obrigado pelas mensagens de apoio, pelas ligações em um dos momentos mais difíceis que passei na vida.

Ao professor Neilon Duarte, do Instituto Federal do Pará (IFPA), que no momento mais “desesperador”, se propôs em ajudar, dando suporte técnico e me direcionando no aprendizado de novas ferramentas tecnológicas no final do mestrado.

À minha orientadora Leilanne Ranieri, que já vem nessa caminhada comigo desde a graduação, me dando todo apoio de forma geral, sendo não somente uma orientadora, mas uma amiga e quase mãe (principalmente pelos conselhos e algumas broncas). Obrigada por tudo e por tanto, acho que nem todo dinheiro do mundo me faria pagar por toda ajuda e paciência, porque olha... Teve vezes que não foi fácil, mas foi necessário.

Ao projeto Maretórios Amazônicos, no qual essa pesquisa foi desenvolvida, me dando a oportunidade de conhecer mais sobre a Ilha do Marajó e a comunidade da Vila de Jubim.

À Universidade Federal do Pará e ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, pelo oportunidade de desenvolver a pesquisa e obter a titulação de Mestre em Oceanografia.

Ao CNPq, pelo fornecimento da bolsa de pesquisa durante o mestrado.

*“Eu entendi que não se colhe fruto de árvore  
que não é machucada, e que pra eu crescer leva um tempo  
e o prazer está na caminhada”*

## RESUMO

A Zona Costeira Amazônica Brasileira (estado do Amapá, Pará e Maranhão) possui características ambientais como o clima tropical úmido (altas temperaturas, baixa variação térmica e pluviométrica) e condições oceanográficas importantes (hiper a mesomarés), além de extensos manguezais e praias arenosas, incluindo praias estuarinas. Estas são vulneráveis às alterações sazonais da descarga fluvial, além das mudanças climáticas atuais, a consequente elevação do nível do mar e, a resultante erosão costeira, que causa consequências negativas para os bens e serviços oriundos desse ecossistema costeiro. O objetivo deste estudo foi analisar as alterações na morfologia e dinâmica sedimentar das praias estuarinas de Jubim e adjacências, durante um ciclo sazonal completo (março de 2023 a março de 2024). Jubim é um distrito localizado no município de Salvaterra, Estado do Pará, estando na margem leste da Ilha do Marajó, sob condições oceanográficas do estuário do Rio Pará. As coletas de dados foram realizadas em quatro praias específicas, sendo elas: Praia de Salazar, Praia das Meninas, Praia da Baleia e Praia de Curuanã. Para a caracterização do estado morfodinâmico das praias foi utilizado como referência o parâmetro declividade ( $\beta$ ) e variação relativa da maré (RTR), oriundos do tratamento de dados físicos e topográficos (perfis de praia). Para análise granulométrica, amostras de sedimentos superficiais foram submetidas à peneiramento a seco, a fim de se obter o tamanho médio, seleção dos grãos e balanço sedimentar das praias. Os resultados mostraram que as praias da vila de Jubim, possuem sedimentação que varia de areia média a fina  $1 \phi$  e  $2 \phi$ , com grãos moderadamente bem selecionados. As praias apresentaram parâmetros morfométricos bastante variados: elevação topográfica de 5,6 m a 2,7 m, e largura praial variando de 79 m a 550 m, classificando-as assim em estágios morfodinâmicos dissipativos a intermediário (declividade praial de  $0,2^\circ$  a  $2,6^\circ$ ), com domínio de maré (RTR = 44). A variação sedimentar sazonal foi tanto positiva quanto negativa, apontando que os índices de variabilidade se alternam ao longo das praias e estações climáticas, mostrando tendências tanto erosivas quanto deposicionais. Observou-se processos erosivos principalmente no período chuvoso e maior deposição sedimentar no período seco. O comportamento morfológico das praias estudadas na margem leste da Ilha do Marajó está diretamente influenciado pela hidrodinâmica estuarina, onde as distintas mudanças sedimentares são devido a interação desta hidrodinâmica com a geologia diferenciada ao longo da costa, e o respectivo material que constitui o substrato das praias e pós-praia.

**Palavra-chave:** morfodinâmica; sedimentação; praias estuarinas; Amazônia.

## ABSTRACT

The Brazilian Amazon Coastal Zone (states of Amapá, Pará and Maranhão) has environmental characteristics such as a humid tropical climate (high temperatures, low thermal and rainfall variation) and important oceanographic conditions (hyper to mesotidal), in addition to extensive mangroves and sandy beaches, including estuarine beaches. These are vulnerable to seasonal changes in river discharge, in addition to current climate change, the consequent rise in sea level and the resulting coastal erosion, which causes negative consequences for the goods and services originating from this coastal ecosystem. The objective of this study was to analyze the changes in the morphology and sediment dynamics of the estuarine beaches of Jubim and adjacent areas, during a complete seasonal cycle (March 2023 to March 2024). Jubim is a district located in the municipality of Salvaterra, State of Pará, on the east bank of Marajó Island, under oceanographic conditions of the Pará River estuary. Data collection was carried out on four specific beaches, namely: Salazar Beach, Meninas Beach, Baleia Beach and Curuanã Beach. To characterize the morphodynamic state of the beaches, the slope ( $\beta$ ) and relative tidal variation (RTR) parameters, derived from the treatment of physical and topographic data (beach profiles), were used as reference. For granulometric analysis, surface sediment samples were subjected to dry sieving in order to obtain the average size, grain selection and sedimentary balance of the beaches. The results showed that the beaches of the village of Jubim have sedimentation ranging from medium to fine sand  $1 \phi$  and  $2 \phi$ , with moderately well-sorted grains. The beaches presented quite varied morphometric parameters: topographic elevation from 5.6 m to 2.7 m, and beach width ranging from 79 m to 550 m, thus classifying them into dissipative to intermediate morphodynamic stages (beach slope from  $0.2^\circ$  to  $2.6^\circ$ ), with tidal dominance (RTR = 44). The seasonal sedimentary variation was both positive and negative, indicating that the variability index alternate along the beaches and climatic seasons, showing both erosive and depositional tendencies. Erosive processes were observed mainly in the rainy season and greater sedimentary deposition in the dry season. The morphological behavior of the beaches studied on the eastern shore of Marajó Island is directly influenced by estuarine hydrodynamics, where the distinct sedimentary changes are due to the interaction that hydrodynamics with the differentiated geology along the coast, and the respective material that constitutes the substrate of the beaches and backwaters.

**Keyword:** morphodynamics; sedimentation; estuarine beaches; Amazon.

## SUMÁRIO

<b>DEDICATÓRIA</b> .....	iv
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	v
<b>EPÍGRAFE</b> .....	vi
<b>RESUMO</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1 JUSTIFICATIVA.....	2
1.2 QUESTIONAMENTOS E HIPÓTESE.....	3
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	4
2.1 OBJETIVO GERAL.....	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
<b>3 ARTIGO 1 MORFODINÂMICA DE PRAIA EM AMBIENTE FLUVIOMARINHO     AMAZÔNICO (JUBIM, ILHA DO MARAJÓ, BRASIL)</b> .....	5
<b>4 ARTIGO 2 DINÂMICA SEDIMENTAR DE PRAIAS ESTUARINAS NA ILHA DO     MARAJÓ (BRASIL)</b> .....	28
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	55
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	57
<b>ANEXO A – COMPROVANTE DE ACEITE DO MANUSCRITO À REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA FÍSICA</b> .....	59
<b>ANEXO B – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO À QUATERNARY AND ENVIRONMENTAL GEOSCIENCES</b> .....	60

## 1 INTRODUÇÃO

A zona costeira (ZC) é uma área de transição entre o continente e o oceano, onde há mudanças de curto, médio e longo período, caracterizadas por processos costeiros dinâmicos. Esses processos são marcados por erosão, transporte e sedimentação (Prestes *et al.* 2020), ocasionados pela mistura de forçantes marinhas, meteorológicas e continentais que interagem entre si. Segundo Souza *et al.* (2024), a região costeira é um espaço caracterizado por estas diversas interações, envolvendo fatores físicos provenientes da terra, do mar e da atmosfera. A complexa dinâmica resulta em contínuas transformações na morfologia, vegetação e composição sedimentar desta área. O autor destaca ainda que há aspectos físicos, como a disposição e localização da costa, a influência estuarina, a litologia do substrato, a ocorrência de vegetação e o tipo de desague na foz dos rios que demonstram o caráter integrado e dinâmico dos agentes e processos costeiros/litorâneos. A costa brasileira, por exemplo, possui aproximadamente 9000 km de extensão, e nesse espaço, compreendem-se feições geomorfológicas, climas e ecossistemas que destacam a diversidade e a dinâmica latente deste ambiente (Lins-de-Barros 2020).

A geologia e geomorfologia da Zona Costeira Amazônica (ZCA) e toda a paisagem ao longo da costa estão atreladas a processos antigos, como mudanças no Nível Médio do Mar (NMM) e condições climáticas passadas (Braga 2019). Segundo (Muehe & Nicolodi 2008), essa complexidade é influenciada contemporaneamente por fatores como as macromarés semidiurnas e a dinâmica das correntes costeiras. Os autores ainda ressaltam que a configuração geomorfológica atual foi esculpida tanto por fatores naturais quanto pela intervenção humana. As unidades de relevo na ZCA são caracterizadas por planícies lamosas, canais de maré, praias, bancos de areia, dunas e falésias.

Dentro da ZCA, temos diversos tipos de praias que são ambientes costeiros altamente dinâmicos. Elas são sistemas em rápida evolução, impulsionados pela interação contínua da topografia e dos processos de transporte com o vento, as ondas e as marés. Alguns dos principais subambientes deposicionais em praias arenosas, são caracterizadas por feições compostas de dunas frontais, bermas, escarpas erosivas, calhas e bancos longitudinais (Oliveira Filho & Fernandez 2021). Sua característica deposicional permite seu desenvolvimento inclusive em

margens estuarinas sob ação de ondas geradas localmente. Praias estuarinas são, geralmente, classificadas como de baixa energia ou abrigadas (Oliveira Filho *et al.* 2021) e são caracterizadas como ambientes complexos na interface entre o rio e o mar (interação hidrodinâmica entre água doce e salgada). São áreas de transição, sujeitas a processos biológicos, químicos e físicos relacionados às características do oceano e continente, em que o equilíbrio dinâmico é altamente sensível a impactos (Serrão 2019).

## 1.1 JUSTIFICATIVAS

Mudanças nos padrões de sedimentação praial, alterações na morfologia das praias e no modo de interação das forçantes oceanográficas com os depósitos sedimentares, resultam em processos costeiro de erosão e sedimentação de modos distintos ao longo das praias. Autores como Fernandes & Castro (2020); Gouveia Junior *et al.* (2022); Castro *et al.* (2024), evidenciam ainda que os impactos negativos das mudanças climáticas e atividades antrópicas modificam as praias, resultando em processos de erosão, principalmente. A análise realizada durante um período sazonal, busca compreender mudanças ao longo das praias de acordo com diferentes condições ambientais (ventos, ondas, correntes, marés) junto ao ciclo natural das praias. Conforme Luijendijk *et al.* (2018), aproximadamente 24% das praias arenosas em todo mundo encontram-se em erosão com taxas médias de recuo da linha de costa na ordem de - 0,5 m/ano. Esses problemas podem afetar não somente as habitações e pessoas que residem próximo delas, ou sobre a linha de costa, mas também em outras formas de uso do ambiente praial, como o lazer e até mesmo as atividades extrativistas pesqueira, como é o caso da vila de Jubim, na Ilha do Marajó, cuja atividade pesqueira é um dos principais meios socioeconômicos.

Neste caso, os processos costeiros resultantes afetam a navegabilidade local, devido a possível migração de canais de maré que atravessam as praias, exposição de afloramentos rochosos, formação de esporões arenosos e bancos de areia, além de afetar o modo de trabalho dos indivíduos, pois implica em mudanças nos próprios artificios de pesca instalados nas praias, visto que áreas onde a dinâmica costeira é elevada são muito instáveis e, portanto, exige maiores alterações na instalação de currais e cercas, por exemplo.

Diante do exposto, entende-se que na zona costeira de Jubim, distrito de Salvaterra, Estado do Pará, ocorrem praias estuarinas pouco afetadas pela ação antropogênica, mas ainda sim com importância ecológica e econômica para a região. Entender sua dinâmica sedimentar é de suma importância para compreender os processos de transporte, deposição e remoção de

sedimentos, controlados por agentes naturais.

## 1.2 QUESTIONAMENTOS E HIPÓTESE

Questiona-se como é a dinâmica costeira e a variabilidade morfossedimentar nas praias de Jubim durante um ciclo sazonal, de modo a identificar áreas com erosão e sedimentação distinta ao longo das praias durante um ano de análise. A hipótese desta pesquisa é de que a erosão costeira ocorre de modo sazonal, acontece durante o período chuvoso, de cheia dos rios e maior avanço das marés, sendo o volume sedimentar praial reestabelecido durante o período seco, quando a sedimentação sobre a face praial é acrescida, devido a menor vazão fluvial na baía estuarina do Marajó e, o melhor retrabalhamento dos sedimentos por ondas oriundas de ventos mais intensos.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Analisar a morfologia e sedimentação das praias da Vila de Jubim e adjacências (Salvaterra/PA), durante um ciclo sazonal.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analisar a topografia e sedimentação (parâmetros estatísticos granulométricos) das praias estudadas na Ilha;
- Identificar os estados morfodinâmicos das praias durante os períodos chuvoso e seco;
- Identificar áreas com erosão e sedimentação ao longo das praias e, avaliar a dinâmica morfológica e sedimentar na região.

### 3 ARTIGO 1 MORFODINÂMICA DE PRAIA EM AMBIENTE FLUVIOMARINHO AMAZÔNICO (JUBIM, ILHA DO MARAJÓ, BRASIL)

Este primeiro artigo foi submetido para a revista RBGF - Revista Brasileira de Geografia Física. Em 19/03/2025

#### RESUMO

As ilhas fluviomarinhas 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 fluviomarina 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 ( $\beta$ ), 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 praias foi dissipativo a intermediário (declividade praias de  $0,2^\circ$  a  $2,6^\circ$ ). As praias apresentaram parâmetros morfométricos bastante variados: elevação topográfica de 5,6 m a 2,7 m, e largura praias 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 Praias; Sedimentação; Praias Estuarinas; Macromaré; Amazônia.

#### 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 fluviomarine 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  $0,2^\circ$  to  $2,6^\circ$ ). 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 km<sup>2</sup> (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 fluviomarinha 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 praias, 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 praias, 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 praias 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 km<sup>2</sup>, 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 (Texeira & 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.

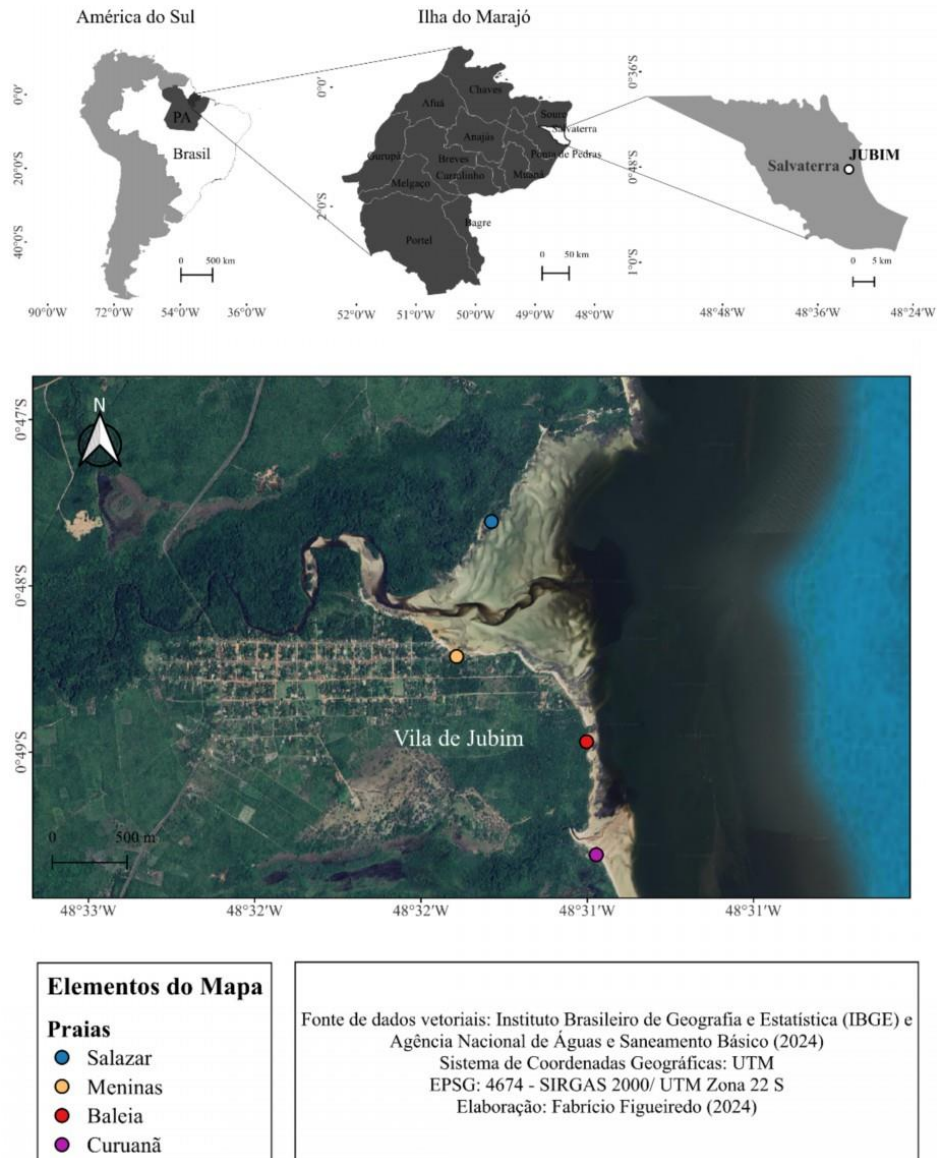


Figura 1. Mapa de localização das praias estuarinas estudadas na margem leste da Ilha do Marajó.

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).

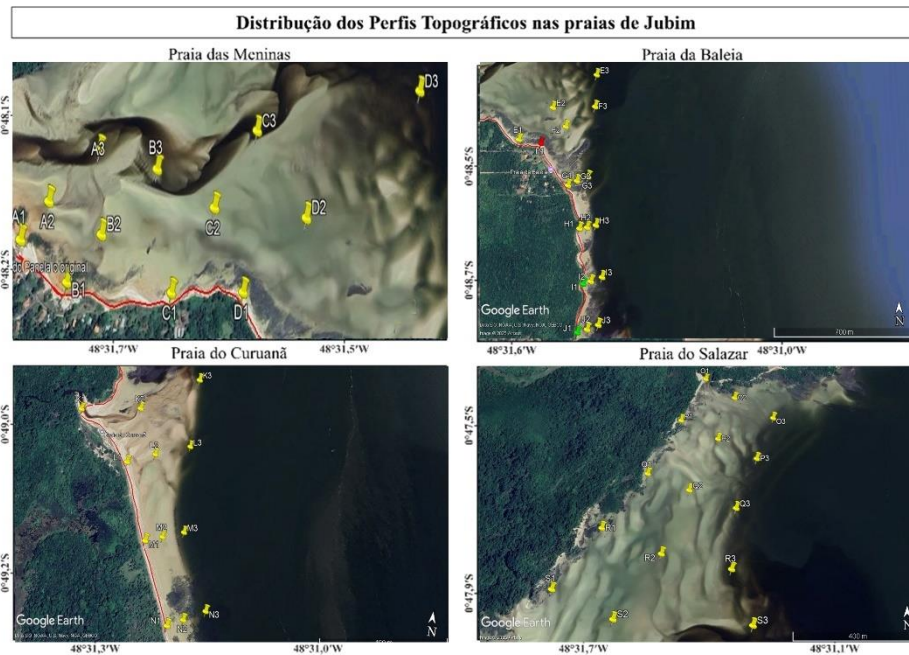


Figura 2. Localização dos perfis perpendiculares de praia (*transectos*) na área de estudo. Imagem - Google Earth, 2023.

### *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 ( $\beta$ ) foi calculado utilizando fórmula trigonométrica:

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

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 praial (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  $<2^\circ$ ; praias intermediárias, entre  $2^\circ$  a  $4^\circ$ ; e praias refletivas ou reflectivas  $>4^\circ$ .

## 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 6). 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 A, B, C, D tiveram elevações topográficas de 3,8 a 4,3 m, apresentados na (Figura 3). A topografia é irregular com presença de feições de crista-calha (*ridge and runnel*) em vários trechos, a exemplo do perfil A na zona de supamaré, 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 4).

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 O, P, Q, R apresentam elevação de 4,6 a 5,5 m de altura como mostra a (Figura 5). 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.

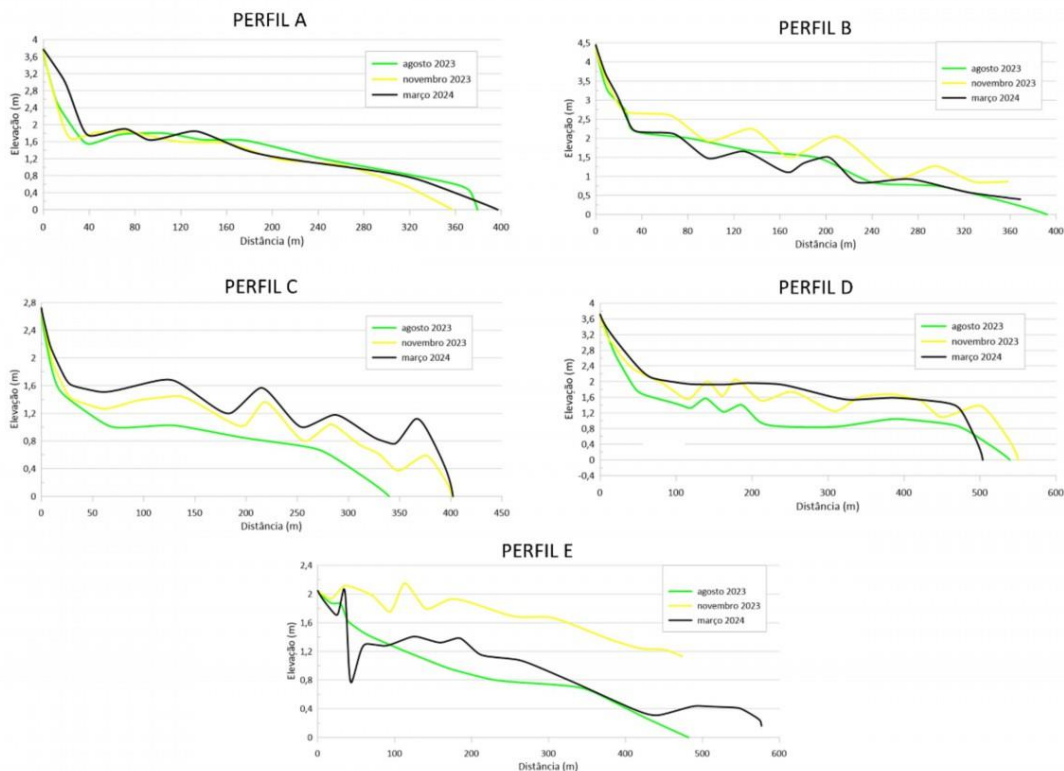


Figura 3. Perfis topográficos da Praia de Salazar

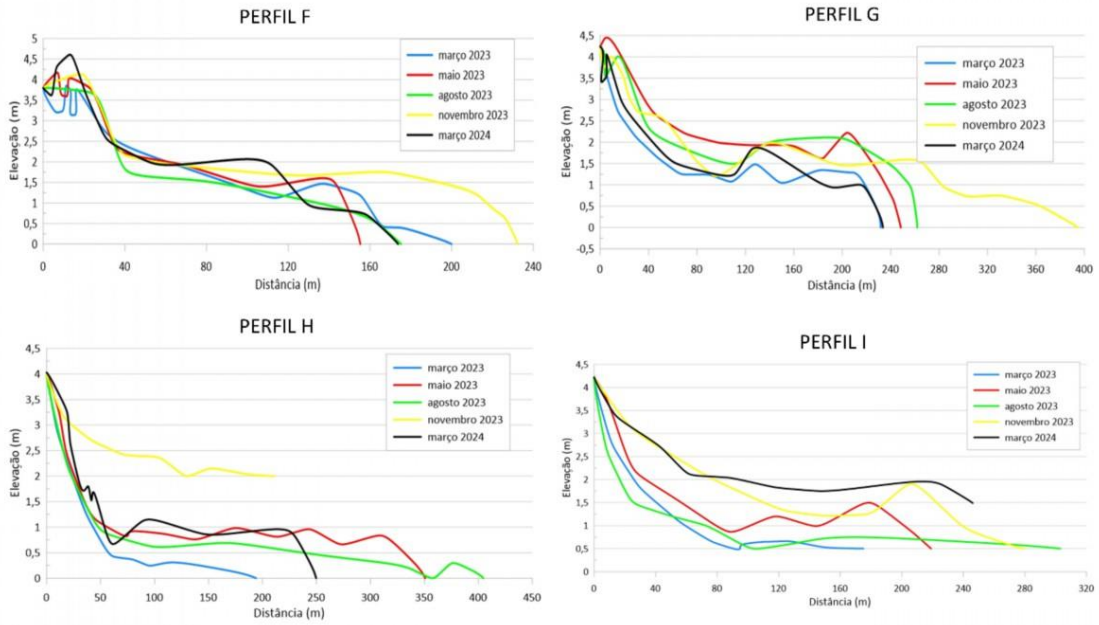


Figura 4. Perfis topográficos da Praia das Meninas

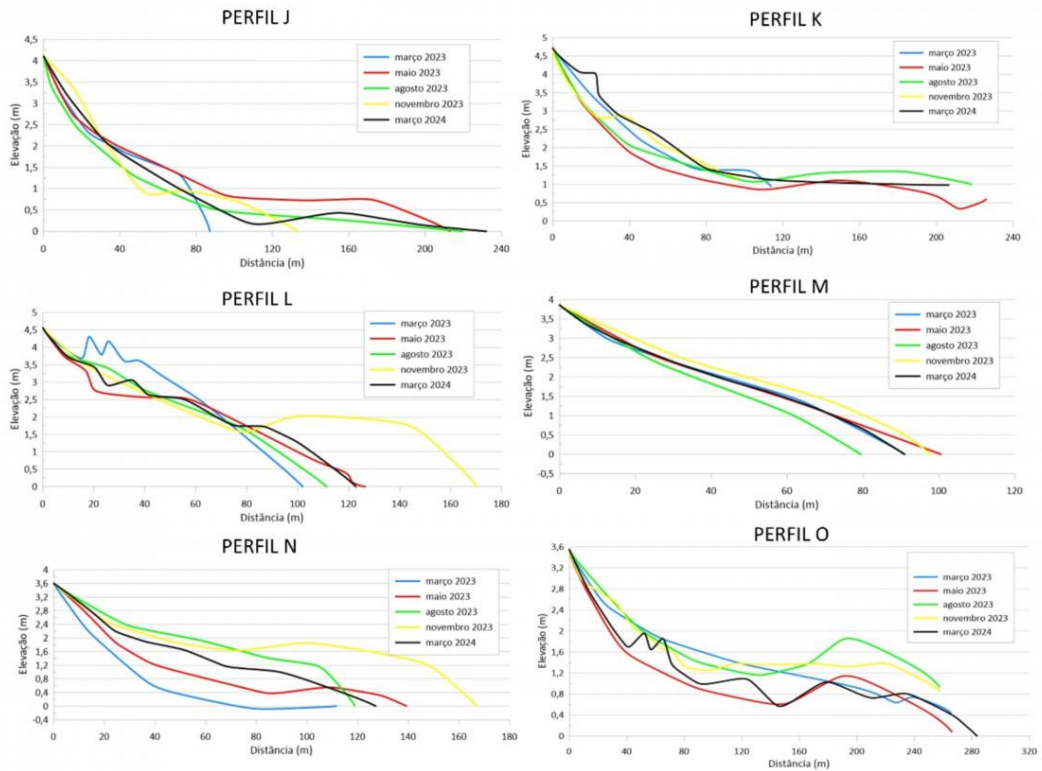


Figura 5. Perfis topográficos da Praia da Balcia.

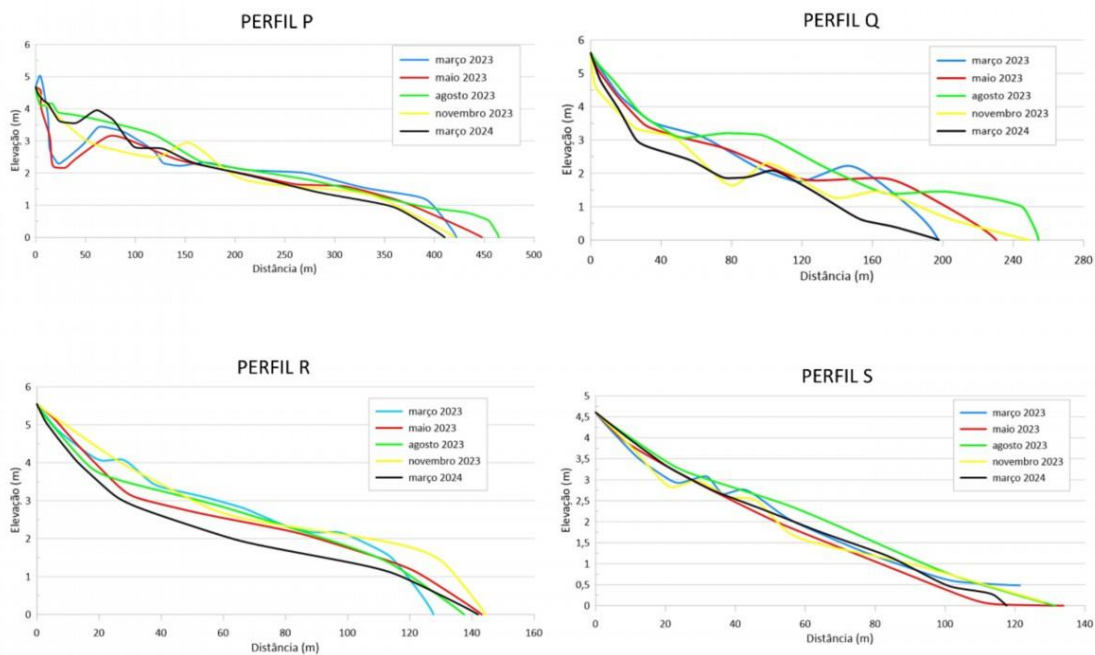


Figura 6. Perfis topográficos da Praia de Curuanã.

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  $2,0 \phi$  a  $2,4 \phi$ . No período seco, os valores ficaram entre  $1,5 \phi$  (areia média) e  $2,2 \phi$  (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  $1,1 \phi$  e  $2,6 \phi$  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 das Salazar (cor roxa), Praia das Meninas (cor azul), Praia da Baleia (cor rosa) e Praia do 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 do 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  $1,1 \phi$  e  $1,9 \phi$ , com maior ocorrência no período chuvoso e areia média a fina no

mês de agosto (período seco) com valores entre 1,3  $\phi$  e 2,3  $\phi$ . 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  $\phi$  e 2,5  $\phi$  durante todas as campanhas (Figuras 7 e 8), e grãos moderadamente selecionados a moderadamente bem selecionados (0,5 a 1,0).

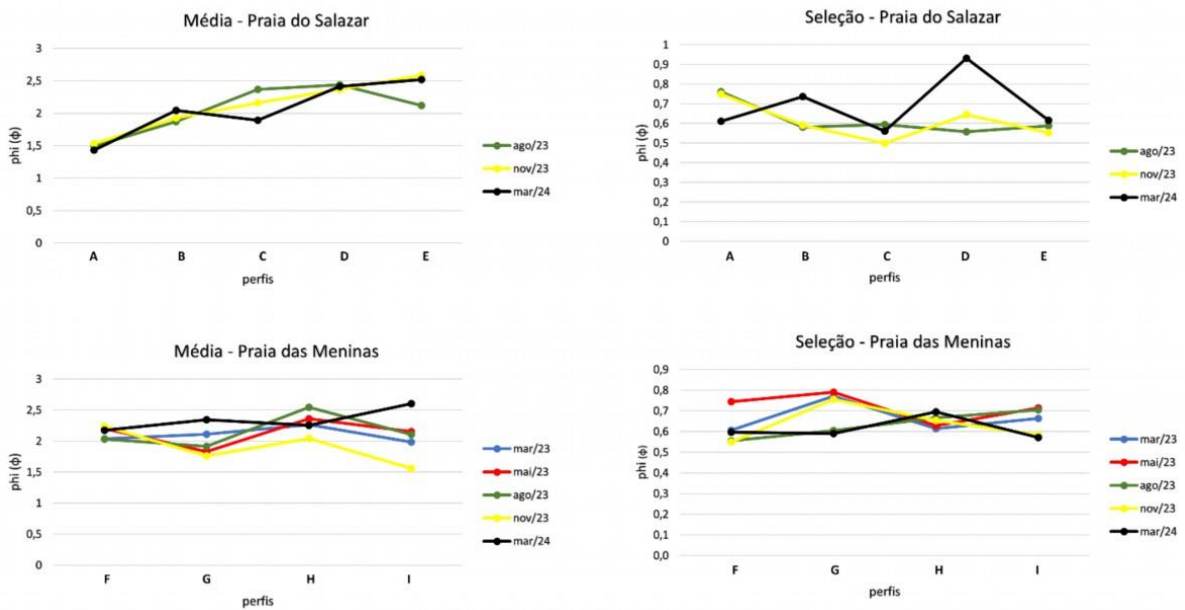


Figura 7. Parâmetros granulométricos da Praia do Salazar (Setor Norte) e Praia das Meninas (Setor Central).

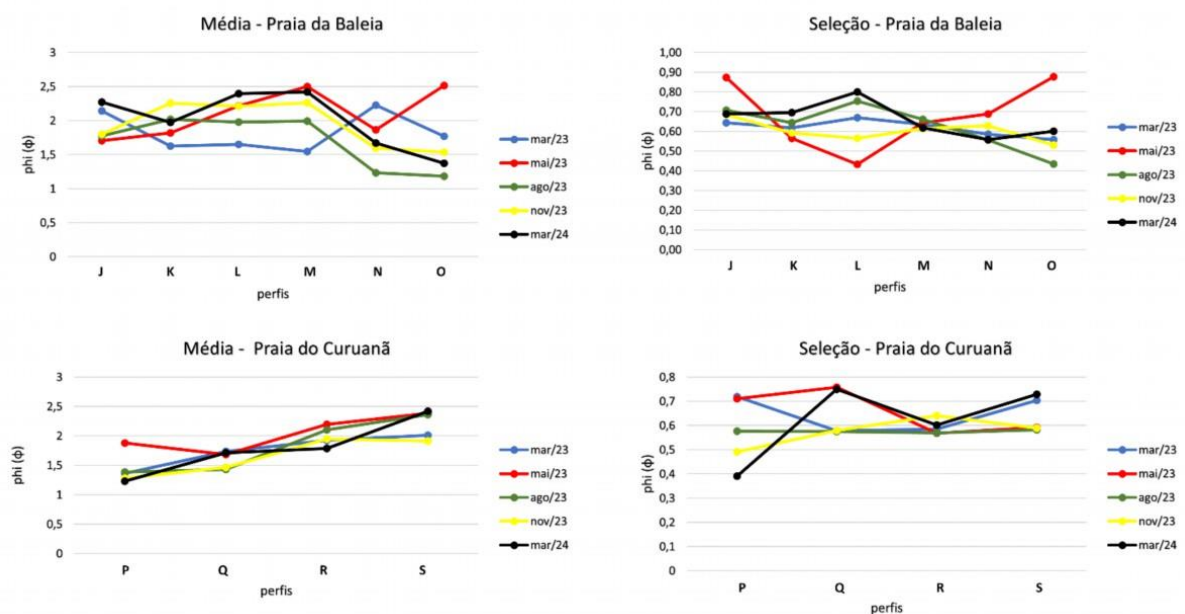


Figura 8. Parâmetros granulométricos da Praia da Baleia e Praia do Curuanã (Setor Central e Setor Sul).

## 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 praial 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 4). 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 mesomarés 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 praial 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. Conseqüentemente, 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 praial 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, consequentemente, 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 praial (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 praiial 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 morfodinamico 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/rgcin489>
- 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 praias: 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., Jeofry, 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](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](http://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1996)
- Freire P., Taborda 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, Ierodiaconou D., (2023). Drives of seasonal and decadal change on na 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/reg.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](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>
- Suguio, 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, e11. <https://doi.org/10.1017/cft.2024.7>
- 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>

## 4 ARTIGO 2 DINÂMICA SEDIMENTAR DE PRAIAS ESTUARINAS NA ILHA DO MARAJÓ (BRASIL)

Este artigo foi submetido na revista Quaternary and Environmental Geosciences. Em 25/03/2025.

### RESUMO

As praias são compostas por acumulações de sedimentos de tamanhos variados (areia fina, seixo, cascalho), sob influência da altura e período das ondas e amplitude da maré, no geral, são sistemas naturais variáveis que passam por mudanças contínuas. Este artigo tem como objetivo analisar a dinâmica sedimentar nas praias estuarinas da vila de Jubim assim como a sua morfologia, através de aerofotogrametria com drone e Estação Total. durante um período sazonal. A metodologia envolveu os seguintes procedimentos: (1) captura de imagens aéreas por meio de fotogrametria com drone; (2) posicionamento da base GNSS Geodésica; (3) coleta de pontos de controle utilizando posicionamento estático-rápido com RTK (Real Time Kinematic); (4) aferição da altura das ondas e (5) análise de perfis topográficos. Os resultados evidenciam que as maiores topografias ocorreram no período chuvoso na praias das Meninas, Baleia e Curuanã, enquanto que na praia de Salazar, o maior gradiente topográfico foi visto no período seco. Quanto a classificação granulométrica, as praias de Salazar e Meninas são constituídas predominantemente por areia fina (2 a 3  $\phi$ ) e as praias Baleia e Curuanã são predominadas por areia média (1 a 2  $\phi$ ). As praias foram classificadas como modificadas por maré durante todo o período sazonal.

**Palavra chave:** sedimentação; morfologia; praia estuarina

### ABSTRACT

Beaches are composed of accumulations of sediments of varying sizes (fine sand, pebbles, gravel), under the influence of wave height and period and tidal amplitude. In general, they are variable natural systems that undergo continuous changes. This article aims to analyze the sedimentary dynamics on the estuarine beaches of the village of Jubim, as well as their morphology, through aerial photogrammetry with drone and Total Station, during a seasonal period. The methodology involved the following procedures: (1) capture of aerial images by means of drone photogrammetry; (2) positioning of the Geodetic GNSS base; (3) collection of control points using static-fast positioning with RTK (Real Time Kinematic); (4) measurement of wave height and (5) analysis of topographic profiles. The results show that the greatest topographies occurred in the rainy season on Meninas, Baleia and Curuanã beaches, while on Salazar beach, the greatest topographic gradient was seen in the dry season. Regarding the granulometric classification, the beaches of Salazar and Meninas are predominantly made up of fine sand (2 to 3  $\phi$ ) and the beaches of Baleia and Curuanã are predominantly made up of medium sand (1 to 2  $\phi$ ). The beaches were classified as tidal modified throughout the seasonal period.

**Key words:** sedimentation; morphology; estuarine beach

## 1. Introdução

A Zona Costeira (ZC) Amazônica Brasileira (Amapá, Pará e Maranhão) possui características particulares, como o clima (altas temperaturas, baixa variação térmica e pluviométrica), altura de maré (macro e mesomarés) e extensos manguezais (Rodrigues 2020) e praias arenosas. A pluviosidade é um dos agentes indiretos de mobilidade sedimentar nesta zona, pois interfere na descarga fluvial de estuários e canais de maré. Podendo ainda, ser influenciada por eventos de meso e grande escala como o El Nino e La Nina (Tavares, Costa & Araújo 2021).

Um dos ambientes que passa por constante mobilidade sedimentar na ZC é a praia, devido a uma combinação de fatores naturais (ondas, marés, correntes, descarga fluvial), além de fatores humanos (ocupação irregular, obras de engenharia e degradação de ecossistemas do pós-praia). As praias são compostas por acumulações de sedimentos de tamanhos variados (areia fina, seixo, cascalho), sob influência da altura e período das ondas e amplitude da maré (Short 2016); havendo interações físicas, químicas e biológicas entre o oceano e o continente (Serrão 2019). Em geral, são sistemas naturais variáveis (Gómez-Pujol & Orfila 2020), que resultam na sua mobilidade (Muehe 2022).

As praias estuarinas e em baías diferem de praias de costa aberta, pois são parcialmente ou totalmente protegidas das ondas geradas no mar, com maior influência das marés e das correntes na contribuição de erosão e deposição (Concejo, Gallop & Largier 2020). A variação morfossedimentar na praia depende da sazonalidade, vegetação, condições de ondas e marés, alterando a largura e extensão, sendo susceptíveis à erosão, transporte e distribuição granulométrica (Erickson et al. 2017). De acordo com (Muehe 2019), a praia apresenta algumas terminologias que as caracterizam. Ela apresenta alguns subambientes e feições deposicionais, caracterizados por dunas frontais, berma, escarpa erosiva, face de praia, calhas e bancos longitudinais (Oliveira Filho & Fernandez 2021).

Sendo assim, as praias estão sujeitas a modificações importante nos seus depósitos sedimentares, sendo o monitoramento *in situ* ideal para aferir estas modificações, como a medição da topografia delas, seja por aerotogrametria, pelo posicionamento e altimetria por GNSS (Global Navigation Satellite Systems) ou uso de equipamentos comuns da área de Engenharia, como Estação Total, embasado pelo método Estadia descrito por (Birkmeier 1981). Cada técnica apresenta uma respectiva precisão e acurácia (Simões 2018).

O uso dos drones, para a aerofotogrametria, por exemplo, é uma técnica recente e

inovadora no mapeamento costeiro, pela contribuição em diferentes tipos de estudos: análises de desastres naturais, vulnerabilidade costeira, mapeamento da linha de costa e geração de perfis topográficos (Turner *et al.* 2016). Na última década, a fotogrametria baseada em sistema/veículo aéreo não tripulado – UAS (Unmanned Aerial System) tornou-se comum em praias (Casella *et al.* 2020, Moloney *et al.* 2018).

Este artigo objetiva analisar a dinâmica sedimentar sazonal de praias estuarinas da Ilha do Marajó, Brasil. Os resultados contribuem no conhecimento da morfodinâmica de praias estuarinas dominadas por meso-macromarés e na difusão de técnicas de medições topográficas em praia.

## 2. Caracterização da 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 km<sup>2</sup>, 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 porção oriental da Ilha do Marajó estão os municípios de Soure e Salvaterra.

No município de Salvaterra, está o distrito de Jubim (Figura 1). Atualmente, Jubim é uma das principais vilas tradicionais do município, marcada por traços indígenas e imigrantes, possuindo uma área mais rural, com maior potencial para pesca artesanal do que para o turismo local. 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 Vila de Jubim e comunidade de Cururuzinho). Ao norte, a hidrografia de Jubim é marcada pelo igarapé do Limão, também conhecido como canal do Jubim.

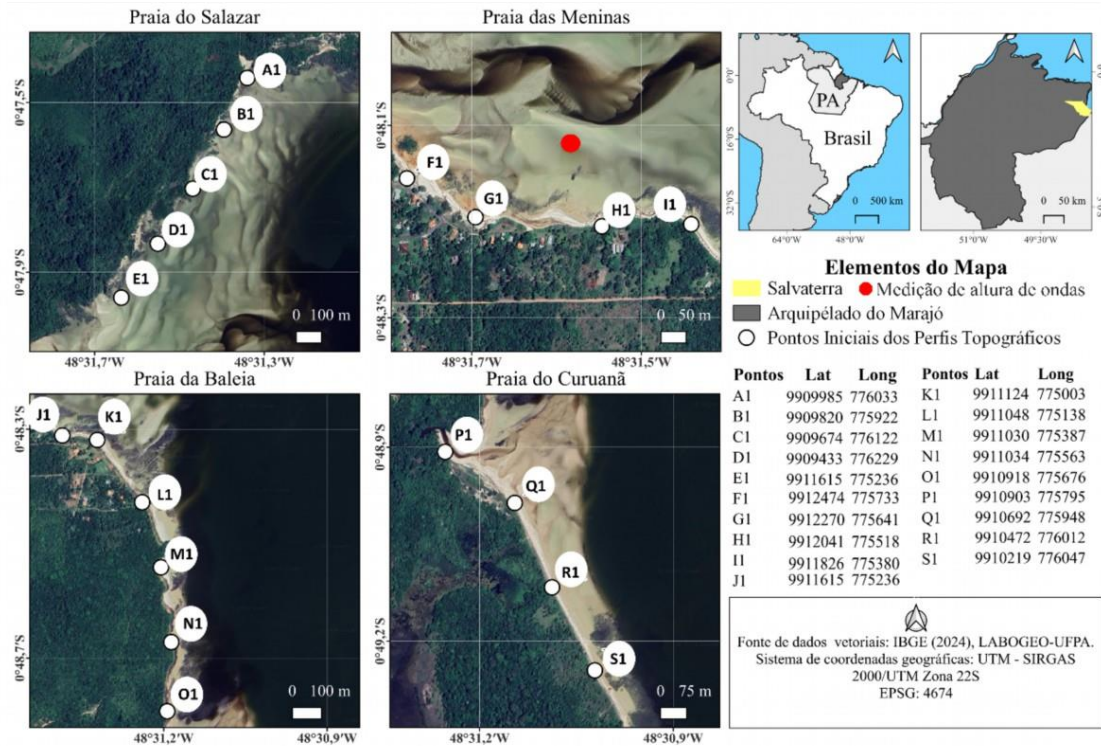


Figura 1. Mapa de localização da vila de Jubim (distrito de Salvaterra/PA, Ilha do Marajó, Brasil). As praias estuarinas da pesquisa ocorrem na margem leste da ilha. Imagem - Google Earth, 2023.

A margem leste da Ilha de Marajó, onde está o distrito de Jubim, se encontra no macrocompartimento costeiro do norte do Brasil, onde os fatores geológico e geomorfológico são os principais responsáveis pela caracterização de suas paisagens atuais e gênese da ilha. Influenciando diretamente a compartimentação morfoestrutural do conhecido Golfão Marajoara ou Amazônico, entre a margem esquerda do rio Amazonas e a margem direita da baía de Marajó, no estado do Pará (França 2010).

A Ilha de Marajó apresenta uma variedade de feições morfológicas que são resultantes das oscilações relativas ao nível do mar, da neotectônica e dinâmica costeira, que ocorre desde o período cenozoico. Estas variações do nível do mar controlam a deposição da Formação Barreiras e de sedimentos do Pós-barreiras, formando o planalto costeiro dos ambientes sedimentares que constituem a planície costeira das praias da ilha (França 2003).

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, conforme descrito por (Souza 2010). A costa alta de Salvaterra, formada pelo planalto costeiro (sedimentos terciários e quaternários do Grupo Barreiras/Pós-Barreiras), dá origem a falésias de até 6 m de altura (França & Souza Filho 2003), que ocorrem na costa de Jubim.

O clima é tropical úmido, de acordo com a classificação climática de Köppen, com temperatura média anual de 27° C e pluviosidade anual superior a 3.000 mm (Lima *et al.* 2005).

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 – período de maior influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). E o período menos chuvoso, de junho a novembro, que apresenta os menores índices entre setembro e novembro, com média de 414,3 mm de chuvas, equivalentes a 14% do total pluviométrico anual (Lima *et al.* 2005).

Nesta costa, assim como para todo o litoral paraense, insidem os ventos Alísios de Nordeste, responsáveis pela formação das ondas, inclusive em águas estuarinas, e possuem velocidades médias de 7 m/s (Lima *et al.* 2005). Esses ventos são, geralmente, precedidos de calmaria e, quase sempre, acompanhados de rajadas violentas e chuvas intensas. Os ventos alísios são responsáveis não só pelo processo de distribuição dos grãos de sedimentos nos ambientes praias, como também pela deriva litorânea oriunda das ondas geradas. Eles favorecem o transporte de sedimentos ao longo das praias, retrabalhando os depósitos na zona de intermaré, periodicamente exposta, levando-os para as dunas e ainda, formando bancos arenosos longitudinais, ilhas barreiras, pontais arenosos, entre outros característicos do ambiente praias de zonas costeiras (Fonzar 1994).

Quanto às correntes costeiras, as principais que atuam no litoral paraense são as correntes de maré, que são responsáveis pelo transporte de sedimentos da plataforma continental para o litoral e, secundariamente, as correntes litorâneas resultantes da chegada das ondas à costa. El-Robrini *et al.* (2018) destacam correntes de marés de cerca de 1,38 m/s e ondas de 0,3 m na Baía do Marajó, onde encontra-se as praias de Jubim.

### **3. Material e métodos**

#### *3.1. Coleta de dados*

Foram realizadas atividades em cinco campanhas de campo (5 a 6 de março, 20 a 22 de maio, 16 a 18 de agosto, 24 a 27 de novembro de 2023 e 23 a 25 de março de 2024). Apenas na praia do Salazar não houve coletas no mês de março e maio de 2023, por questões de limitação de acesso, devido terras inundadas na via durante este período chuvoso.

Os perfis topográficos realizados durante a maré baixa de sizígia com o equipamento Estação Total (marca Topcon ES105) (Figura 2A) e prisma refletor foram extraídos ao longo da extensão das praias, equidistantes cerca de 200m (Praia do Salazar 5 perfis, Meninas 4 perfis, Baleia 6 perfis e Curuanã 4 perfis), totalizando 19 perfis perpendiculares à linha de costa. Além disso, foram coletados sedimentos superficiais ao longo dos perfis (zonas de supramaré,

intermaré e inframaré) (Figura 2B), para a caracterização da distribuição granulométrica. Para realizar a captura de imagens aéreas utilizando o drone foram seguidas as seguintes etapas: elaboração do plano de voo, cumprimento das diretrizes de segurança, instalação da estação GNSS geodésica, execução do voo com o drone e identificação dos pontos de controle.

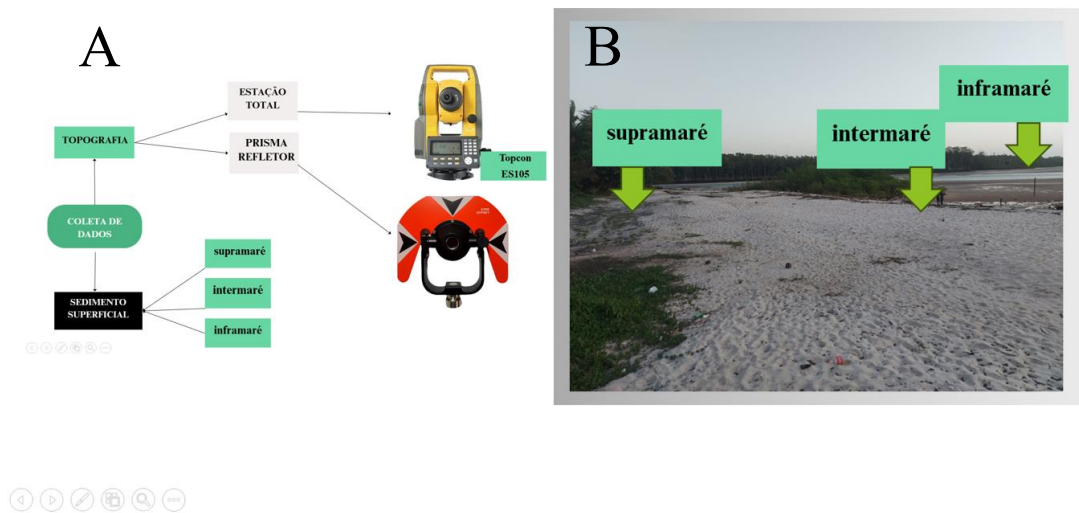


Figura 2. Fluxograma metodológico (a) e zonação morfológica dos perfis de praias da vila de Jubim (b).

A aerofotogrametria foi realizada mediante o drone modelo DJI Mavic Air 2S, com os aerolevamentos feitos majoritariamente nas praias durante a baixa-mar, em novembro de 2023 e março de 2024, período seco e chuvoso, respectivamente. Simultaneamente ao aerolevamento, foi realizado em pontos de controle ao longo das praias o georeferenciamento deles com um par de receptores GNSS (*Global Navigation Satellite System* - Sistema Global de Navegação por Satélite), para a posterior correção do posicionamento geográfico dado pelo drone. A utilização dos pontos de controles distribuídos é essencial para aprimorar a precisão das imagens e validar produtos cartográficos. Portanto, nesse processo, optou-se pelo método RTK (*Real Time Kinematic*), que é o melhor método de posicionamento rápido, onde o receptor base coleta os dados de coordenadas conhecidas de satélite e transmite as correções para o receptor *rover* via rádio.

O RTK é uma técnica de posicionamento onde os levantamentos se caracterizam pela particularidade de obtenção de coordenadas geodésicas em tempo real. Um sistema RTK é composto por dois receptores com as respectivas antenas, link de comunicação (para transmitir ou receber correções e/ou observações da estação de referência) e software apropriado para realizar o processamento e a validação dos dados, assim descritos por Monico (2008).

### 3.2. Parâmetros morfométricos e granulométricos

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

Este método inicia-se com a lavagem das amostras e decantação das mesmas. Passado 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.

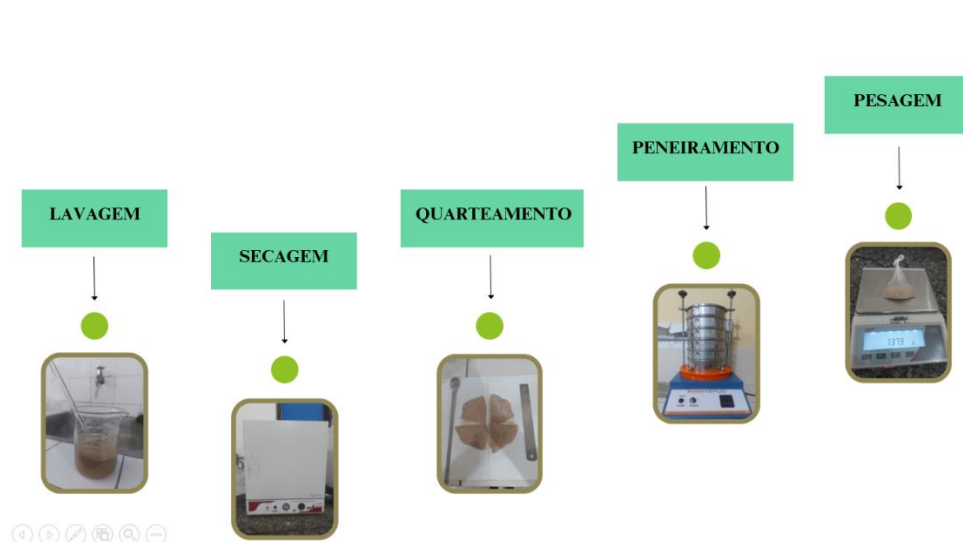


Figura 3. Esquema das etapas de tratamento das amostras de sedimentos em laboratório.

### 3.3. Construção do plano de voo

Trata-se da utilização de aplicativos que permitem programar uma trajetória específica para o drone. Para isso, foi utilizado o aplicativo chamado *Drone Harmony Mobile versão 2.3.0*, que possibilitou ao operador construir o plano de voo e a escolha dos parâmetros como: sobreposição entre as imagens, velocidade, altitude e trajetória de voo. Além disso, o aplicativo fornece dados sobre a duração do voo, uso da bateria, número de fotos tiradas, entre outras informações. Neste artigo foi utilizado a sobreposição frontal de 60% e ângulo de -90° com 100m de altura. No total, foram coletadas 829 imagens em novembro de 2023 e 818 imagens

em março de 2024.

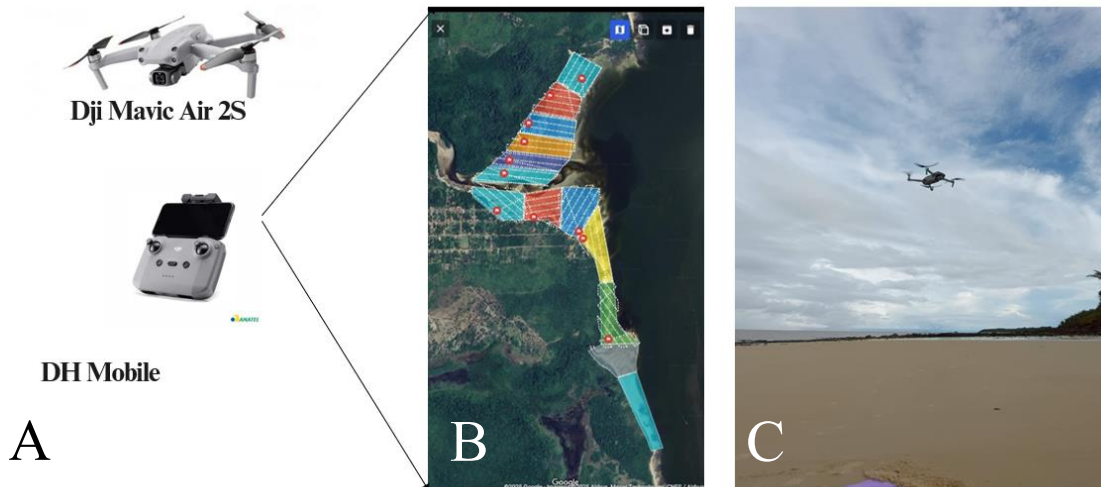


Figura 4. Construção do plano de voo das praias da vila de Jubim. Drone Dji Mavic Air 2S e Simulação do aplicativo Drone Harmony Mobile (a); Quadrantes da área de rota do voo (b); Sobrevoos nas praias (c).

### 3.4. Instalação da base GNSS geodésica

As estações de referência (base 1, 2, 3 e 4 do receptor GNSS fixo) foram previamente pareadas com sinais de satélite durante 8h (Figura 5A). Após isso, é necessário processar os dados da base em conjunto com as informações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) para obter os valores de coordenadas planas e a altitude geométrica do ponto instalado. Esse procedimento é realizado por meio do serviço *online* de pós-processamento de dados GNSS do IBGE, conhecido como IBGE-PPP.

O serviço IBGE-PPP, que disponibiliza dados de correção de modo gratuito, tem a finalidade de realizar o pós-processamento de dados GNSS que foram coletados por receptores no modo estático ou cinemático, possibilitando a obtenção de coordenadas precisas referenciadas ao datum SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) e ao ITRF (*International Terrestrial Reference Frame*).

As bases fixas obtidas com um dos receptores GNSS, modelo CHCNAV, foram posicionadas próximas a cada praia aonde o levantamento das coordenadas geográficas foi realizado, cobrindo uma distância de aproximadamente 1 km da base 1 (Praia do Salazar), 838m da base 2 (Praia das Meninas) até a base 3, e 934 m da base 3 até a base 4 (Praia da Baleia e Curuanã) (Figura 5C). O uso do GNSS *rover* (receptor móvel) (Figura 5B), no modo RTK, teve como objetivo aumentar a precisão das coordenadas geográficas das fotografias aéreas em conjunto com a base GNSS geodésica.

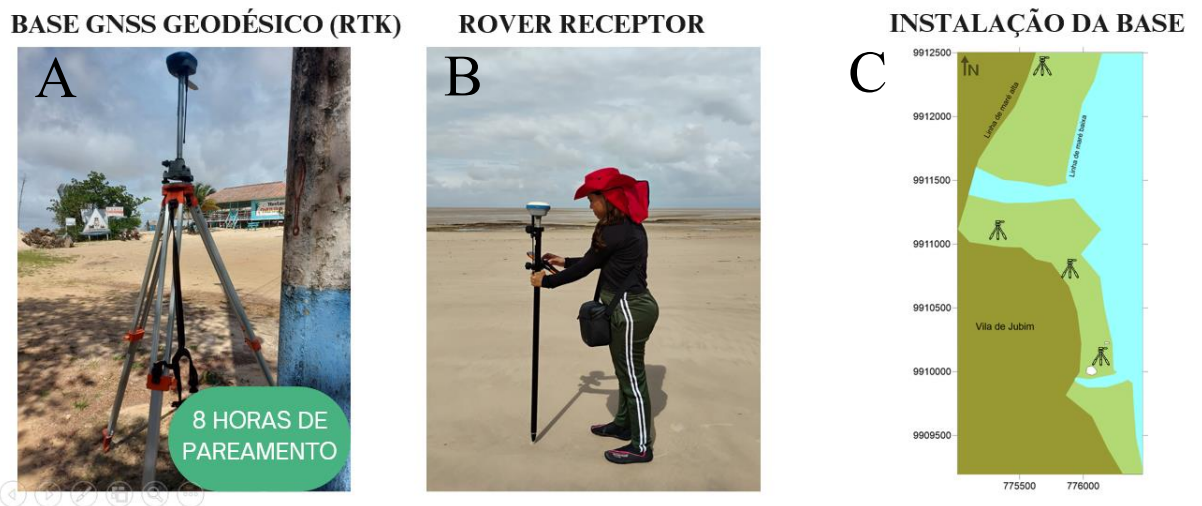


Figura 5. Instalação da base RTK. Equipamento GNSS – RTK, base fixa (a); Receptor rover (b); Pontos de instalação das bases nas praias (c).

### 3.5. Tratamento dos dados

Utilizou-se o *software Sysgram 3.0* para determinação de parâmetro estatístico granulométrico (média) de Folk & Ward (1957), já os dados dos perfis topográficos (elevação e distância em metros) foram processados no *software Microsoft Office Excel*, e os mapas em 2D e 3D que ilustram a granulometria e topografia da face praial foram plotados e interpolados no *Surfer 10*, por meio dos perfis de praia realizados em campo.

Os valores de variações do volume sedimentar ( $V_v$ ) nas praias foram obtidos no *software Grapher 1.9* com base na sobreposição de dados dos mapas topográficos da face praial, calculando-se a área na posição de cada perfil topográfico.

Para a classificação do estágio morfodinâmico de praia em relação ao domínio de ondas ou marés (Tabela 1), seguiu-se o modelo de Masselink & Short (1993) por meio do índice RTR (“Relative Tidal Range”), o qual corresponde a razão entre a amplitude de maré (TR) e a altura da onda na arrebentação ( $H_b$ ).

$$RTR = TR/H_b$$

O estágio/estado morfodinâmico de praia é usado para designar de forma completa o comportamento deposicional e a sua relação com os processos hidrodinâmicos.

Quadro 1. Classificação morfodinâmica de Masselink & Short (1993).

Amplitude relativa da maré	Grupo	Tipo de Praia
RTR < 3	Onda dominante	1- Reflectivo 2- Intermediário 3- Dissipativo

3<RTR<15	Interação onda e maré	4- Terraço de baixa-mar 5- Banco /corrente de baixa-mar 6- Ultradissipativo
RTR>15	Maré dominate	7- Transicional (praia para planície de maré)

As imagens de drone foram transferidas para um sistema computacional e processadas no *software Agisoft Metashape* versão 2.0.0. Esse processo envolveu o alinhamento das imagens sobrepostas, utilizando os ângulos formados entre elas para realizar ajustes de verificação. Como resultado, foi gerada uma nuvem de pontos densa, permitindo a criação do Modelo Digital de Elevação (DEM) e do ortomosaico. Além disso, pontos de controle (coordenadas geográficas) coletados ao longo das praias com o GNSS RTK foram também importados no referido *software*, para correção do posicionamento geodésico de GPS (*Global Positioning System* – Sistema de Posicionamento Global) dado pelo drone, que é menos preciso. Os dados do par de receptores GNSS foram anteriormente processados seguindo etapas no *software CHC Geomatics Office 2*, fornecido pelo fabricante do equipamento.

### 3.6. Medição de onda e maré

Os dados de ondas foram coletados em abril de 2023, em um ponto de coleta feito na praia das Meninas. As medições foram feitas com o Sensor OBS (*Optical Backscatter Sensors*), modelo Infinity-turbi ATU75W-USB onde o equipamento realizou a coleta de dados por aproximadamente 12 horas, registrando cinco medições de ondas a cada segundo.

Os dados sobre a amplitude das marés e seus horários de preamar e baixamar para as praias, foram obtidos à partir dos dados de previsões harmônicas de maré no ano de 2023, na seção Tábuas de Marés da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (<https://www.marinha.mil.br/chm/tabuas-de-mare>).

## 4. Resultados e Discussão

### 4.1. Distribuição sedimentar

A distribuição granulométrica dos sedimentos obtida para as quatro praias estudadas variou de 1,1  $\phi$  a 2,5  $\phi$  (areia média a areia fina, principalmente). Estes valores são similares aos encontrados por Sousa & Ranieri (2023), El-Robrini et al. (2024) em outras praias estuarinas da Ilha do Marajó. Sedimentos mais finos estão direcionados para o norte (Figuras 6 e 7). A praia de Salazar apresentou areia média especialmente no perfil A, tanto no período chuvoso

quanto no seco (Figura 6C, 7A e 7B). Sedimentos compostos principalmente por areia fina foram encontrados desde a zona de supramaré (porção superior da face praial) até a zona de inframaré (porção inferior) durante todos os períodos.

Na praia das Meninas houve a predominância de areia fina no período chuvoso (Figura 6), com aumento de ocorrência de areia média (1,1  $\phi$  a 1,4  $\phi$ ) no período seco (Figura 7). A sedimentação fina se mostrou bem distribuída nas zonas de inframaré e sedimentos de granulometria média foram distribuídos nas zonas de supramaré e intermaré.

No período seco, diminui a quantidade de sedimentos em suspensão no rio (Melo et al. 2020), assim os depósitos marginais, onde encontram-se as praias estudadas, tendem a apresentar decréscimo desta sedimentação.

A praia da Baleia apresentou granulometria de sedimentos de 1,1  $\phi$  a 2,6  $\phi$ , com predominância de areia média na maior parte da extensão da praia. Observou-se que a sedimentação de grãos de tamanho médio ocorreu de maneira uniforme (zona de supramaré, intermaré e inframaré) durante o período chuvoso. Já no período seco, houve ocorrência de sedimentos finos na zona de inframaré, especialmente no mês de novembro/2023 (Figura 7 e 7B).

Na praia do Curuanã também se observou a predominância de areia média na maior parte da extensão da praia. Durante o período chuvoso, a sedimentação de grão de tamanho médio ocorreu na porção superior da praia (supramaré), e durante o período seco constatou-se a mesma situação, com exceção do mês de novembro/2023, onde sedimentos finos tiveram maior ocorrência na mesma zona. (Figura 6 e 7B).

De um modo geral, não houve diferenças significativas de distribuição de tamanho de grão entre os subambientes praias, mas foi possível perceber uma leve tendência de deposição de sedimentos de tamanho médio na supramaré. Edwards (2001), destaca que isso é resultado de uma maior mobilização dos sedimentos finos pelo espraiamento de ondas, o que facilita a deposição dos sedimentos mais grossos.

Contudo, na área de estudo, a zona de supramaré caracteriza-se como estando sujeita a uma menor energia de ondas e marés (Ribeiro & Valadão 2021), visto que trata-se de praias mais planas, com bastante detritos orgânicos e, inclusive arbustos que retêm os sedimentos mais grossos na linha de costa. Sendo esta a causa principal de haver granulocrescência no sentido superior das praias.

Quanto ao padrão longitudinal, notou-se uma distribuição granulométrica decrescente de sul a norte da área de estudo, mas principalmente maiores concentrações de sedimentos finos na região central da área de estudo, onde está localizada a praia das Meninas, bastante

sedimentada pelo fluxo do canal do Jubim. Áreas limitadas por canais normalmente são favorecidas por maior aporte sedimentar de sedimentos finos (Ranieri & El-Robrini 2015), quando a competência e capacidade do rio é alta. Quando isso não ocorre, observa-se depósitos mais grossos, tal como ocorre no outro canal a sul da área de estudo, o canal do Curuanã (Figuras 6 e 7). A praia de Salazar e praia das Meninas tem seus limites margeados pelo canal do Jubim, já a praia da Baleia e Curunã tem seus limites margeados pelo canal do Curuanã.

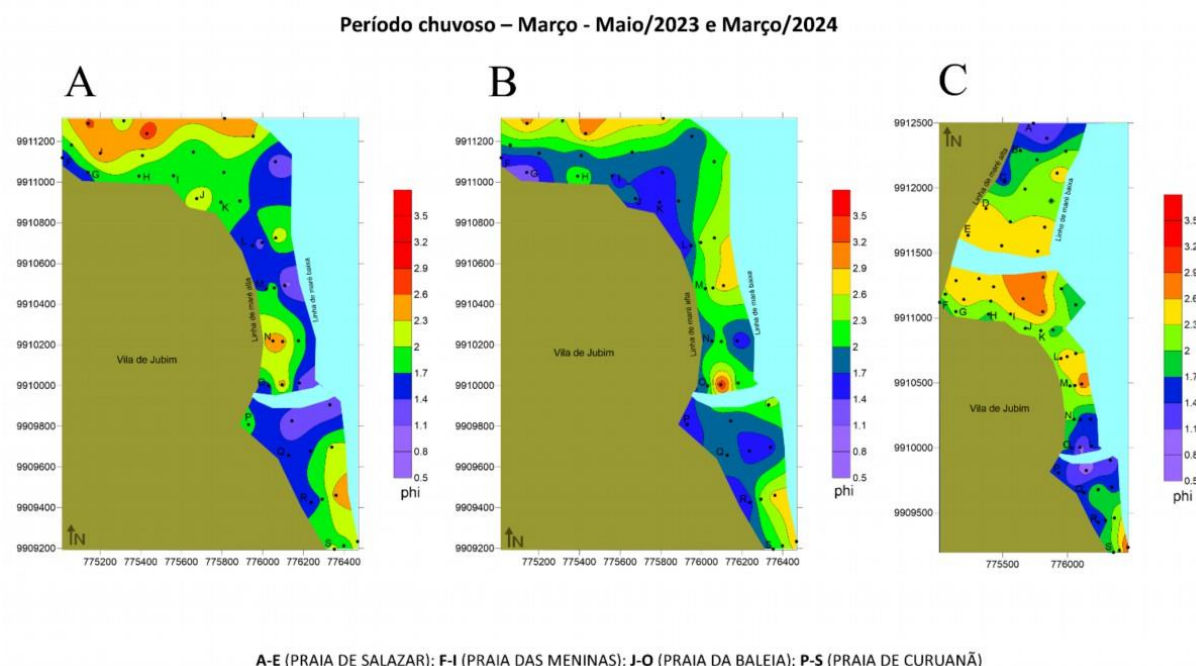


Figura 6. Distribuição granulométrica dos sedimentos das praias durante o período chuvoso – março/2023 (6A); maio/2023 (6B) e março/2024 (6C).

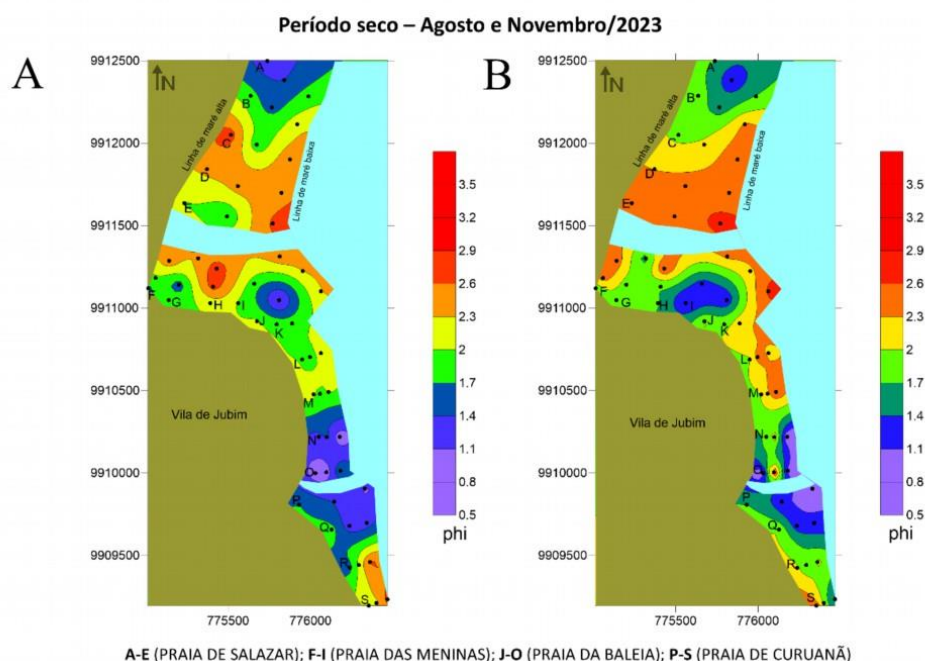


Figura 7. Distribuição granulométrica dos sedimentos das praias durante o período seco – agosto (7A) e novembro (7B) de 2023.

Em síntese, a praia de Salazar e a praia das Meninas apresentaram predominância de areia fina em praticamente toda a extensão. Já a praia da Baleia e Curuanã, mostram predominância de areia média na maior parte delas, sendo assim praias com predominância de areia fina possuem uma maior extensão na sua faixa de areia, com ondas relativamente baixas e maior retrabalhamento sedimentar. Segundo Bensi et al. (2005), as vastas áreas de mangues

que margeiam essas praias também são importantes, pois disponibilizam grãos menores, mais finos, que estão dispostos ao longo de perfis muito planos, como é o caso da praia de Salazar. Já praias com areia média possuem geralmente uma faixa de areia mais estreita e menor mobilidade sedimentar, a granulometria média também evidencia áreas fontes próximas, como é o caso da praia da Baleia que em toda a sua extensão é margeada por falésias ativas.

#### *4.2. Topografia e hidrodinâmica na face praial*

Mediante os resultados obtidos, foi possível observar que as praias do litoral de Jubim possuem pequenas distinções em sua topografia e morfologia. Na Ilha do Marajó, as principais unidades morfológicas estão relacionadas em grande escala aos movimentos tectônicos e oscilações do nível do mar, e em pequena e média escala à dinâmica erosiva e deposicional que está associada à ação de condições atmosféricas como ventos, e consecutivamente a movimentação de ondas e, além da ação das marés (Sousa & Ranieri 2023). Assim, as praias estudadas, possuem topografia desigual, em função das unidades morfológicas a quais se limitam.

A praia de Salazar apresenta uma faixa de areia de cerca de 1,2km de extensão, possuindo uma altura topográfica máxima de 4,4m. (Figuras 8 e 9). A zona de supramaré nesta praia é limitada por uma extensa área de manguezais. Já a praia das Meninas possui uma faixa de areia com aproximadamente 800m de extensão. Sua altura topográfica alcança 4,2m (Figuras 4 e 5) e a zona de supramaré é limitada por uma vasta vegetação e área mais povoada do litoral de Jubim.

A praia da Baleia compreende uma extensa plataforma de abrasão de 1,18km de extensão. Sua altura topográfica, especificamente na face praial (Figuras 8A e B e 9C), chega a 5,5 m, e sua zona de supramaré é caracterizada por falésias ativas que podem alcançar cerca de 6 m. A praia da Curuanã possui uma faixa de areia com aproximadamente 760m de extensão. Sua altura topográfica atinge 4,1 m (Figuras 8 e 9). Ao longo de toda a sua extensão, a zona de supramaré é limitada pela presença de vegetação arbustiva.

As praias são classificadas, segundo Masselink & Short (1993), como em transição para planície de maré ( $RTR > 15$ ), devido o alto domínio da forçante maré (Quadro 1), com o valor de  $RTR = 44$ .

Com relação aos valores do RTR, estes indicaram que a influência das marés é a principal ação modificadora dos perfis observados nas praias estudadas. McLachlan e Dorvlo (2005) afirmam que o perfil de praia não é meramente em função do sedimento, mas as marés também influenciam o perfil, semelhante à função das ondas, com praias tornando-se mais

amplas com o aumento da amplitude das marés. Ainda segundo estes autores, as marés causam mudanças cíclicas nas praias, podendo atuar passivamente ou ativamente no transporte de sedimento.

### Período seco – Agosto e Novembro/2023

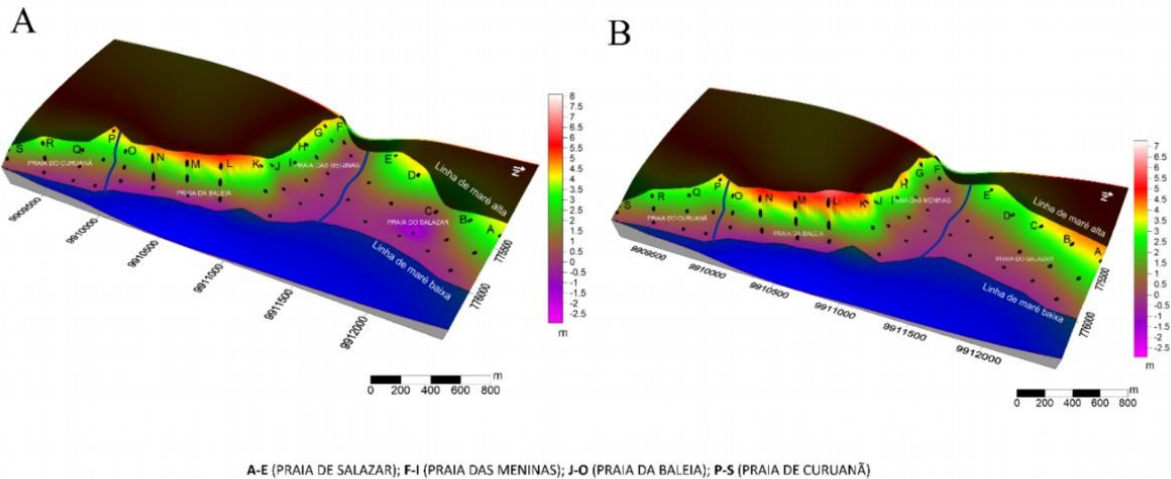


Figura 8. Topografia da face praial no período seco – agosto/2023 (A); novembro/2023 (B). Dados extraídos de Rodrigues et al. (2025).

### Período chuvoso – Março, Maio/2023 e Março/2024

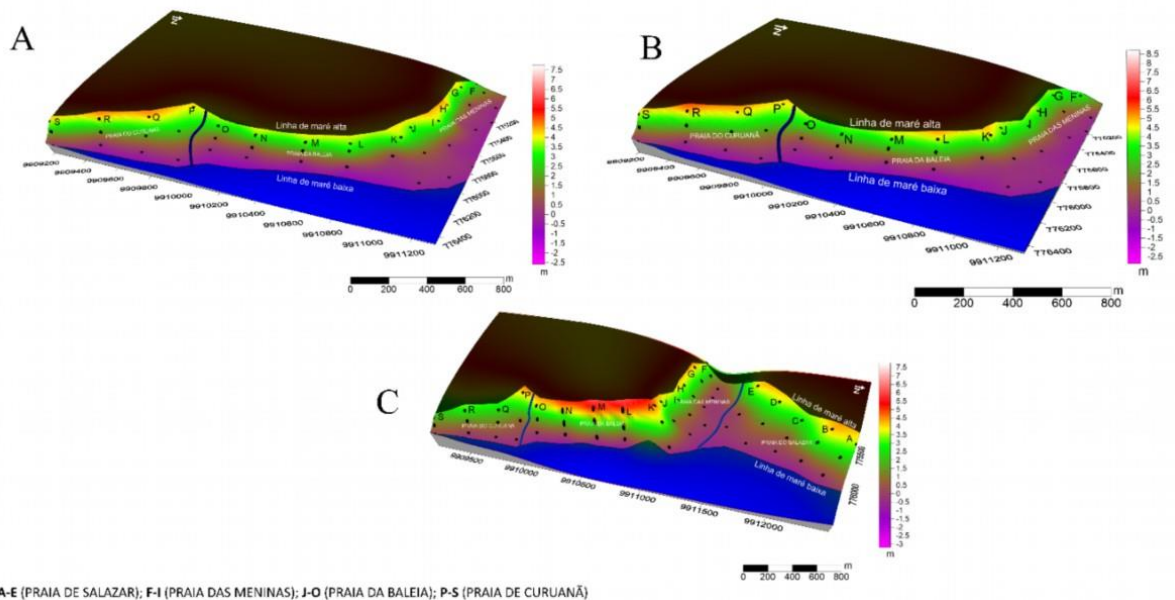


Figura 9. Topografia da face praial no período chuvoso – março/2023 (A); maio/2023 (B) e março/2024(C). Dados extraídos de Rodrigues et al. (2025).

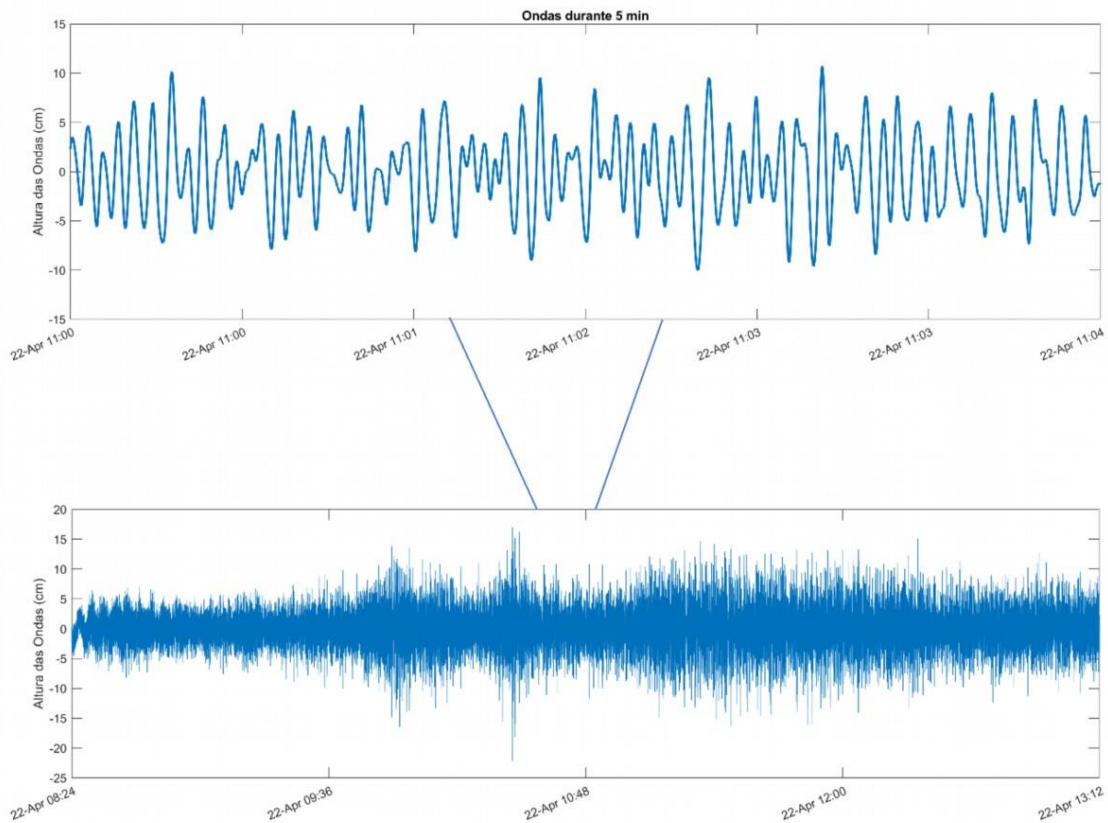


Figura 10. Altura de onda registrada em abril de 2023 na área de estudo.

#### 4.3. Balanço sedimentar

Na Praia de Salazar, o volume sedimentar foi negativo na transição do período seco para chuvoso, especialmente em dois perfis (B e E), com decréscimo de depósito sedimentar de  $-142 \text{ m}^3/\text{m}$  e de  $-274 \text{ m}^3/\text{m}$ , respectivamente. Quanto aos demais perfis (C e D), os valores foram positivos não havendo perda de sedimentos na face praial, e sim ganho, com máximo de  $83 \text{ m}^3/\text{m}$  no perfil C (Figura 11). O perfil A, embora tenha apresentado decréscimo no Vv em novembro de 2023, apresentou Vv final positivo em março de 2024.

Na Praia das Meninas, os valores de variações do volume sedimentar (Vv) foram negativos na transição de um período chuvoso a outro nos perfis F e I, contudo ainda nota-se um balanço sedimentar equilibrado ao observar ganho de sedimentos em novembro de 2023, onde apenas o perfil G teve decréscimo sedimentar neste mês (o máximo registrado na praia das Meninas:  $-479 \text{ m}^3/\text{m}$ ). Em contrapartida, o perfil H apresentou valores positivos durante os dois períodos, indicando que não houve perda de sedimentos, e sim ganho contínuo de depósito sedimentar durante um ciclo sazonal completo (Figura 12).



Figura 11. Volume sedimentar nos perfis da Praia de Salazar. Extraídos de Rodrigues et al (2025), no prelo

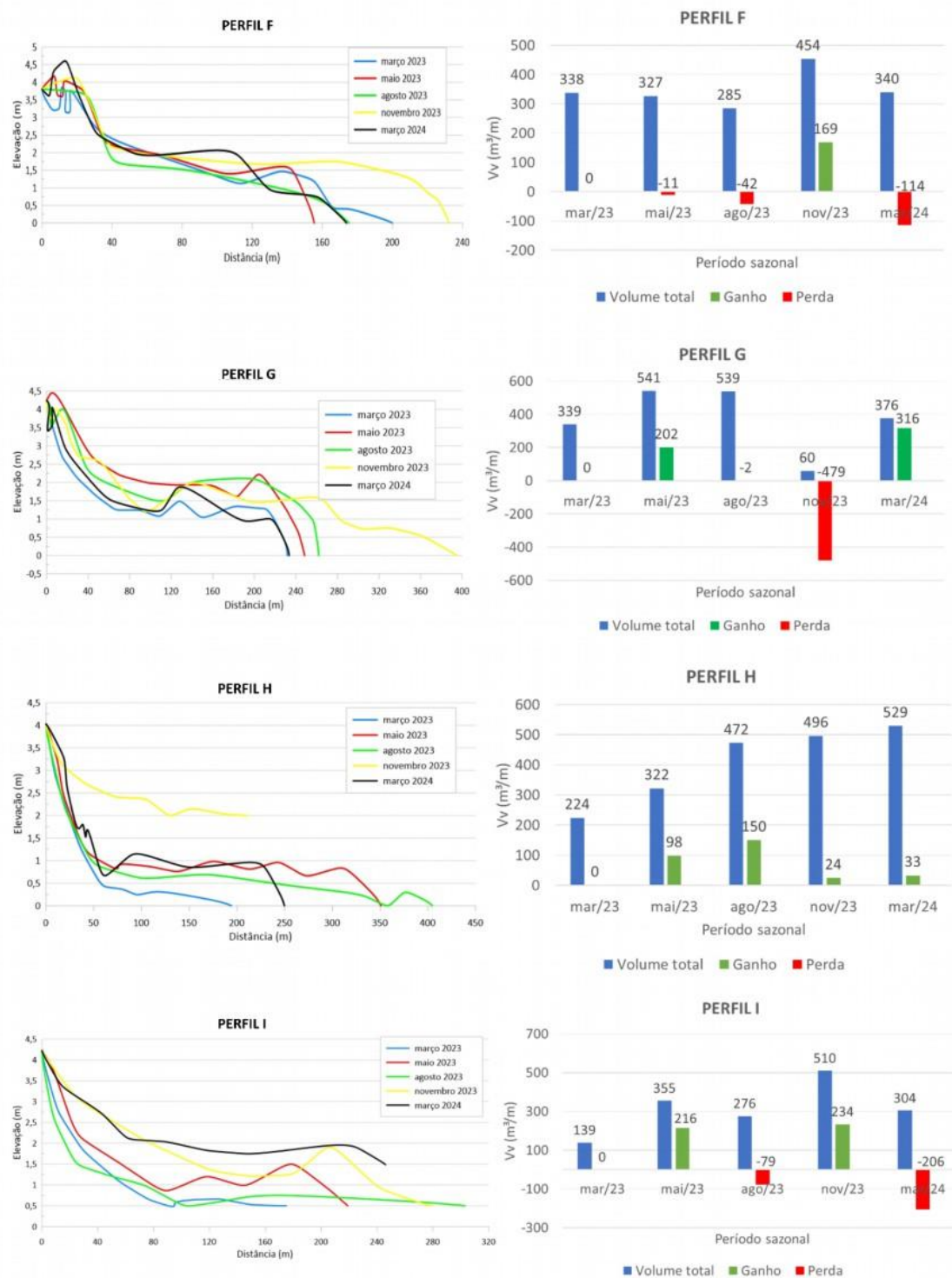


Figura 12. Volume sedimentar nos perfis da Praia das Meninas. Extraídos de Rodrigues et al (2025). no prelo

Na Praia da Baleia as variações de volume sedimentar ( $V_v$ ) positivas e negativas foram mais equilibradas, com uma maior perda de sedimentos na transição do período chuvoso para o início do período seco de 2023 no perfil J ( $-227\text{m}^3/\text{m}$ ). Os perfis desta praia, exceto o perfil J e K, apresentaram valores finais negativos da estação chuvosa de 2023 a estação chuvosa de 2024, contudo nota-se ainda um balanço sedimentar equilibrado em todos eles, especialmente pelo ganho

de sedimentos nos meses anteriores. Os valores máximos de ganho e perda de depósito sedimentar foi no perfil J ( $256 \text{ m}^3/\text{m}$ : deposição, em maio/2023;  $-227 \text{ m}^3/\text{m}$ : erosão, em agosto/2023) (Figura 13).

A Praia do Curuanã mostrou variações de volume sedimentar ( $V_v$ ) positivas e negativas, com perda e ganho de sedimentos variando entre os meses durante todo o período sazonal assim vistos nos perfis (P, Q e S) com perda máxima de  $-172 \text{ m}^3/\text{m}$  visto no perfil Q e ganho máximo de  $153 \text{ m}^3/\text{m}$  observados no perfil P (Figura 14). O valor final de  $V_v$  em metade dos perfis analisados nessa praia foram negativos. Considerando o saldo de ganho nos meses anteriores, notou-se balanço sedimentar insuficiente de uma estação chuvosa (ano de 2023) a outra (março do ano de 2024).

Em resumo, constatou-se que na praia de Sazalar a variação de volume sedimentar foi baixa, com ganho de sedimentos na maioria dos perfis do período chuvoso ao seco. Já o volume sedimentar na praia das Meninas foi visto que na maioria dos perfis houve perda de sedimentos, causando uma instabilidade na sedimentação principalmente no período chuvoso, evidenciando maior mobilidade sedimentar. Taaouati (2011), Ranieri & El-Robrini (2020), Holanda *et al.* (2020), Sousa & Ranieri (2023), El-Robrini *et al.* (2024) obtiveram resultados semelhantes com a sazonalidade climática em outras praias arenosas dissipativas. No caso do litoral amazônico, tendências de erosão no período chuvoso são devido à forçante oceanográfica maré, somado às cheias dos rios, provocando maiores inundações e mobilidade sedimentar, principalmente nas margens estuarinas de topografia mais baixas (Sousa & Ranieri 2023).

Na praia da Baleia, a variação de volume sedimentar foi ainda mais instável, havendo perda de sedimentos em todos os perfis da praia, essa instabilidade foi vista em todo período sazonal com maior ocorrência na estação chuvosa, isso pode estar associado aos processos erosivos na praia junto aos níveis de pluviosidade intensa. A praia do Curuanã também possui instabilidade na variação de volume sedimentar, havendo mais perda de material em quase todos os perfis analisados, apresentando esta situação de um período chuvoso à outro.

Estudos realizados na zona costeira amazônica, como os de El-Robrini *et al.* (2006) e Ranieri & El-Robrini (2012), apontam que, no estado do Pará, especialmente em áreas estuarinas, os perfis de praia indicam uma predominância de processos erosivos, intensificados pela influência das marés. Por outro lado, os autores destacam que os processos de acreção sedimentar tendem a ocorrer em praias situadas próximas às margens de canais de maré e deltas estuarinos, onde há um suprimento de sedimentos que contribui para a proteção contra a erosão.

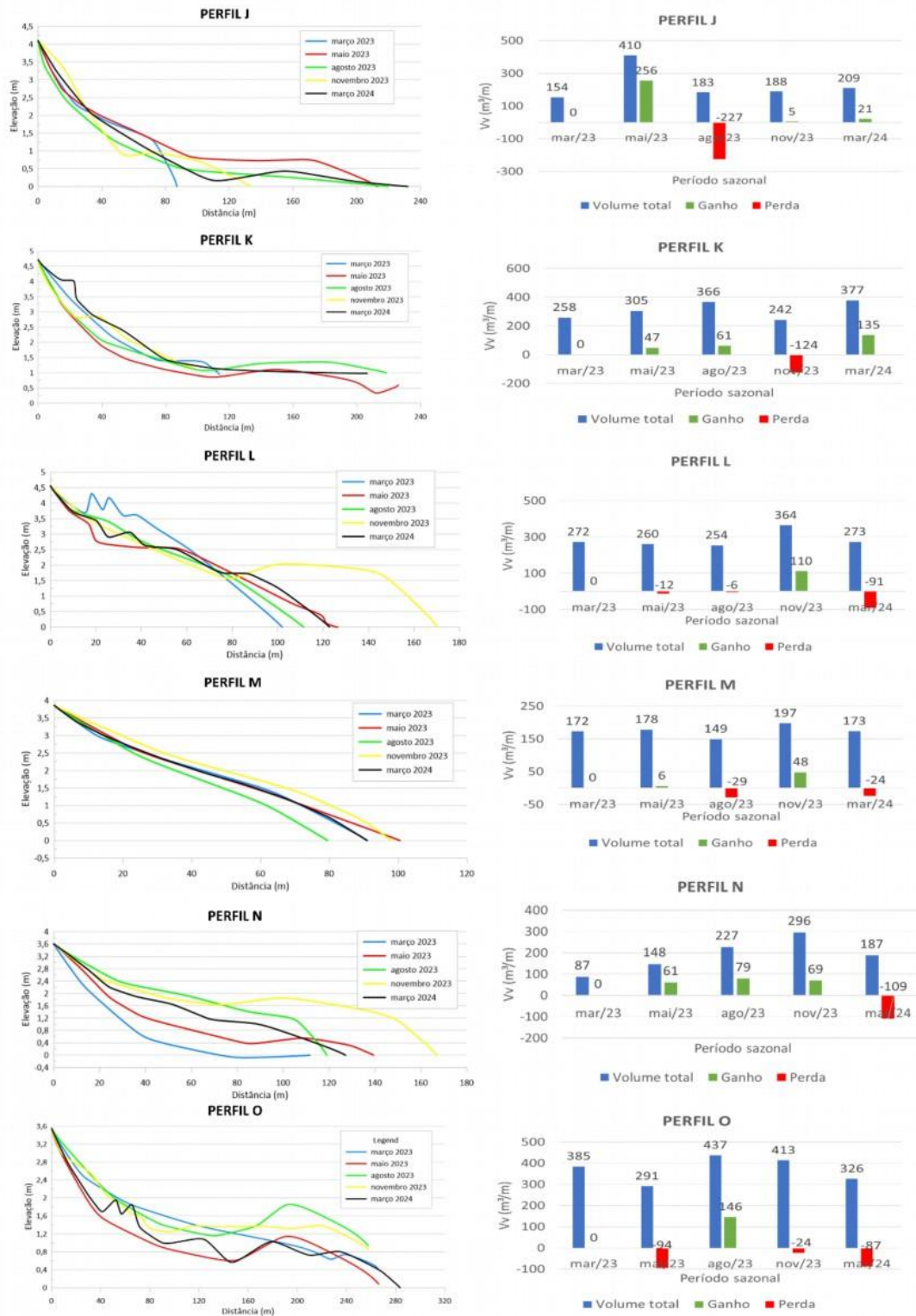


Figura 13. Volume sedimentar nos perfis da Praia de Baleia. Extraídos de Rodrigues et al (2025). no prelo

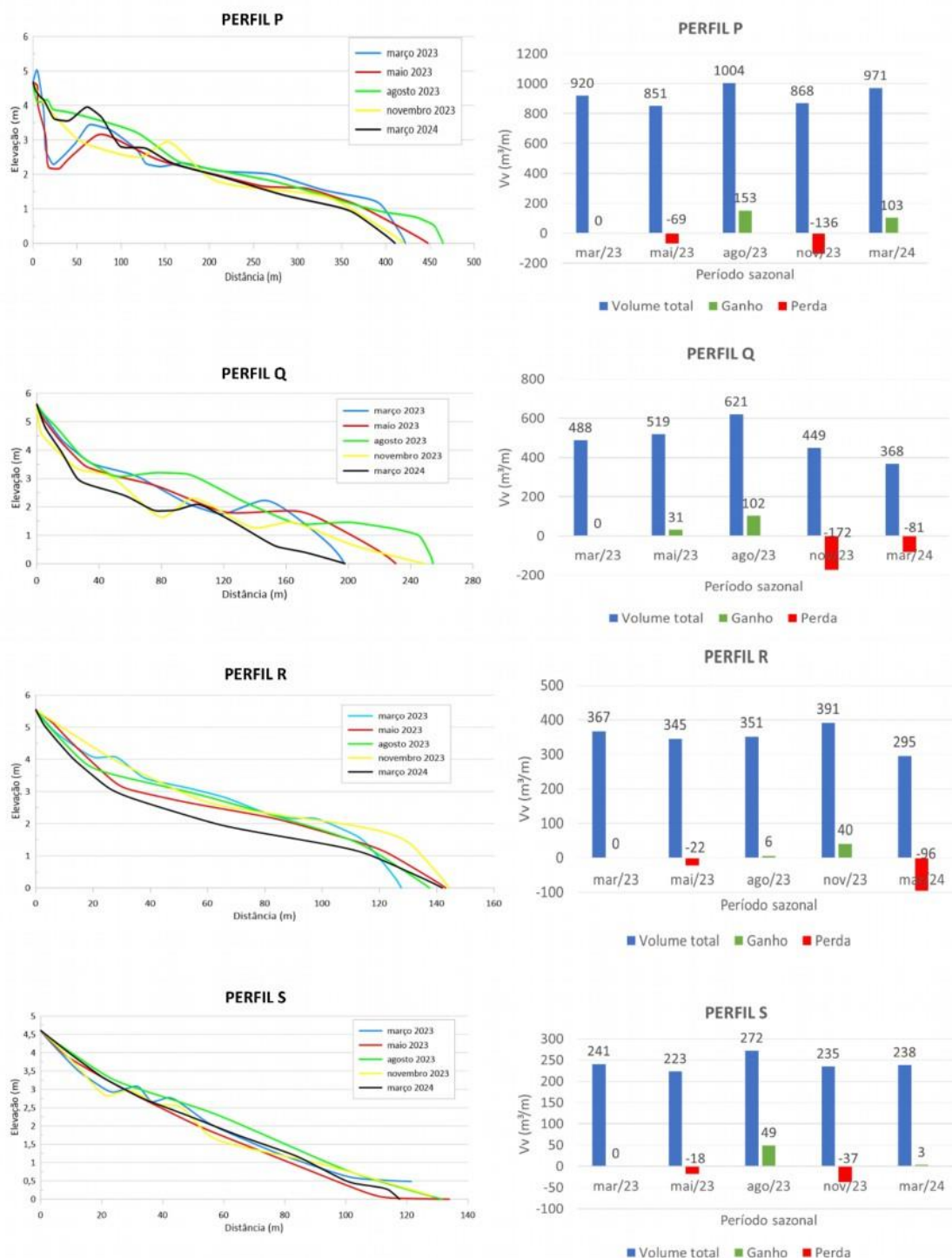


Figura 14. Volume sedimentar nos perfis da Praia de Curuanã. Extraídos de Rodrigues et al. (2025, no prelo).

#### 4.4. Validação geomorfológica com produtos cartográficos

Mediante ao cenário disposto, a aerofotogrametria por drone exerceu um bom papel, porém com algumas falhas em algumas imagens obtidas devido ao mal tempo no ambiente, o que proporcionou nas imagens leves distorções.

A análise de nuvens de pontos densas (Figura 15B e 16B) mostrou-se muito precisa na

variação de elevação de terreno (praia e linha de costa adjacente). Os detalhes permitiram uma análise minuciosa das características do solo, onde foi possível destacar as áreas de elevações e declividades.

O maior gradiente topográfico ocorreu na praia de Curuanã e praia da Baleia e o menor gradiente topográfico foi observado na praia de Salazar e praia das Meninas. Essas diferenças no gradiente topográfico dar-se pela geomorfologia de planície à tabuleiro costeiro na região. França & Pimentel (2012), ressaltam ainda que essas diferenças ocorrem em resposta aos processos tectônicos (soerguimento, subsidência, e falhamento) e flutuações do nível do mar de caráter regional que a Ilha do Marajó experimentou em sua evolução geológica.

No ortomomosaico das fotografia aéreas (Figura 15D e 16D), pode-se visualizar a integração de todas as imagens capturadas pelo drone durante o levantamento, resultando em uma única fotografia georreferenciada, destacando a integridade de informações visuais detalhadas da área de estudo.

A aerofotogrametria com o drone permitiu a verificação da altimetria desde a linha de costa praial até a linha de maré baixa, além de detectar feições morfológicas. Ainda sim, é importante destacar que o drone não mostrou tanta eficiência na captura de algumas imagens, possivelmente pelo mal tempo ocorrido durante o imageamento da área, o que dificultou na qualidade das imagens capturadas e, no posterior alinhamento das mesmas durante o tratamento no Agisoft Metashape 2.0.0. Esses erros são inevitáveis, uma vez que o resultado final nos mostra apenas visões simplificadas da realidade.

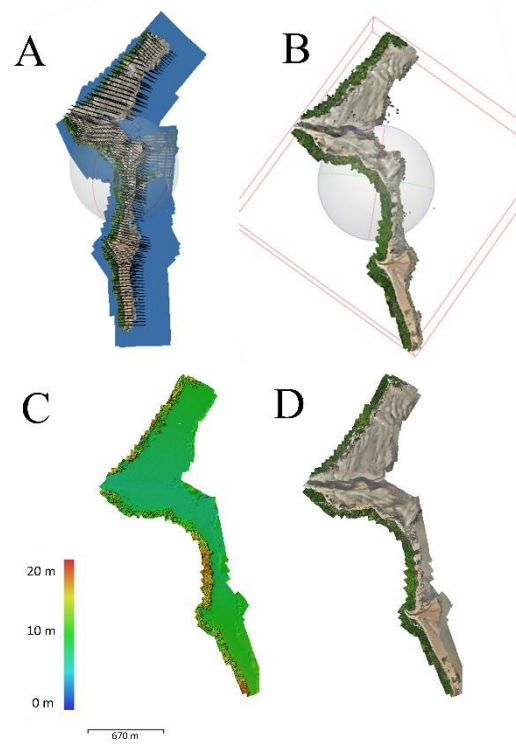


Figura 15. Esquema de construção das imagens de drone no período chuvoso (março de 2024) mediante ao Agisoft Metashape 2.0.0. (A) Alinhamento das imagens; (B) Geração da nuvem de pontos densa; (C) MDE (Modelo Digital de Elevação) e (D) Ortomosaico.

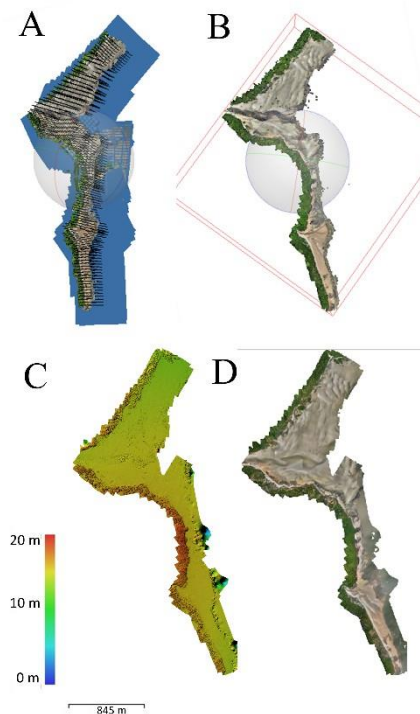


Figura 16. Esquema de construção das imagens de drone no período seco (novembro de 2023) mediante ao Agisoft Metashape 2.0.0. (A) Alinhamento das imagens; (B) Geração da nuvem de pontos densa; (C) MDE (Modelo Digital de Elevação) e (D) Ortomosaico.

## 5. Conclusão

Este artigo destacou a dinâmica sedimentar em praias estuarinas da Ilha do Marajó, identificando as variações morfológicas e granulométricas sazonais nelas. Notou-se predominância de areia finas em toda área de estudo, com algumas ocorrências de areia média, principalmente na porção superior praias, onde detritos orgânicos de vegetação, e mesmo arbustos presentes na linha de costa, aprisionam os sedimentos mais grossos.

Houve mais perda de sedimentos nos meses chuvosos (março e maio), reforçando a tendência erosiva dessa estação do ano na zona costeira amazônica.

A morfologia das praias, resultante da sedimentação, variou conforme a geologia da linha de costa. Praias limitadas por manguezais e outras vegetações tiveram menores variações topográficas na face praial, enquanto praias bordejadas por falésias apresentaram gradientes topográficos maiores, assim como um relevo do terreno mais alto na interface praia-continente (área central tendo a maior altitude, coincidindo com o planalto costeiro).

As praias do litoral de Jubim tiveram uma resposta morfodinâmica condicionada ao domínio de marés (praias em transição para planície de maré), onde as ondas geradas por ventos locais foram pouco expressivas na mobilidade sedimentar.

Os resultados desta pesquisa são importantes na compreensão da dinâmica sedimentar de praias dominadas por marés, trazendo informações científicas importante tanto para o monitoramento das praias estuarinas da costa leste da Ilha do Marajó, como demais praias equatoriais governadas pela pluviosidade e, conseqüente regime fluvial.

## Referências

- BENSI, M.; MARINHO, R.A.; MAIA, L.P. 2005 Clima de ondas e sua implicação com a erosão costeira ao longo do Estado do Ceará. Congresso di Ingegneria di Pesca, Fortaleza, Ceará, Brasil, Ottobre, 2005. Fortaleza, CONBEP, 802-815p
- BIRKMEIER, W.A. 1981. Fast accurate two-person beach survey. Coastal Engineering Technical Aid 81-11. U.S. Army Engineers Waterways Experiment Station. Vickburg, Mississippi, Coastal Engineering Research Center, Vickburg, 22p.
- CASSELLA, E.; DRECHSEL, J.; CRISTAO, I.; BENNINGHOFF, M.; ROVERE, A. 2020. Accuracy of sand beach topography surveying by drones and photogrammetry. *Geo-Mar*, n.40, .255-268, p. DOI : <https://doi.org/10.1007/s00367-020-00638-8>.
- CONCEJO, A.V.; GALLOP, S.L.; LARGIER, J.L. 2020. Sandy beaches in estuaries and bays.

- Sandy Beach Morphodynamics, Elsevier, n.15, 3343-362p. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-102927-5.00015-1>.
- EDWARDS, A.C. 2001. Grain Size and Sorting in Modern Beach Sands. *Journal of Coastal Research*, v.17, n.1, 38 – 52p.
- 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>
- ERIKSON, L., O'NEILL, A.; BARNARD, P.; VITOUSEK, S.; LIMBER, P. 2017. Climate change-driven cliff and beach evolution at decadal to centennial time scales. *Coastal Dynamics*, n.210, 125-136p.
- FOLK, R.L.; WARD, W.C. 1957 Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 365. <https://doi.org/10.1306/74D70646-2B21-11D7-8648000102C1865D>
- FONZAR, B.C. A. 1994. circulação atmosférica na América do Sul, os grandes sistemas planetários e subsistemas regionais que atingem o continente: localização e trajetória. *Caderno de Geociências*, 11-33p.
- FRANÇA, C. 2003. Morfologia e Mudanças Costeiras Da Margem Leste Da Ilha De Marajó (PA). Tese de Doutorado. Programa de pós-graduação em Geologia e Geoquímica, CG, Universidade Federal do Pará, 1-161p.
- FRANÇA, C. 2010. Geomorfologia e paisagem: contribuições à classificação de unidades de paisagem da região oriental da ilha do Marajó, norte do Brasil. Universidade de Coimbra, 1-10p.
- FRANÇA, C.F & PIMENTEL, M.A.S. 2012. Diversidade paisagística das margens oeste e leste da baía de Marajó, Pará, norte do 373 Brasil. *Revista Geonorte*, v. 3, n. 4, p. 900-910p.
- GÓMEZ-PUJOL & L. ORFILA, A. 2020. Reflective–dissipative continuum. *Sandy Beach Morphodynamics*, Elsevier, n. 18, 421-437p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102927-5.00018-7>.
- HOLANDA, T.F.; GONÇALVES, R.M.; LINO, A.P; PEREIRA, P.S.; SOUSA, P.H.G.O. 2020. Classificação das variações morfodinâmicas e processos costeiros, praia do Paiva, PE, Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 21, n. 2, 235-251p. <https://doi.org/10.20502/rbg.v21i2.1796>
- 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*, v. 5, n. 1, 65–80p. <https://doi.org/10.14295/holos.v5i1.331>
- MASSELINK, G & SHORT, A.D. 1993. The Effect of Tide Range on Beach Morphodynamics and Morphology: A Conceptual Beach Model. *Journal of Coastal Research*, v. 9, 785– 800p.

- MCLACHLAN, A.; DORVLO, A. 2005. Global Patterns in Sandy Beach Macrobenthic Communities. *Journal of Coastal Research*, v.4, n. 21, 674–687p. <https://doi.org/10.2112/03-0114.1>
- MELO, S. C. de, FILHO, J. C. de A., & CARVALHO, R. M. C. M. de O. 2020. Curvas-chave de descargas de sedimentos em suspensão no Baixo São Francisco. *Revista Brasileira De Geografia Física*, v. 13, n. 3, 1248–1262. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.3.p1248-1262>
- MIRANDA M.C.C. 2010. Sedimentologia, isópotos estáveis e palinologia de depósitos quaternário no leste da Ilha do Marajó, Estado do Pará. PhD Theses, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 214p.
- MOLONEY, J.G.; HILTON, M.J.; SIRGUEY, P.; SIMONS-SMITH, T. 2018. Coastal Dune Surveying Using a Low-Cost Remotely Piloted Aerial System (RPAS). *J. of Coastal Research*, v. 345, n.5, 1244–1255p. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-17-00076.1>
- MONICO, J. F. G. 2008. Posicionamento pelo GNSS: Descrição, Fundamentos e Aplicações. 2ª ed. São Paulo: EditoraUNESP.
- MUEHE, D. 2019. Pós-praia não deve ser traduzido como backshore – uma revisão da terminologia brasileira do sistema praia – antepraia. *Quaternary and Environmental Geosciences*, v. 10, n. 1, 40-43p. <https://doi.org/10.5380/abequa.v10i1.69217>
- MUEHE, D. 2022. Gestão e mudanças climáticas globais. BRIANA, B; TURRA, A; POLETTE, M. Gestão de praias do conceito à prática. CDD (20. ed). São Paulo, 259-283p.
- OLIVEIRA FILHO, S. R. & FERNANDEZ, G. B. 2021. Coastal MD: programa de cálculo de parâmetros adimensionais para classificação morfodinâmica de praias arenosas. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 22, n. 3, 717-729p. <https://doi.org/10.20502/rbg.v22i3.1971>.
- 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.v14.5.2916p.2930>
- RANIERI L.A. & EL-ROBRINI M. 2015. Evolução da linha de costa de Salinópolis, Nordeste do Pará, Brasil. *Pesquisas em Geociências*, v. 42, n. 3, 207-226p.
- 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*, v. 13, n. 5, 2086-2102p. <https://doi.org/41010.26848/rbgf.v13.5.p2086-2102>
- RIBEIRO, S.R., & VALADÃO, R.C. 2021. Efeitos marinho e fluvial na dinâmica dos ambientes inundáveis do Estuário Superior do Rio Pará, Norte do Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 22, n. 4, 892p. <https://doi.org/10.20502/rbg.v22i4.2017>
- RODRIGUES, H. C. T. 2020. Análise da vulnerabilidade ambiental do município de Barcarena/PA. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 1, 1598-1612p. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n1-110>.
- RODRIGUES, M.S, FIGUEIREDO, F.S, RANIERI, L.A. 2025. Morfodinâmica de praia em

ambiente fluviomarinho amazônico (Jubim, Ilha do Marajó, Brasil). *Revista Brasileira de Geografia Física*. no prelo

- SANTOS, A. A.; RODRIGUES, D. D.; SANTOS, N. T.; GRIPP JUNIOR, J. 2016 Avaliação da acurácia posicional em dados espaciais utilizando técnicas de estatística espacial: proposta de método e exemplo utilizando a Norma Brasileira. *Boletim de Ciências Geodésicas*, v. 22, n. 4, 630-650p. <http://dx.doi.org/10.1590/SI982-21702016000400036>
- SHORT, A. D. 16. 2020. Continuum dominado por ondas, modificado por marés e dominado por marés. *Science Direct Elsevier*, 363-389p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102927-5.00016-3>
- SHORT, A. D., KLEIN, A. H. F. 2016. Brazilian Beach Systems. *Coastal Research Library*, v. 17, 1-74p. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-30394-9>
- SIMÕES, R. S. 2018. Mobilidade do limite praia duna no balneário Mostardense – RS: monitoramento por drone. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- 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 FILHO P.W.M., TOZZI H.A.M., EL-ROBRINI M. 2003. Geomorphology, land-use and environmental hazards in Ajuruteua macrotidal sand beach, Northern Brazil. *Journal of Coastal Research*. 35:580-589p. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-20-00164.1>
- 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>
- TAAOUATI, M.; NACHITE, D.; BENAVENTE, J.; EL M'RINI, A. 2011. Seasonal changes and morphodynamic behavior of a 437high-energy mesotidal beach: Case study of Charf el Akab beach on the North Atlantic coast of Morocco. *Environmental Earth Sciences*, v. 64, n. 5, p. 1225-1236p. <https://doi.org/10.1007/s12665-011-0937-8>
- TAIT, J.; ORLOWSKI, R.; BREWER, J., E MILLER, M. 2018. Coastal sediment management as a response to intensifying storms and sea level rise. .Em:Heidkamp, PC e Morrissey, J. (eds.), *Towards Coastal Resilience and Sustainability*, Londres: Routledge, 205–212p.
- TAVARES, A. L. et al. 2021. Climate indicators for a watershed in the eastern amazon. *Revista Brasileira De Climatologia*, 23p. <https://doi.org/10.5380/abclima.v23i0.61160>
- TURNER, I. L., HARLEY, M. D., DRUMMOND, C. D. 2016. UAVs for coastal surveying. *Coastal Engineering*, 114 19–24p. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2016.03.011>.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação avaliou a morfodinâmica de praias estuarinas da Vila de Jubim e áreas adjacentes, na margem leste da Ilha do Marajó, tendo como análises principais a variação da topografia praial, a análise granulométrica dos sedimentos e o mapeamento da distribuição sedimentar em quatro praias dominadas por marés: Salazar, Meninas, Baleia e Curuanã. Cada qual com características geomorfológicas distintas, mas no geral, com estado morfodinâmico praial dissipativo, transitando para ambiente de planície de maré.

A praia do Salazar faz interface com a zona de manguezal da região, na fronteira da Vila de Jubim com a Vila Passagem Grande. A praia das Meninas está sob maior influência do principal canal da região, o canal do Jubim, também chamado de igarapé do Limão, com formações de cristas arenosas na foz que alimentam os depósitos sedimentares praial. Ambas as praias apresentaram os sedimentos mais finos. A praia da Baleia e praia do Curuanã apresentaram sedimentos de granulometria um pouco maior, especialmente na primeira, cujas areias médias são justificadas pela existência de extensas plataformas de abrasão que bordejam as falésias da praia da Baleia. Já a praia do Curuanã está numa região onde o relevo de tabuleiro costeiro decresce para a planície costeira da região novamente, sendo limitada por vegetação rasteira e arbustiva na linha de costa, e com face praial apresentando maior ocorrência de crista e calhas, tal como nas praias de Salazar e das Meninas.

A hipótese desta pesquisa de dissertação foi de que a erosão costeira ocorresse de modo sazonal, acontecendo durante o período chuvoso, de cheia dos rios e maior avanço das marés, sendo o volume sedimentar praial reestabelecido durante o período seco, quando a sedimentação sobre a face praial é acrescida, devido a menor vazão fluvial na baía estuarina do Marajó e, o melhor retrabalhamento dos sedimentos por ondas oriundas de ventos mais intensos.

Esta hipótese foi confirmada, pois observou-se balanço sedimentar negativo nas praias, principalmente durante a estação chuvosa. E que o balanço sedimentar final foi no geral equilibrado de uma estação chuvosa a outra (2023 a 2024), indicando que mesmo havendo erosão predominante durante o período chuvoso, as praias foram restabelecidas de quantidades favoráveis de sedimentos durante o período seco. Os menores volumes de ganho sedimentar neste período foram na praia do Curuanã.

Esta pesquisa veio somar aos trabalhos realizados na costa Norte do Brasil sobre a morfodinâmica de praias, trazendo informações importante da geomorfologia variada da margem leste da Ilha do Marajó tanto e a dinâmica sedimentar praial nessa área estuarina

dominada pelas marés e chuvas da região amazônica. Por fim, sugere-se para trabalhos futuros a utilização de dados hidrodinâmicos com medições mais robustas tanto espacialmente quanto temporalmente, que resultarão em resultados mais completos da morfodinâmica de praia e/ou a dinâmica costeira local.

## REFERÊNCIAS

- Braga R. C. & Pimentel M. A. S. 2019. Índice de vulnerabilidade diante da variação do nível do mar na Amazônia: estudo de caso no município de Salinópolis-Pará (Index of vulnerability faced with the variation of the sea level in the Amazon: case study in the municipality of salinópolis-Pará). *Revista Brasileira de Geografia Física*, **12**(2): 534-561.
- Castro J. W. C., Fernandes D., Gouvea Junior W. C., Miranda F. M. P. S., Miguel L. L. A. J. Comments on Palanisamy. 2024 “Spatio-temporal analysis of shoreline changes and future forecast using remote sensing, GIS and Kalman filter model: a case study of Rio de Janeiro, Brazil”. *Journal of South American Earth Sciences*, **137**: e104844.
- El-Robrini M., Alves M.A.M.S., Souza Filho P.W.M., El-Robrini M.H.S., Silva Junior O.G., & França C.F. 2006. Atlas de Erosão e Progradação da zona costeira do Estado do Pará - Região Amazônica: Áreas oceânica e estuarina. In: D. Muehe (ed.) *Atlas de Erosão e Progradação da Zona Costeira Brasileira*. São Paulo, p.: 1-34. Costeira Brasileira. São Paulo, p. 1-34.
- Fernandes D. & Castro J. W. A. 2020. Transporte de Sedimentos Induzido por Ondas no Segmento Norte da Enseada da Baía Formosa, Rio das Ostras, Estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, **21**, (4), 783-795. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v21i4.1900>.
- Gouvea Junior W. C., Fernandes D., Castro J. W. A. 2022. Análise das variáveis físicas e dinâmicas do índice de vulnerabilidade costeira (IVC) na Enseada da Baía Formosa, região dos Lagos Fluminenses, Estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, **23** (4): 1812-1833. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v23i4.2144>.
- Lins-de-Barros F. M. & Milanés C. 2020. Os limites espaciais da zona costeira para fins de gestão a partir de uma perspectiva integrada. *Gestão Ambiental e sustentabilidade em áreas costeiras e marinhas: conceitos e práticas*, 1, 22-50.
- Luijendijk A., Hagenaars G., Ranasinghe R., Baart F., Donchyts G., Aarninkhof S. 2018. The state of the world's beaches. *Sci Rep* **8**, (6641). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24630-6>.
- Muehe D & Nicolodi J. L. 2008. Geomorfologia. In: Zamboni Ademilson & Nicolodi João Luiz (org.). *Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil*. Brasília, DF, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. p.23-41.
- Oliveira Filho S. R. & Fernandez G. B. 2021. Coastal MD: programa de cálculo de parâmetros adimensionais para classificação morfodinâmica de praias arenosas. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, **22** (3):717-729. <https://doi.org/10.20502/rbg.v22i3.1971>.
- Oliveira Filho S. R., Reis F. B., Fernandez G. B., Santos C. S., Lima L. S., Fonseca E. M. 2021. Morfodinâmica de praias estuarinas de baixa energia durante dragagem de aprofundamento do canal da Galheta, Paranaguá – PR. *Revista Brasileira de Geografia Física*, **14** (4): 1924-1940. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.4.p1924-1940>.

Prestes Y.O., Costa B.T.A.da, Silva A.C.da, Rollnic M. A. 2020. Discharge stationary model for the Pará-Amazon estuarine system. *J. Hydrol Reg Stud.* <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100668>.

Ranieri L.A & El-Robrini M. 2012. Comportamento morfodinâmico sazonal da Praia da Romana, Ilha dos Guarás (Nordeste do Pará), como indicativo do transporte litorâneo da área. *Pesquisas em Geociências*, **39**(3): 231-246.

Serrão P. F. 2019. *Formação e manutenção de correntes de retorno: influência da morfologia e ondas incidentes*. MS Dissertation, Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Oceanografia Geológica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 93p. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/21/21136/tde-17052019105634/publico/Dissertacao\\_Serrao\\_Pedro\\_Original.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/21/21136/tde-17052019105634/publico/Dissertacao_Serrao_Pedro_Original.pdf). Acesso em: 22 mar. 2025.

Souza E.M.S. & Andrade M.N. 2024. Dinâmica da linha de costa na Zona Costeira Amazônica: estudo de caso na ilha de Atalaia (Salinópolis, PA). *Revista Brasileira de Geografia Física*. **17** (4): 1-2. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v17.4.p2911-2929>.

## ANEXO A – COMPROVANTE DE ACEITE DO MANUSCRITO À REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA FÍSICA

26/05/25, 16:49

Gmail - [RBGF] Decisão do Editor



Mayara Rodrigues &lt;may.rdg1@gmail.com&gt;

---

### [RBGF] Decisão do Editor

1 mensagem

---

**Dra. Josiclêda Domiciano Galvêncio via Portal de Periódicos UFPE**

30 de março de 2025 às

&lt;conexao.revistas@ufpe.br&gt;

16:05

Responder a: "Dra. Josiclêda Domiciano Galvêncio" &lt;jhrs@ufpe.br&gt;

Para: MAYARA DE SOUZA RODRIGUES &lt;may.rdg1@gmail.com&gt;, FABRÍCIO DE SOUSA FIGUEIREDO

&lt;fabricio.figueiredo2201@gmail.com&gt;, LEILANHE ALMEIDA RANIERI &lt;leilanhe.ranieri@gmail.com&gt;

MAYARA DE SOUZA RODRIGUES, FABRÍCIO DE SOUSA FIGUEIREDO, LEILANHE ALMEIDA RANIERI:

A edição de texto da sua submissão, "Morfodinâmica de praia em ambiente fluvio-marinho amazônico (Jubim, Ilha do Marajó, Brasil)," está completa. Agora ela está sendo enviada para editoração.

URL da submissão: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/authorDashboard/submission/265375>

Profa. Dra. Josiclêda Domiciano Galvêncio

Josiclêda Domiciano Galvêncio Editora Chefe da Revista Brasileira de Geografia Física - RBGF Editor-in-Chief of Revista Brasileira de Geografia Física - RBGF <http://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

## ANEXO B – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO À QUATERNARY AND ENVIRONMENTAL GEOSCIENCES

26/05/25, 16:51

Gmail - [QEG] Agradecimento pela submissão



Mayara Rodrigues &lt;may.rdg1@gmail.com&gt;

---

### [QEG] Agradecimento pela submissão

1 mensagem

---

**Carlos Conforti Ferreira Guedes via Biblioteca Digital de Periódicos da Universidade Federal do Paraná** <revistas\_ojs@ufpr.br>  
Responder a: Carlos Conforti Ferreira Guedes <carlos.guedes@ufpr.br>  
Para: Mayara Rodrigues <may.rdg1@gmail.com>

25 de março de 2025  
às 19:08

Mayara Rodrigues:

Obrigado por submeter o manuscrito, "Dinâmica Sedimentar de Praias Estuarinas na Ilha do Marajó (Brasil)" ao periódico Quaternary and Environmental Geosciences. Com o sistema de gerenciamento de periódicos on-line que estamos usando, você poderá acompanhar seu progresso através do processo editorial efetuando login no site do periódico:

URL da Submissão: <https://revistas.ufpr.br/abequa/authorDashboard/submission/99022>  
Usuário: mayrodrigues1

Se você tiver alguma dúvida, entre em contato conosco. Agradecemos por considerar este periódico para publicar o seu trabalho.

Carlos Conforti Ferreira Guedes

---

Quaternary and  
Environmental Geosciences <https://revistas.ufpr.br/abequa>