



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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº

**MORFODINÂMICA DA PRAIA DO CARIPI
(BARCARENA/PARÁ - AMAZÔNIA ORIENTAL)
ATRAVÉS DO EXPERIMENTO DA
AEROFOTOGRAMETRIA COM DRONE**

Dissertação apresentada por:

ALINE DE CASTRO VITELLI

Orientador: Prof.Dr. Maamar El-Robrini (UFPA)

**BELÉM - PARÁ
2023**



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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº

**MORFODINÂMICA DA PRAIA DO CARIPI
(BARCARENA/PARÁ - AMAZÔNIA ORIENTAL)
ATRAVÉS DO EXPERIMENTO DA
AEROFOTOGRAMETRIA COM DRONE**

Dissertação apresentada por:

ALINE DE CASTRO VITELLI

Orientador: Prof.Dr. Maamar El-Robrini (UFPA)

**BELÉM - PARÁ
2023**

**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)**

V841m Vitelli, Aline de Castro.
Morfodinâmica da praia do Caripi (Barcarena/Pará - Amazônia Oriental) através do experimento da aerofotogrametria com drone / Aline de Castro Vitelli. — 2023.
xix,133 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Maamar El - Robrini
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em
Oceanografia, Belém, 2023.

1. Monitoramento com drone. 2. Morfodinâmica costeira.
3. Erosão e acreção. 4. Trânsito sedimentar. 5. Orlas costeiras.
I. Título.

CDD 551.457098115



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

**MORFODINÂMICA DA PRAIA DO CARIPI
(BARCARENA/PARÁ - AMAZÔNIA ORIENTAL) ATRAVÉS
DO EXPERIMENTO DA AEROFOTOGRAMETRIA COM
DRONE**

Dissertação apresentada por

ALINE DE CASTRO VITELLI

**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Oceanografia na área de
CIÊNCIAS AMBIENTAIS e Linha de Pesquisa em Regiões Costeiras: Pará.**

Data de Aprovação: 22/08/2023

Banca Examinadora:

(Assinado digitalmente em 10/10/2023 10:44)

MAAMAR EL ROBRINI

PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR IG (11.39)

Matrícula: ###279#3

Prof.Dr. Maamar El-Robrini
(Orientador - UFPA)

(Assinado digitalmente em 10/10/2023 12:33)

LEILANHE ALMEIDA RANIERI

PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR IG (11.39)

Matrícula: ###123#4

Prof.Dr. Leilanne Almeida Ranieri
(Membro - UFPA)

Documento assinado digitalmente

gov.br

JULIANA DE SA GUERREIRO

Data: 24/09/2023 11:50:03-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.Dr. Juliana de Sá Guerreiro
(Membro – UFPA)

Documento assinado digitalmente

gov.br

JORGE HAMILTON SOUZA DOS SANTOS

Data: 15/09/2023 12:37:07-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.Dr. Jorge Hamilton Souza dos Santos
(Membro – UFMA)

A Deus, minha família, amigos, e educadores, pela confiança, incentivo e apoio durante essa jornada. Muito Obrigada!

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a DEUS, por me permitir vivenciar mais uma conquista acadêmica, hoje na Universidade Federal do Pará, junto ao curso que me fez despertar os mais lindos sentimentos quando se fala em Amazônia azul.

A Universidade Federal do Pará - UFPA e ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, por me permitir ter um acesso ao ensino superior público gratuito e de qualidade, composto por docentes exemplares. Meus agradecimentos à FAPESPA (Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas) pelo incentivo financeiro, que muito contribuiu para a minha jornada acadêmica, profissional e principalmente no andamento da pesquisa, o mesmo foi fundamental na obtenção dos dados utilizados nesta pesquisa.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Maamar El-Robrini, pela amizade, carinho, paciência e incentivo no decorrer dessa caminhada, que se fez presente a me ajudar, me fornecendo ferramentas necessárias para as atividades em campo. Grata por poder trabalhar com essa referência de mestre e doutor que colaborou significativamente com o meu aprendizado, vivência e bem-estar. Serei eternamente grata e esta vitória também é sua!

Ao Laboratório de Geologia Oceânica - LAGEOC e ao Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros - GEMC, pelo suporte às minhas atividades acadêmicas em laboratório; em especial a técnica responsável Msc. Izanete Melo. Ao Professor Cristiano Mendes e ao querido motorista Nascimento, no qual tenho muito carinho. Ao Prof. Dr. Leilane Ranieri que tanto me ajudou sempre que precisei. Ao Prof. Dr. Nuno Filipe Melo, pela supervisão no estágio docente, pelo incentivo e expansão de conhecimentos. Ao Prof. Msc. Allyson Castro e Bruna Casseb, juntos à empresa Fly Mapping Escola de Drones pelas ferramentas utilizadas neste trabalho, por todo carinho, apoio e incentivo.

Quero agradecer em especial aos meus pais Maria de Castro Barbosa e Cláudio Roberto Seabra Vitelli e aos meus irmãos Ailany de Castro Vitelli e Cláudio Júnior de Castro Vitelli, por se fazerem sempre presentes e por desistirem de mim. É tudo por vocês e para vocês! Em especial: Dyene Vitelli e Giovana Vitelli e Bruna Gonçalves. Meu agradecimento, ao meu companheiro e amigo, Leandro Santos, pelo incentivo e apoio diário.

Para finalizar, agradeço as grandes amizades que conquistei durante essa jornada, meus agradecimentos: Minha grande amiga Karoena Machado, Lygia Nassar, Robert Willian Farias, Rhuan Rodrigo da Silva, Augusto Mendes, Ingrid Karina e Victor Silva, vocês foram fundamentais. As minhas amigas que fazem parte da minha vida: Alessandra de Souza, Carla Linhares, Joice Machado, Layse Nascimento e Camila Braga, vocês são essenciais.

RESUMO

As praias estuarinas são dinâmicas e sensíveis às forçantes naturais (ventos, sazonalidade, ondas, correntes e marés) ou antrópicas (habitação, lazer, atividades portuárias). Atuam como faixas protetoras a impactos das ondas e marés, estando sujeitas a riscos erosivos e variabilidade morfológica. A praia estuarina do Caripi, está localizada na zona costeira paraense - setor continental estuarino, com 1,20 km de extensão e 100 m de largura, sob marés semidiurnas e ondas baixas < 1m com fluxos bidirecionais. O objetivo deste trabalho é avaliar a técnica de fotogrametria aérea através de drone (VANT - Veículo Aéreo Não Tripulado), sob o auxílio do GNSS-RTK e do equipamento PPK para investigar a análise morfodinâmica da praia do Caripi, durante um período sazonal (Chuvoso e Seco/2022) sob influência do evento climático-oceânico *La Niña*. A metodologia desta pesquisa consiste na aquisição de: (1) Imagens aéreas com drone para extração de perfis topográficos de praia; (2) coleta de sedimentos superficiais recentes (*supra, inter e inframaré*); (3) coleta de sedimentos provenientes de correntes costeiras pelo método de *Traps* Portáteis de Kraus (1987) na zona de *surf* e (4) medições de altura de ondas e ventos. Os resultados mostram que os perfis de praia apresentam menores extensões no final do período chuvoso (132 m) do que no final do período seco (142 m), sendo o setor leste mais extenso. O balanço sedimentar foi positivo do chuvoso para o seco em ambos os setores, entretanto com maior volume no setor leste (806 m³/m). Os estágios/estados morfodinâmicos de praia foram refletivo/reflectivo, intermediário e dissipativo durante o chuvoso e intermediário e dissipativo durante o seco, com declividades (β) que variam 3,2° a 1,4°. A composição de sedimentos arenosos foi predominantemente de granulometria fina (2,40 ϕ) com 85 % no chuvoso e 56 % no seco, tanto na faixa de areia exposta quanto na zona de *surf*, com morfometria angulosa a sub-angulosa, sob influência de hidrodinâmica muito alta (efeito das marés) de acordo com o diagrama de Pejrup (1988). Foi possível mensurar que os resultados se mostraram satisfatórios e que foi válida a qualidade dos produtos através da aerofotogrametria de acordo com a PEC-PCD (Padrão de Exatidão Cartográfica) e destacar a importância do monitoramento periódico da morfologia da praia, especialmente devido à recente construção (2017/2018) de um muro de contenção na praia, pois nota-se que o avanço sedimentar para o pós praia é um indicativo de baixa durabilidade da obra frente a hidrodinâmica e morfodinâmica local.

Palavras-chave: monitoramento com drone; morfodinâmica costeira; erosão e acreção; trânsito sedimentar; orlas costeiras.

ABSTRACT

Estuarine beaches are dynamic and sensitive to natural forcing (winds, seasonality, waves, currents and tides) or anthropogenic (housing, leisure, port activities). They act as protective strips against the impacts of waves and tides, being subject to erosive risks and morphological variability. The Caripi estuarine beach is located in the coastal zone of Pará - estuarine continental sector, 1.20 km long and 100 m wide, under semidiurnal tides and low waves < 1m with bidirectional flows. The objective of this work is to evaluate the aerial photogrammetry technique using a drone (UAV - Unmanned Aerial Vehicle), with the aid of GNSS-RTK and PPK equipment to investigate the morphodynamic analysis of Caripi beach, during a seasonal period (Rainy and Dry/2022) under the influence of the La Niña oceanic climate event. The methodology of this research consists of the acquisition of: (1) Aerial images with a drone to extract beach topographic profiles; (2) collection of recent surface sediments (supra, inter and subtidal); (3) collection of sediments from coastal currents using the Portable Traps method of Kraus (1987) in the surf zone and (4) measurements of wave height and winds. The results show that the beach profiles have smaller extensions at the end of the rainy season (132 m) than at the end of the dry season (142 m), with the eastern sector being more extensive. The sediment balance was positive from rainy to dry in both sectors, however with greater volume in the eastern sector (806 m³/m). The beach morphodynamic stages/states were reflective/reflective, intermediate and dissipative during the rainy season and intermediate and dissipative during the dry season, with slopes (β) varying from 3.2° to 1.4°. The composition of sandy sediments was predominantly fine grained (2.40 ϕ) with 85% in the rainy season and 56% in the dry season, both in the exposed sand strip and in the surf zone, with angular to sub-angular morphometry, under the influence of hydrodynamics. very high (tidal effect) according to the Pejrup diagram (1988). It was possible to measure that the results were satisfactory and that the quality of the products was valid through aerial photogrammetry in accordance with the PEC-PCD (Cartographic Accuracy Standard) and highlight the importance of periodic monitoring of the beach morphology, especially due to the recent construction (2017/2018) of a retaining wall on the beach, as it is noted that the sedimentary advance towards the post-beach is an indication of the low durability of the work in the face of local hydrodynamics and morphodynamics.

Keywords: drone monitoring; coastal morphodynamics; erosion and deposition; sedimentary transit; coastal rims.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Definição esquemática das respectivas subdivisões de um estuário.....	11
Figura 2 - Seção longitudinal de um estuário indicando a Zona de Maré de Rio (ZR), de Mistura (ZM) e Costeira (ZC) em que são apresentadas as variações de salinidade.....	11
Figura 3 - Compartimentos do Estuário do Rio Pará (Norte do Brasil). O diagrama superior fornece a visão geral desse estuário, enquanto os diagramas I, II e III relacionam zonas correspondentes ao Estuário Inferior do Rio Pará, Estuário Médio do Rio Pará e Estuário Superior do Rio Pará, respectivamente. Baías principais foram listadas e seus nomes emprestados ao estuário correspondente.....	13
Figura 4 - Ilustração das principais zonas do perfil praial, no ponto de vista morfológico e hidrodinâmico.....	15
Figura 5 - Zonação Morfológica da praia do Caripi nas três respectivas zonas: Supramaré, Intermaré e Inframaré; (a) Vista panorâmica do setor central; (b) Recorte transversal do perfil de praia durante o período seco (novembro 2022)	17
Figura 6 - Ondas capazes de criar dois tipos de processos: ondas construtivas (acrecção sedimentar) e ondas destrutivas (remoção sedimentar)	22
Figura 7 - Tipos de arrebentação de ondas com diagramas esquemáticos.....	24
Figura 8 - Modelo dos estados/estágios morfodinâmicos de praia modificados por Wright e Short (1984), com painéis à esquerda ilustrando a deposição sedimentar e os painéis a direita com sequência erosiva; as setas descrevem a magnitude e direção do transporte sedimentar sob influência de relativas de ondas e correntes.....	29
Figura 9 - Área de localização do município de Barcarena e área de estudo (praia do Caripi), com as principais vias de acesso e municípios adjacentes.....	32
Figura 10 - Localização do Terminal de Uso Privativo da Unitapajós à margem direita da praia do Caripi. À esquerda, a mesma está sob influência do Furo do Arrozal, que funciona como fundeadouro.....	33
Figura 11- Pier/trapiche de acesso à praia do Caripi; (a) Vista aérea (drone) e (b) vista lateral.....	34

Figura 12 - Dados de acumulados de precipitação anual do ano de 2022 (INMET 2023)	39
Figura 13 - Variação mensal da altura de maré; (a) Dados do período chuvoso (julho) e (b) Dados do período seco (novembro).....	41
Figura 14 - Muro de contenção costeira (gabião) (a) visualização lateral da estrutura; (b) visualização frontal.....	47
Figura 15 - Vista aérea da área de estudo e da setorização (Oeste, Central e Leste) utilizada para a execução das atividades em campo.....	50
Figura 16 - Atividades desenvolvidas na praia do Caripi (a) Delimitação da área e rota de voo realizado pelo Aplicativo Drone Deploy; (b) Aplicativo UAV Forecast para verificação de condições de voo; (c) Equipamento GNSS - RTK CHCNAV i50 ®, com base fixa e antena receptora; (d) drone DJI Phantom 4 pró advanced.....	51
Figura 17 - Cobertura da área sobrevoada pelo drone na praia do Caripi, extraído do relatório gerado pelo <i>software Agisoft Metashape</i> (a) aerofotogrametria do primeiro período (chuvoso-seco) ocorrido em julho e (b) segundo período (seco-chuvoso) ocorrido em novembro.....	53
Figura 18 - Imagens aéreas com os pontos de <i>check in</i> campo (a) base GNSS receptora de dados de coordenadas via satélite (b) ponto de verificação de EVA posicionado no banco longitudinal.....	55
Figura 19 - Sedimentos superficiais recentes extraídos na praia do Caripi; (a) Coleta de sedimentos; (b) Auxílio de uma pá; (c) Armazenamento e identificação das amostras de sedimentos recentes.....	57
Figura 20 - Obtenção do transporte de sedimentos na coluna de água (zona de surf); (a) Vista frontal da torre com <i>traps</i> portáteis de Kraus (1987); (b) Torre fixada na zona de <i>surf</i> ; (c) submersa pela lâmina de água.....	58
Figura 21 - Medições de altura de ondas e ventos locais; (a) régua topográfica para medição de altura de passagem de onda; (b) Anemômetro modelo AD-250 para as medições de velocidade dos ventos.....	59

Figura 22 - Primeira etapa do ajuste de fotos; Parte do relatório do processamento da base no IBGE-PPP.....	61
Figura 23 - Esquema de construção do DEM e Ortomosaico, mediante uso do <i>software Agisoft Metashape</i> versão 2.0.0. (a) Alinhamento das imagens e calibração das câmeras; (b) Geração de nuvens de pontos densa.....	62
Figura 24 - Esquema de construção do DEM e Ortomosaico, mediante uso do <i>software Agisoft Metashape</i> versão 2.0.0. (c) Geração do DEM e (d) Ortomosaico.....	63
Figura 25 - Esquema de construção do DEM e Ortomosaico, mediante uso do <i>software Agisoft Metashape</i> versão 2.0.0. (e) Obtenção de dados de perfil topográfico para correção de elevação (f) Plotagem do perfil topográfico no <i>software Grapher</i> 19.1.....	62
Figura 26 - Esquematização das etapas de tratamento das amostras de sedimentos em laboratório; (a) lavagem com água destilada para a remoção de sais; (b) decantação; (c) remoção de 80 % de água (d) secagem em estufa a 60 °C; (e) peneiramento; (f) pesagem das frações retidas em cada peneira.....	66
Figura 27 - Tratamento do peneiramento a úmido das amostras de sedimentos em laboratório; (a) deposição da amostra em peneira de 63 mm ;(b) lavagem com água destilada; (c) retenção da fração final de areia de até 63 mm.....	67
Figura 28 - Tratamento e análise das amostras após o peneiramento e pesagem das frações retidas em cada peneira. Célula do software Sysgran versão 4.0 (2022 – Lazarus 2.2 Windows e Linux)	68
Figura 29 - Classificação granulométrica Wentworth (1922)	69
Figura 30 - Morfoscopia das amostras sedimentar (zona de surf); (a) microscópio Medilux e placa de petri de fundo transparente;(b) Separação de 100 grãos de maior visibilidade para identificação (Power 1953)	70
Figura 31 - Escala de esfericidade dos sedimentos conforme adaptação da escala de Power (1953)	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Limites dos estágios morfodinâmicos do parâmetro ômega (Ω).....	28
Tabela 2 - Classificação dos estados morfodinâmicos de praias arenosas, segundo Sazaki (1980); modificado por Souza (1997)	31
Tabela 3 - Setorização da zona costeira paraense de acordo com a Política Estadual de Gerenciamento Costeiro (PEGC/PA), Lei nº 9.064, de 25 de maio de 2020, DOE nº 34234.....	43
Tabela 4 - Coordenadas em Sirgas 2000/UTM 22S (EPSG: 31982), referentes ao ponto de partida de cada setor/perfil na praia do Caripi.....	50
Tabela 5 - Padrão de exatidão cartográfica altimétrica dos pontos cotados e do MDE para a produção de produtos cartográficos digitais.....	65
Tabela 6 - Classificação dos parâmetros estatísticos dos tamanhos granulométricos estabelecidos por Folk & Ward (1957)	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARP - Aeronave Remotamente Pilotada

BCL - Banco e Calha Longitudinal

BPC - Banco e Praia de Cúspides

BT - Bancos Transversais

CDP - Companhia Docas do Pará

CHCNAV i50 - Antena receptora do GNSS

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

DECEA - Departamento de Controle do Espaço Aéreo

DEM - Modelo Digital de Elevação

DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação

ENE - Es-nordeste

EP - Erro Padrão

Eq - Equação

Eq'oam - Equatorial úmido Amazônico Oriental

ET-CQDG - Especificação Técnica para o Controle de Qualidade dos Produtos de Conjuntos de Dados Geoespaciais

GCPs - Ground Control Points - Pontos de Controle

GEMC - Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros

GI-GERCO - Grupo de Integração do Gerenciamento Costeiro

GNSS - *Global Navigation Satellite System*

GPS - *Global Positioning System*/ Sistema de Posicionamento Global

Hb -Altura de onda significativa

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBGE-PPP - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Posicionamento por Ponto Preciso.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

LIDAR - *Light Detection and Ranging/ Detecção por Alcance de Luz*

LMA - Linha de Maré Alta

LMB - Linha de Maré Baixa LAGEOC - Laboratório de Geologia Oceânica

MDS - Modelo Digital de Superfície

MPE - Ministério Público Estadual

MPF - Ministério Público Federal

MSR - Amplitude de maré

NE - Nordeste

NNE - Nor-Nordeste

NW – Noroeste ODS - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

ONU - Organização das Nações Unidas

PEC - Padrão de Exatidão Cartográfica

PEGC/PA - Política Estadual de Gerenciamento Costeiro/ Pará

PGIs - Planos de Gestão Integrada da Orla

PPK - *Post-Processing Kinematic/ Pós-Processamento Kinematic*

P1 - Ponto/Perfil 1

P2 - Ponto/Perfil 2

P3 - Ponto/Perfil 3

RTK - *Real Time Kinematic/ Posicionamento Cinemático*

RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos sistemas GNSS em tempo real

RTK - Real Time Kinematic

RTR - Parâmetro relativo a variação da maré

SARPAS - Solicitação de Acesso de Aeronaves Remotamente Pilotadas

SE – Sudeste

SEMAS - Secretaria do Estado Meio Ambiente e Sustentabilidade

Sirgas 2000/UTM 22S (EPSG: 31982) - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas/Fuso 22S.

SISANT - Sistema de Aeronaves não Tripuladas

SSW - Oés-Sudoeste

SW - Sudoeste

TBM - Terraço de Baixa Mar

Tp - Período de pico

TR - Amplitude da maré viva

UAS - *Unmanned Aerial System/ Sistema Aéreo Não Tripulado*

UFPA - Universidade Federal do Pará

Ws- Velocidade de decantação das partículas sedimentares

WSW - Sudoeste

ZC – Zona costeira

ZM – Zona de mistura

ZR – Zona de rio

LISTA DE SÍMBOLOS

β ($^{\circ}$) - declividade do perfil praial em graus

cm - centímetros

cm/pix - tamanho por pixels da imagem

(g) - grama

g/min/m² - gramas/tempo de operação/ metros quadrados

hab/km² - habitantes por quilômetros quadrado

Km - quilômetros

Km/h - quilômetros por hora

kg - quilograma

mm/ano - milímetros por ano

m - metros

m/s - metros por segundo

m³ s⁻¹ - metros cúbicos por segundo

mg. L⁻¹ - miligrama por litro

n^o - Número

pH - potencial hidrogeniônico/ parâmetro de acidez da água

s - segundos

< - menor que

> - maior que

% - valores em porcentagem

Ω - parâmetro ômega

φ - parâmetro Phi de análise granulométrica

$^{\circ}\text{C}$ - graus celsius

$^{\circ} \prime \prime$ - grau, minuto e segundo

ξ *Io* - inciso

V_v (m^3/m) - Volume sedimentar em metros cúbicos

Y_b - largura do perfil praial

ΔY_b (m) - variação da largura do perfil praial em metro

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	v
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	viii
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xii
LISTA DE SÍMBOLOS	xv
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVAS	5
1.2 QUESTIONAMENTOS	6
1.3 HIPÓTESES	6
2 OBJETIVOS	7
2.1 OBJETIVO GERAL	7
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	8
3.1 ESTUÁRIO	8
3.2 AMBIENTE PRAIAL	13
3.2.1 Praias estuarinas	13
3.2.2 Zonação e terminologia adotada aos perfis de praia	13
3.3 TRANSPORTE SEDIMENTAR	16
3.4 PROCESSOS FÍSICOS CONDICIONANTES DE PRAIAS	17
3.4.1 Processos meteorológicos	17
3.4.1.1 Ação dos ventos	17
3.4.1.2 Fatores climáticos e eventos extremos	19
3.4.2 Processos hidro-oceanográficos	19
3.4.2.1 Ondas	19
3.4.2.2 Marés	23

3.4.2.3 Correntes costeiras.....	24
3.5 MORFODINÂMICA DE PRAIAS ARENOSAS.....	25
3.5.1 Estados morfodinâmicos	25
4 ÁREA DE ESTUDO.....	29
4.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO A PRAIA DO CARIPI.....	29
4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE INVESTIGAÇÃO.....	31
4.2.1 Aspectos socioambientais	31
4.2.2 Aspectos socioeconômicos	31
4.2.3 Geologia	33
4.2.4 Geomorfologia.....	33
4.2.5 Tipos de solos	33
4.2.6 Cobertura vegetal	34
4.2.7 Hidrografia.....	34
4.2.8 Clima e parâmetros meteorológicos.....	34
4.2.9 Aspectos oceanográficos.....	36
4.3 OBRAS DE CONTENÇÃO COSTEIRA	38
4.4 APLICAÇÃO DE DRONES EM AMBIENTES COSTEIROS	43
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	44
5.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	44
5.2 AQUISIÇÃO DE DADOS	44
5.2.1 Preparação pré campo	44
5.2.2 Curso de capacitação: “Mapeamento e topografia com drone”	44
5.3 ATIVIDADES DE CAMPO	45
5.3.1 Levantamento aerofotográfico com drone e perfil praias.....	46
5.3.1.1 Construção do plano de voo	46
5.3.1.2 Normas e segurança de voo	48
5.3.1.3 Verificação das condições climáticas de voo (UAV Forecast)	48
5.3.1.4 Instalação da base (GNSS Geodésica).....	48
5.3.1.5 Determinação dos pontos de verificação	49

5.3.1.6 Equipamento (drone) utilizado	50
5.3.2 Coleta de sedimentos	50
5.3.2.1 Sedimentos superficiais recentes	50
5.3.2.2 Armadilhas de transporte de sedimentos na zona de surf.....	51
5.3.4 Levantamento de parâmetros ambientais complementares.....	52
5.3.4.1 Medições de ondas na praia do Caripi.....	53
5.3.4.2 Medições de ventos na praia do Caripi.....	53
5.3.4.3 Levantamento de índices de precipitação (INMET).....	54
5.4 PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS	54
5.4.1 Tratamento das imagens e extração dos perfis de praia.....	54
5.4.1.1 Ajuste de posicionamento das fotos	54
5.4.1.2 Processamento de imagens	55
5.4.1.3 Validação de qualidade das imagens	59
5.4.2 Análise granulométrica das amostras sedimentares	60
5.4.2.1 Sedimentos superficiais recentes	60
5.4.2.2 Sedimentos da coluna de água - zona de surf.....	61
5.4.2.3 Processamento e análise sedimentar.....	61
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
6.1 ARTIGO I - EXPERIMENTO DO DRONE NO ESTUDO DA MORFODINÂMICA DE UMA PRAIA ESTUARINA (CARIPI - BARCARENA/PARÁ - AMAZÔNIA ORIENTAL).....	65
6.2 ARTIGO II - MORFODINÂMICA E TRANSPORTE SEDIMENTAR SAZONAL DA PRAIA ESTUARINA DO CARIPI (BARCARENA/PARÁ - AMAZÔNIA ORIENTAL) ...	65
7 CONCLUSÕES.....	66
REFERÊNCIAS.....	69
APÊNDICE A - Artigo I.....	84
APÊNDICE B - Artigo II	106
ANEXO A.....	131
ANEXO B	132
ANEXO C.....	133

1 INTRODUÇÃO

As praias são compostas por acumulações de sedimentos (areia ou cascalho não consolidado) depositados por ondas e mobilizados por correntes, incluindo as de marés. O sedimento é geralmente areia, mas pode variar de areia fina a pedregulhos (Short 2020). De modo geral, as praias são um sistema natural variável caracterizadas como ambientes dominados por ondas ou por marés, e de praias sedimentares lineares de costa aberta a praias empoleiradas em costas rochosas (Gómez-Pujol & Orfila 2020).

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).

As praias 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, berma, escarpa erosiva, face de praia, calhas e bancos longitudinais (Oliveira Filho & Fernandez 2021).

As praias arenosas podem variar significativamente de seu estado inicial, dependendo da sazonalidade, vegetação, mudança das condições de ondas e marés, alterando a largura e extensão sendo susceptíveis à erosão, ao transporte e, por fim, à distribuição granulométrica (Erickson *et al.* 2017). Os eventos extremos de alta intensidade causam danos à costa e tem despertado o interesse sobre os impactos ocasionados em períodos de maior intensidade pluviométrica e hidrodinâmica e a recuperação destas áreas após esses eventos. As dimensões das praias possuem a capacidade de amortecer a hidrodinâmica de alta intensidade, em que praias mais largas e de maior declividade tendem a melhor proteger as estruturas e infraestruturas costeiras (Tait *et al.* 2018).

Os eventos de alta intensidade estão associados a influência de eventos meteorológico-oceanográficos que formam o El Niño e La Niña, que resultam em alterações no regime sazonal de precipitação na região amazônica com dois períodos bem definidos: "chuvoso" e "seco", onde os maiores índices são registrados no primeiro semestre (período chuvoso), os menores no segundo semestre (período seco). A passagem do chuvoso para o seco (junho - agosto) e do seco para o chuvoso (dezembro) (Mascarenhas 2019). Sendo junho e dezembro os meses de transição (Souza *et al.* 2017).

A região possui algumas das características particulares da costa amazônica brasileira (Amapá, Pará, Maranhão), como altas temperaturas e precipitação anual, baixa variação térmica anual e elevada altura de maré (Rodrigues 2020). A precipitação é um dos fatores meteorológicos que interferem no transporte de sedimentos em praias. As médias mensais de precipitação em Barcarena apresentam acumulados de 285 mm abaixo da média climatológica da mesoregião Metropolitana de Belém (Nordeste do Paraense) de 300 mm (Santos 2017).

Ainda, a precipitação e a temperatura média do ar podem ser influenciadas pelos sistemas meteorológicos de meso e grande escala como os eventos extremos de El Niño e La Niña na Amazônia (Tavares *et al.* 2021). Entre os efeitos mais comuns do La Niña na região Norte está o aumento da precipitação e da vazão dos rios, que iniciou em setembro de 2020 e persistiu até o primeiro trimestre de 2023 com intensidade moderada (INMET 2023).

As areias podem ser transportadas por ventos na forma de saltação, arrasto e suspensão ao longo da costa, dependendo do tamanho do grão, umidade, relevo e vegetação (Maureira 2019). Já no contexto da ação de correntes aquosas, tem-se o transporte longitudinal de sedimentos ocorre na zona de surf devido o encaminhamento dos sedimentos costeiros, paralelo à linha de costa, por correntes oriundas das ondas e marés (Ranieri & El-Robrini 2016). A incidência oblíqua das ondas ao longo da praia gera correntes que propiciam a movimentação das águas e dos materiais em suspensão, sendo um dos mecanismos de circulação responsáveis pela manutenção da estabilidade e equilíbrio de praias (Acunã 2017).

Além disso, a dinâmica das marés associada às variações de precipitação influencia na morfodinâmica das praias. Durante a estação seca, as praias tendem a migrar em direção à face praial e desenvolvem perfis típicos de acumulação sobre a praia (Ranieri & El-Robrini, 2020). Naturalmente, há uma tendência de equilíbrio dinâmico nos volumes de sedimentos transportados, considerando os períodos extremos de agitação marítima (período chuvoso na região) como responsáveis pelos sedimentos removidos (Matos *et al.* 2020).

Em outras palavras, o comportamento do perfil de praia está relacionado ao transporte sedimentar e as forças de condução hidrodinâmica, como ondas, correntes e marés que impulsionam a mudança morfológica, incluindo a formação, migração e decaimento da face praial, berma e barras arenosas (Castelle & Masselink 2022).

Diversos autores têm realizado pesquisas sobre dinâmica de praias estuarinas na região amazônica: Estudo da morfodinâmica sazonal e quantificação de transporte sedimentar costeiro nas praias de Fortalezinha e Princesa, Algodual/Maiandeuá (Nordeste do estado do Pará) (Silva 2015); Morfologia e sedimentação de uma praia estuarina amazônica (Marahú/PA) durante amplitudes de maré distintas (Ramos & Ranieri 2021); Estimates of suspended solid transport

in the Pará river estuary (Carneiro *et al.* 2020); Scaling properties of estuarine beaches (Dai *et al.* 2018); A utilização do Ground Penetrating Radar (GPR) na definição de penetração de cunha salina e no monitoramento do nível freático em praia estuarina amazônica (Correia *et al.* 2019).

O monitoramento de praias é primordial para sua manutenção e preservação e gestão. A supervisão contínua de praias, auxilia os profissionais responsáveis em tomadas de decisões e na compreensão dos fatores envolvidos na morfodinâmica (Silva, Galvão *et al.* 2018). Na última década, a fotogrametria baseada em UAS (*Unmanned Aerial System*) tornou-se uma ferramenta comum para levantamento topográfico em praias (Casella *et al.* 2020). Assim, os drones estão se tornando ferramentas de pesquisa padrão (Moloney *et al.* 2018).

O uso dos Drones, é uma técnica recente e inovadora no mercado do mapeamento costeiro, devido a praticidade e agilidade das atividades em campo, além de contribuírem para os mais diferentes tipos de estudos, tais como análises de desastres naturais, vulnerabilidade costeira, mapeamento da linha de costa, geração de perfis, entre outros (Turner *et al.* 2016). As principais técnicas utilizadas para o mapeamento costeiro são: aerofotogrametria - drones, imagens de satélites artificiais, LIDAR (*Light Detection and Ranging*) e posicionamento por GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*); cada uma destas técnicas apresenta uma respectiva precisão e acurácia (Simões 2018).

A metodologia com drones tem sido adotada em praias de outros países: Accuracy of topographic survey of sand beaches by drones an photogrammetry (Casella *et al.* 2020); Exploring the potential of RPAS using an RGB camera to understand short term variation on sandy beaches (Gonçalves *et al.* 2022); The geomorphic role of large wood in the coastal zone: mobilization threshold and beach morphology impacts in the North American (Braun *et al.* 2022); Geomorphic patterns and processes of beach and front dunes change along the coast of the Great Lakes: Insights from a study one-year drone mapping along Lake Michigan (Theuerkauf *et al.* 2021).

Pesquisas com a aplicação do drone em praias brasileiras têm sido empregados no monitoramento costeiro, como: Influência das barras transversais na variação da linha de costa em praia tropical de baixa energia (Simões 2018); Utilização de veículo aéreo não tripulado no monitoramento da dinâmica sedimentar de praias expostas (Gaya *et al.* 2019); Morfodinâmica e a infauna na desembocadura do rio Itaguapé (Oliveira 2020); Erosão de dunas sob ação de um evento extremo de alta energia de ondas na costa central e sul do Rio Grande do Sul, Brasil (Oliveira; Simões; Calliari *et al.* 2019); Uso de drone de pequeno porte para análise costeira: enfoque metodológico (Simões *et al.* 2019); Análise da dinâmica praial após a deposição de lama em 2014 na praia do Cassino (RS, Brasil) utilizando aeronave remotamente pilotada

(Oliveira; Simões; Porto *et al.* 2020); Influência das barras transversais na variação da linha de costa em praia tropical de baixa energia (Jesus *et al.* 2023).

Entretanto, na região amazônica, a maior parcela tem sido implementada no monitoramento de índices de vegetação como os manguezais, predominantes na zona costeira amazônica, como no caso: Morte e regeneração de uma floresta de manguezais amazônica por forças antrópicas e naturais (*Death and Regeneration of an Amazonian Mangrove Forest by Anthropic and Natural Forces*) (Cardenas *et al.* 2022).

Devido a sua notoriedade na área costeira é válido ressaltar o: Applications of Uncrewed Aerial Vehicles (UAV) Technology to Support Integrated Coastal Zone Management and the UN Sustainable Development Goals at the Coast (Aplicações da tecnologia de veículos aéreos não tripulados (UAV) para apoiar a gestão integrada da zona costeira e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU na costa) (Kandrot *et al.* 2022). Entretanto, não foi ainda constatado esse método (aerofotogrametria - drones) de pesquisa aplicado à morfodinâmica de praias estuarinas amazônicas.

O monitoramento da zona costeira em prol da sua conservação é uma iniciativa que prioriza a sua manutenção a longo prazo e o tema desta dissertação de mestrado está dentro do foco dos seguintes instrumentos e projetos que visam a gestão desses espaços: Um dos instrumentos a se destacar é o Programa Nacional para Conservação da linha de Costa - PROCOSTA é um programa de monitoramento, gestão e conservação da atual linha de costa e da Zona Costeira (ZC) (PROCOSTA 2018).

A Agenda 2030 é coordenada pela ONU, sendo a ODS - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, composto por 17 objetivos e 169 metas de ação global até 2030. Dentre eles, o objetivo 14 remete a vida na água, conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável, esse objetivo busca promover a sustentabilidade das zonas costeiras e dos oceanos (ODS 2023).

O Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima - Projeto Orla, tem sido um dos instrumentos de gestão integrada ao uso e ocupação do espaço natural e econômico da zona costeira (PROJETO ORLA 2023). É utilizado como instrumento de gestão municipal com base no planejamento territorial, conservação da linha de costa e do potencial dos ecossistemas costeiros para adaptação às mudanças do clima (GI-GERCO 2018).

Segundo Muehe (2019) a inserção de orlas como medida de gestão costeira modifica a caracterização geral dos processos morfo-sedimentares, ou seja, a configuração geomorfológica de ambientes como as praias. As obras de contenção costeira podem ser classificadas em obras artificiais (rígidas) e obras naturais (Bulhões 2020).

De forma geral, as estruturas rígidas de contenção costeira são intervenções que objetivam agir no transporte de sedimentos, estabilizar ou ampliar a linha de costa e além de atuar como medida mitigadora em áreas sujeitas a processos erosivos de alta intensidade.

Dentre os diversos métodos de intervenções costeiras (espigões, molhes, quebra-mares entre outros), as obras longitudinais aderentes (muros ou paredões; diques; enrocamentos e gabião) são as mais utilizadas na zona costeira amazônica, para estabelecer o limite da praia em costas que não possuem mais uma proteção natural suficiente (Bulhões 2020). A praia do Caripi possui uma orla de 1 km de extensão, do tipo gabião, que consiste em uma estrutura metálica semelhante a gaiolas, cujo formato é hexagonal; preenchida por rochas de tamanho considerável e uniformes (Sila *et al.* 2018).

Esta dissertação de mestrado objetiva analisar a morfodinâmica da praia do Caripi durante os períodos chuvoso e seco do ano de 2022, mediante uso de aerofotogrametria com drone. O método experimental ocorreu em condição de La Niña com intensidade fraca, que prolongou o período de precipitação na região amazônica. Os resultados devem contribuir no conhecimento da morfodinâmica de praias estuarinas dominadas por mesomaré com aplicação de estudo na praia do Caripi.

1.1 JUSTIFICATIVAS

O crescimento populacional desencadeou de forma acelerada o processo de uso e ocupação de praias, sejam elas para fins turísticos, habitacionais ou industriais. Barcarena, onde encontra-se inserida a praia do Caripi é conhecida por abrigar um grande complexo industrial pelos principais portos de Vila do Conde que atendem a empresa que beneficia o alumínio primário, sendo atualmente a maior usina de beneficiamento de bauxita do mundo (HYDRO ALUNORTE) (Cunha 2017). A área conta com a instalação da Imerys Rio Capim Caulim que possui estação portuária própria, onde se realizam as importações/exportações de cargas de minério (carbonatos de cálcio, caulim e perlita) (IMERYS 2023).

Entre as principais ações antrópicas atuantes na praia do Caripi, pode-se ressaltar a inserção de indústrias e da urbanização. Promovendo a geração de resíduos sólidos, efluentes industriais, comerciais e domésticos que são lançados em corpos hídricos (Piratoba *et al.* 2017). Também é válido ressaltar os efeitos da sazonalidade amazônica, dos eventos extremos climáticos e das forçantes naturais hidro-oceanográficos e meteorológicos relacionados à dinâmica de remoção e aporte sedimentar.

A praia do Caripi está localizada na margem direita do estuário do Rio Pará, próximo à foz do Furo do Arrozal, utilizado como fundeadouro de balsas. A esquerda da praia encontra-se um píer de sustentação (madeira) para uso turístico localizado logo na entrada da praia, e mais adiante o Terminal de Uso Privativo da Unitapajós, de transporte de grãos, sendo a exportação desses grãos uma das maiores movimentações da economia (UNITAPAJÓS 2023).

A praia do Caripi possui uma importante intervenção antrópica inserida nos anos de 2017 e 2018, que consiste na construção da obra de contenção costeira - Orla do tipo gabião na face praial, como medida mitigadora de processos erosivos. Diante disso, torna-se relevante compreender as mudanças ocorridas no espaço e as suas implicações ambientais e sociais para a utilização dos seus recursos de maneira sustentável (Rosa *et al.* 2017).

1.2 QUESTIONAMENTOS

Durante o desenvolvimento deste trabalho alguns questionamentos foram levados em consideração: Seria válido o uso de novas tecnologias para monitoramento em maior nível de detalhe na área? Qual a eficiência da aerofotogrametria com drone no levantamento de perfis praias e sua eficiência no monitoramento costeiro?

1.3 HIPÓTESES

A climatologia da região amazônica está subdividida em período chuvoso e seco e seus meses transicionais, estudos mostram a variabilidade geomofológica de praias na zona costeira paraense, que apresentam saldos negativos e positivos de balanço sedimentar sob influência da sazonalidade, em outras palavras, sujeitas a processos de erosão e deposição sedimentar. Com base na influência do evento extremo La Niña, que resultou no aumento da precipitação durante o ciclo sazonal, sendo assim, qual o comportamento morfodinâmico da praia estuarina do Caripi durante o ciclo sazonal? E qual o impacto do muro de contenção (orla) e a sua efetividade na área de estudo?

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Analisar a morfodinâmica da praia estuarina do Caripi através da aerofotogrametria com drone, durante um período sazonal, sob influência do evento La Niña (2022).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar a morfodinâmica da praia do Caripi;
- Definir os principais estágios/estados morfodinâmicos da praia;
- Analisar as características granulométricas dos sedimentos recentes nas subdivisões de praia (Supramaré, Intermaré e Inframaré) e do trânsito sedimentar na zona de surf;
- Identificar a eficiência do muro de contenção costeira, frente a dinâmica sedimentar.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 ESTUÁRIO

A palavra "estuário" é derivada do latim *aestuarium*, que significa "dependente de maré". Oceanógrafos e geógrafos definem os estuários, como um corpo de água semi-fechado, no qual as águas dos rios e do oceano se misturam (Pinet 2017). É caracterizado como um corpo d'água costeiro, parcialmente fechado que está permanentemente ou periodicamente aberto ao mar, com variação de salinidade devido a mistura de água do mar com a água doce derivada da drenagem terrestre (Kennish 1986).

Segundo Pritchard (1952) existem quatro tipos de estuários, classificados a partir de suas características geomorfológicas: planície costeira (vale inundado), fiorde (altas latitudes), formado por barras e por outros processos. Esta classificação leva em consideração os eventos geológicos e geomorfológicos que ocorreram durante o processo de suas respectivas formações. No sentido geológico, os estuários são bacias de "vida curta" que tendem a ser rapidamente colmatadas com sedimento de rio e do mar. Sua circulação não somente retém sedimentos, mas também resulta na importação de areia e lama de áreas marinhas. A sedimentação comumente se inicia na cabeceira do estuário com depósito nos deltas do rio, que, com o tempo, cresce em direção à foz do estuário (Pinet 2017).

O estuário é um ambiente costeiro entre o continente e o oceano adjacente. Esse ambiente é forçado por agentes locais e remotos que compõem o seu sistema, como a ação dos ventos climáticos, oceanográficos, geológicos, hidrológicos, biológicos e químicos. Os ventos atuam na movimentação de massas de água e formação de ondas e correntes costeiras e consequentemente no gradiente de salinidade (Miranda *et al.* 2002).

Os estuários e as praias, são dinâmicos e fortemente influenciados por dois fatores importantes. O primeiro é o afluxo de água de rio, que cria um gradiente de salinidade que se estende do ponto de entrada do rio, onde a salinidade é baixa, até o ponto em que a influência do oceano é maior. Outro fator é o fluxo de maré, que fornece energia que mistura a água doce e a água do mar (Pinet 2017). A descarga fluvial é dependente de fatores climáticos e da sazonalidade. Em rios de grandes bacias hidrográficas, a vazão é condicionada pelo clima, variando sazonalmente entre estações mais chuvosas e secas. Os rios de menor porte, cujas bacias de menor drenagem, são os eventos discretos de precipitação que condicionam as vazões, podendo variar até na escala de minutos (Dalrymple *et al.* 2015).

O transporte de sedimentos ocorre pela descarga fluvial e altura da maré (enchente/vazante) e correntes estuarinas (Prestes 2016). Também, são fatores determinantes

para a velocidade de entrada e saída de água nos canais estuarinos, e conseqüentemente, a movimentação de massas de água. Ondas e ventos no estuário contribuem para a geração de turbulência, favorecendo a mistura de diferentes massas de água verticalmente. Processos hidrodinâmicos da plataforma continental, como variações do nível do mar impostas pelo vento (ressacas e marés secas) podem acarretar modificações nos estuários (Fontes *et al.* 2016).

Os processos de circulação, mistura e estratificação em um estuário depende da sua geometria, da descarga de água doce, das marés, da salinidade, da circulação oceânica adjacente e dos ventos que atuam diretamente sobre a superfície livre (Pritchard 1967). Os processos físicos comuns aos estuários são os seus movimentos e a mistura entre as massas de água de origem constantes: como a água doce de origem fluvial e a água do mar do oceano adjacente (Miranda *et al.* 2002). Ainda, fatores biológicos tais como vegetação marginal, marismas, manguezais e restingas podem alterar o estuário, entretanto as obras costeiras e a ocupação urbana também (Fey 2019).

Pritchard (1967) define o estuário como um fluxo de água parcialmente fechado, com abertura livre para o oceano, onde ao se misturar com as águas dos rios procedentes de drenagens continentais, a água marinha inicia o processo de diluição. Uma definição alternativa sobre os estuários é a proposta por Fairbridge (1980):

“Um estuário é uma reentrância de mar em um vale fluvial, estendendo-se até ao limite da propagação da maré dinâmica, subdividido em três setores: a) o baixo estuário, ou zona marítima, com ligação aberta com o mar; b) o estuário médio, onde ocorre mistura intensa de água doce e salgada; e c) o estuário superior ou fluvio- marítimo, com água doce, mas sujeito à influência da maré dinâmica”

De acordo com as definições propostas por diversos autores, o estuário se compõe de zonas de mistura, de maré e de rio. A variabilidade nos três setores é gerada por componentes como os ventos e marés (Miranda 2002) (Figura 1).

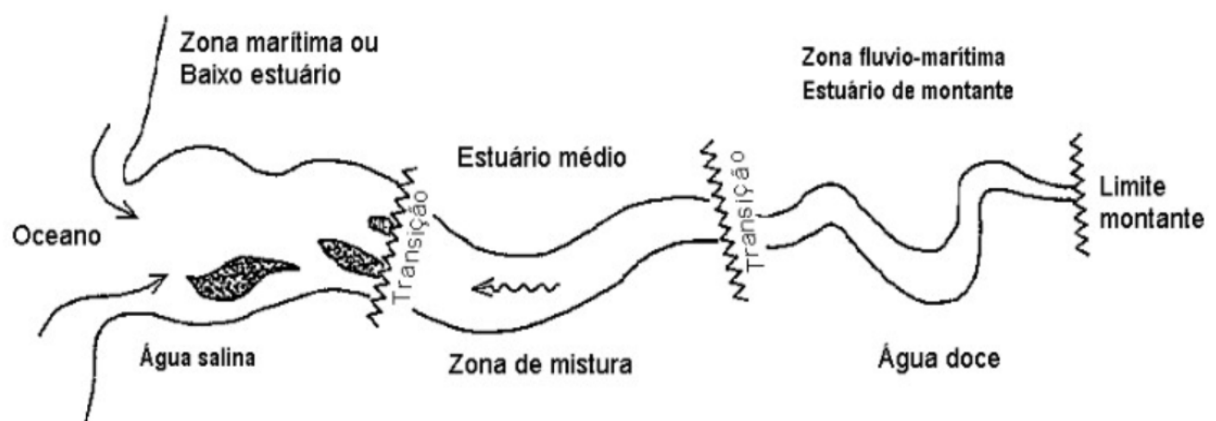


Figura 1 - Definição esquemática das respectivas subdivisões de um estuário.
Fonte: Adaptado de Fairbridge (1980) *apud* Silva (2000).

Kjerfve (1987) apresentou uma definição a zonação ou subdivisão do estuário, levando em consideração não só sua gênese geológica, mas também os processos regionais, como os fatores climáticos, sedimentação recente e as forçantes dinâmicas. Sob essas condições, um estuário pode ser subdividido em três zonas distintas: ZC – zona costeira; ZM – zona de mistura; e ZR – zona de rio.

A Zona de Maré do Rio (ZR) é o trecho do estuário com salinidade zero sob influência da maré; localizada na parte superior do estuário; a Zona de Mistura (ZM) é caracterizada pela mistura da água doce do rio com a do mar, sendo a área mais dinâmica do sistema, cujo principal forçante é a maré; a Zona Costeira (ZC), e a área adjacente ao mar ou foz do rio que se estende até a frente da pluma estuarina que delimita a camada limite costeira, apresentando um teor salino significativo (Kjerfve 1987; Santos 2018) (Figura 2).

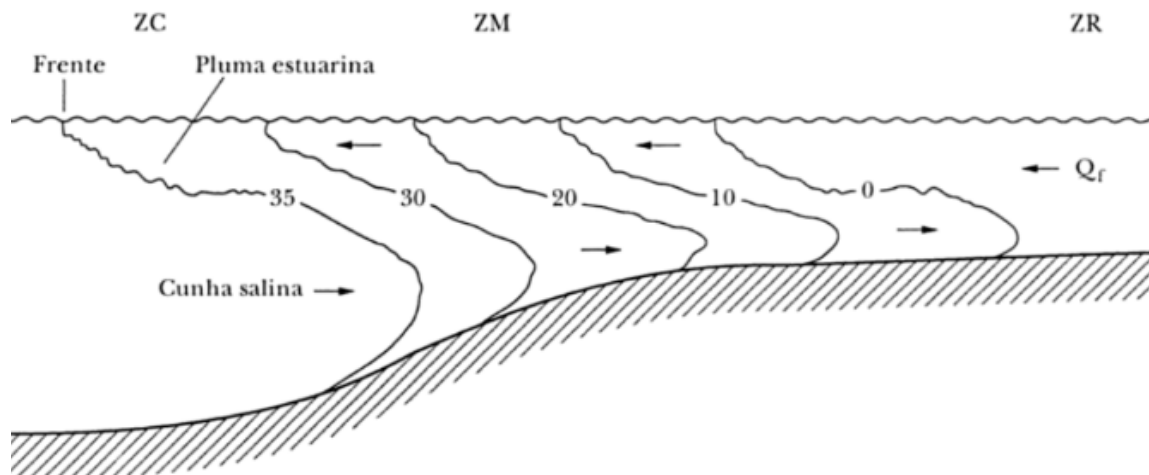


Figura 2 - Seção longitudinal de um estuário indicando a Zona de Maré do Rio (ZR), de Mistura (ZM) e costeira (ZC) em que são apresentadas as variações de salinidade ao longo do estuário. Fonte: Adaptado de Simpson (1997) *apud* Miranda (2002).

Dione (1963) sugeriu a seguinte definição, subdividindo o estuário em três setores ou zonas, de acordo com a influência da água do mar e suas misturas. O estuário é uma reentrância do mar que atinge o vale de um rio até o limite de influência da maré, subdividido em: a) estuário inferior ou marinho, com ligação livre ao oceano; b) estuário médio, sujeito a intensa mistura de água do mar e fluvial; c) estuário superior ou fluvial, caracterizado por água doce sob influência diária da maré. Os limites entre esses setores são variáveis e dependem da descarga fluvial, das correntes de maré e dos ventos (Miranda *et al.* 2002).

De acordo com a terminologia adotada por Dionne (1963), Ribeiro & Valadão (2021) definiu o estuário do Rio Pará em três compartimentos ou zonas, definidas e descritas em: I - Estuário Inferior ou de Marajó; II - Estuário Médio ou de Guajará; III - Estuário Superior ou de Marapatá (Figura 3).

I - Estuário Inferior ou de Marajó:

Corresponde à zona terminal do estuário do Rio Pará, conectado ao oceano Atlântico. Possui aproximadamente 50 km de extensão, compreendido entre a foz da baía do Marajó, entre as cidades de Salvaterra e Vigia. O estuário do Rio Pará é dominado por macromaré, que pode alcançar 5,7 m durante a sizígia (ilha dos Guarás).

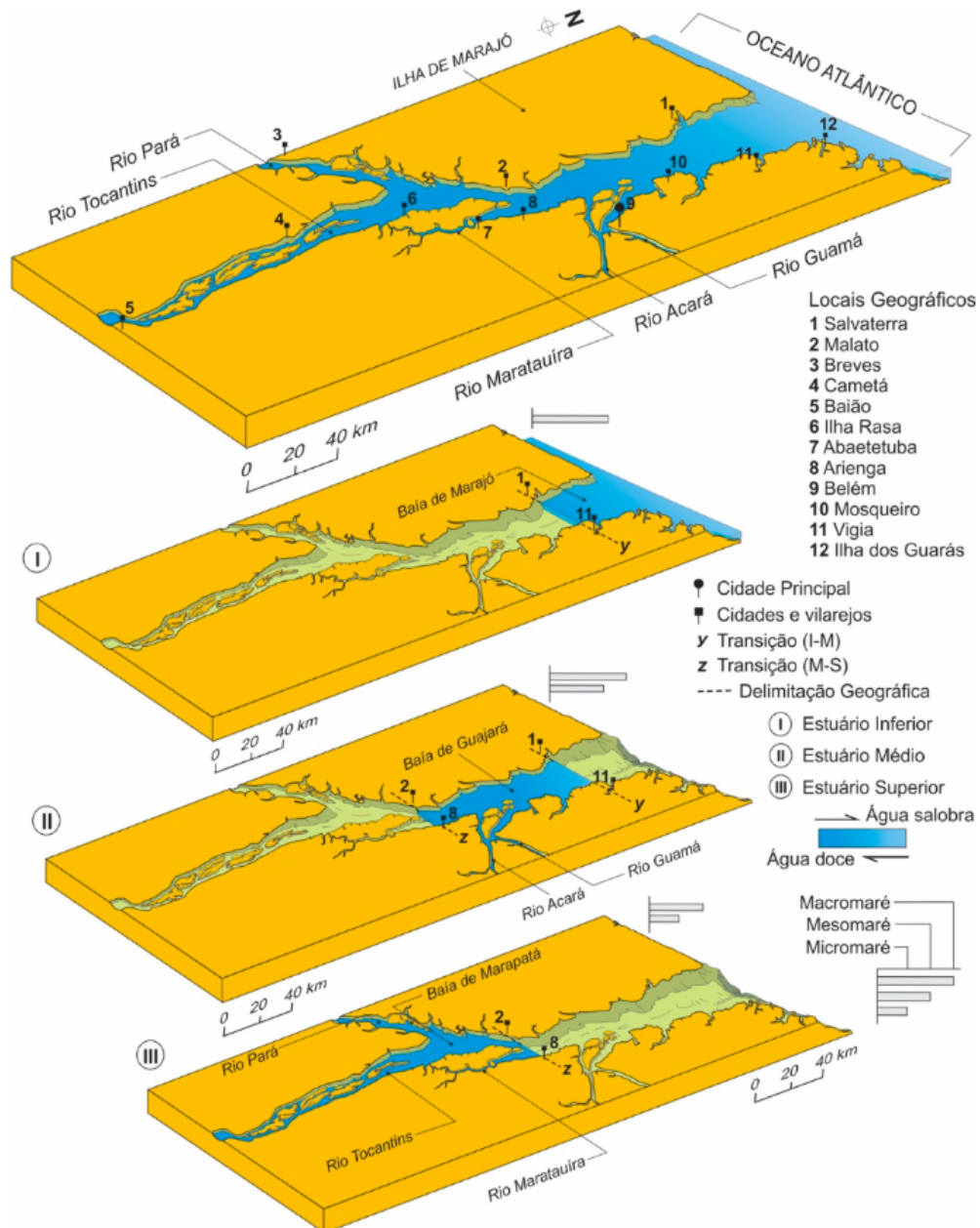


Figura 3 - Compartimentos do Estuário do Rio Pará (Norte do Brasil). O diagrama superior fornece a visão geral desse estuário, enquanto os diagramas I, II e III relacionam zonas correspondentes ao Estuário Inferior do Rio Pará, Estuário Médio do Rio Pará e Estuário Superior do Rio Pará, respectivamente. Baías principais foram listadas e seus nomes emprestados ao estuário correspondente.

Fonte: Ribeiro (2022).

II - Estuário Médio ou de Guajará:

O Estuário Médio, limita-se a jusante com o Estuário Inferior, e a montante com o Estuário Superior e soma aproximadamente 90 km de extensão (Figura 2-II). Esse estuário é governado pelo regime de meso-macromarés. A mesomaré é registrada próximo à Vila do Conde, enquanto em Belém ocorre macromaré, com alcance de 4,3 m durante a sizígia.

III - Estuário Superior ou de Marapatá:

O Estuário Superior tem sua delimitação geográfica, de oeste a leste, em Malato e Arienga (Figura 2-III). Do limite transversal z, sentido montante, o Estuário Superior incorpora a foz do Maratauíra e depois se bifurca em dois grandes corpos hídricos. O primeiro corresponde à continuidade do Rio Pará sentido ENE-WSW que se estende até os Estreitos de Brêves, totalizando aproximadamente 200 km. O segundo corpo hídrico tem orientação NNE-SSW que corresponde ao Rio Tocantins. Conseqüentemente, o estuário superior reúne o Rio Pará, o baixo Tocantins e o Rio Maratauíra. Dentre as zonas estuarinas, o Estuário Superior exibe a maior assimetria de maré; com o tempo de vazante superior ao da enchente.

De acordo com a subdivisão no estuário Rio Pará, proposta por Ribeiro (2022) pode se inferir que a praia do Caripi, está localizada no estuário superior do Rio Pará, sob domínio de água doce ou limnético e regime de meso e micro marés semidiurnas. Concernente à salinidade, no corpo hídrico do estuario superior ela é praticamente ausente. O que pôde ser comprovado, mediante medições in loco com sonda multi parâmetro, que apresentou salinidade 0 mg/L no período chuvoso e seco, que de acordo com Kjerfve (1990), compreende a zona de maré de rio e sua circulação apresenta um comportamento nitidamente regulado por maré dinâmica (Ferreira *et al.* 2022).

O Estuário do rio Pará com foz de 60 km de largura (Rosário 2016) é caracterizado como um curso de água alongado de direção NNE-SSW com 300 km de extensão e média de 50 km de distância entre suas margens NW e SE (Silva Junior *et al.* 2022). A descarga hídrica é de $104 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ classificado como um grande sistema estuarino tropical, sob domínio de marés que atuam na plataforma continental do Amazonas, com fortes oscilações nos regimes semidiurnos e frequências diurnas quinzenais das marés (Prestes *et al.* 2017). Este estuário é conectado a vários canais de maré, compondo um grande contingente de água doce para o oceano, sem nascente própria, seus principais rios são: Araguaia, Tocantins, Capim, Acará, Moju, Guamá, Anapu, Jacundá, Pacajás e Araticum. Percebe-se forte influência das águas do rio Amazonas no Estuário do rio Pará, as quais são trazidas através do “furo” de Breves (Ferreira *et al.* 2022).

Suas características geomorfológicas são moldadas pelos efeitos dos processos oceanográficos atuantes nesta região (Rosário *et al.* 2016, Silva Junior *et al.* 2022). A descarga sólida do Rio Pará aporta uma quantidade considerável de sedimentos em suspensão para a área da plataforma adjacente (Mascarenhas, 2019). Segundo Carneiro *et al.* (2020) a descarga sólida suspensa no Rio Pará apresentou um máximo de 0,9229 mg. L⁻¹ (estação seca) e um mínimo de 0,6650 mg.L⁻¹ (estação chuvosa), sendo a margem direita do estuário com maiores concentrações.

3.2 AMBIENTE PRAIAL

3.2.1 Praias estuarinas

As praias em estuários e baías são diferentes das praias de costa aberta, pois são parcialmente ou totalmente protegidas das ondas do mar. A proteção aumenta a importância de outras fontes de energia das ondas, como ondas de infragravidade que se propagam em baías e estuários com menos dissipação do que ondulação, combinadas com ondas geradas localmente pelos ventos. Além disso, a influência das marés e das correntes são importantes e contribuem para a erosão e deposição da praia (Concejo *et al.* 2020).

As praias arenosas podem variar significativamente em suas extensões. Essa distribuição resulta não somente da interação dos processos físicos com estas características presentes na linha de costa, mas também está relacionada com as alterações climáticas sazonais que influenciam no perfil de equilíbrio das praias, com tendências de erosão na estação chuvosa e deposição na seca (Ramos & Ranieri 2021).

3.2.2 Zonação e terminologia adotada aos perfis de praia

O perfil de praia apresenta algumas terminologias que definem as suas feições praias (face de praia, crista de berma, berma e pós praia) nas subdivisões que correspondem às suas respectivas zonas (Muehe 1995; 2019). Estas denominações têm sido empregadas e adaptadas às praias brasileiras. O perfil típico de uma praia termina na base de uma duna frontal, numa escarpa erosiva ou em um limite morfológicamente não evidente, mas caracterizado pelo recobrimento vegetal periodicamente permanente (Muehe 2019).

A praia é uma zona ativa de transporte de sedimentos que fica entre a zona erosional, acima do nível da água, e a zona deposicional, abaixo do nível da água. Ela está subdividida em inúmeros ambientes (Figura 4). A zona de antepraia, que se estende da zona de arrebatamento (onde as ondas começam a quebrar) em toda a zona de surfe (onde a maioria da energia é gasta)

até a zona de espraiamento (onde a praia é coberta e descoberta com o aumento da onda). A zona de antepraia avança e retrocede à medida que a maré enche e baixa/vaza. A berma é caracterizada pela deposição de sedimentos pelas ondas e marés tendo uma superfície superior plana e uma inclinação relativamente íngreme em direção ao mar (Pinet 2017).

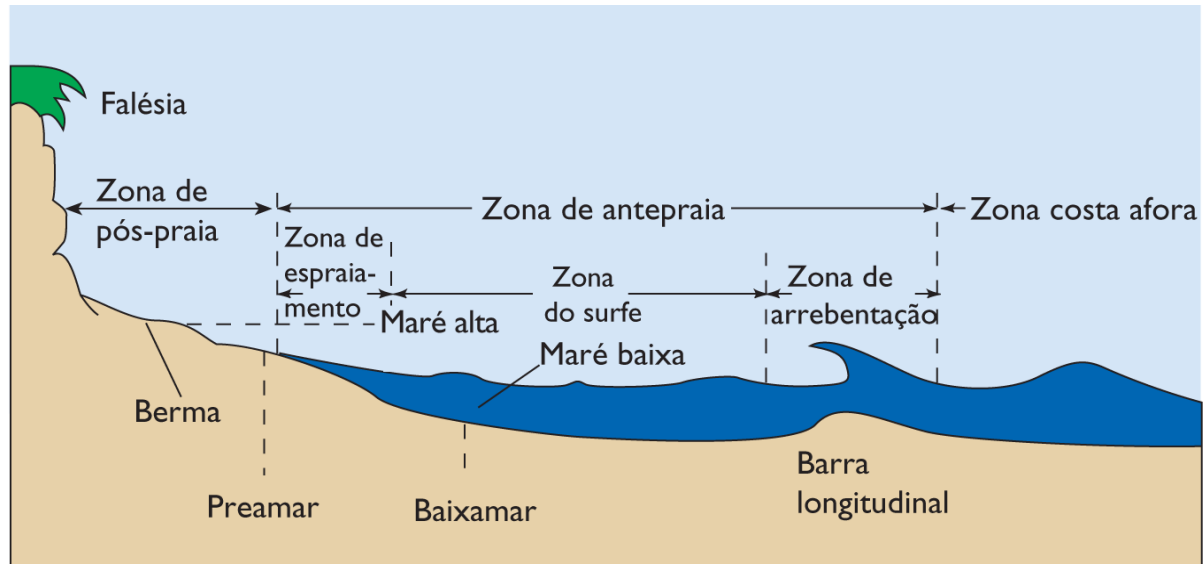


Figura 4 - Ilustração das principais zonas do perfil praiial, no ponto de vista morfológico e hidrodinâmico. Fonte: Pinet (2017).

Os movimentos da água exercem atrito sobre os sedimentos da praia, causando gradientes espaciais e temporais em seu transporte (Caliari & Muehe 2003). A morfodinâmica de praia está relacionada a essas interações complexas que envolvem descarga de água e sedimentos de estuários, orientação de linha de costa, correntes costeiras, ondas, correntes das marés, que são as principais condicionantes da topografia e transporte de sedimentos em praias de meso e macromarés (Brand *et al.* 2020).

As características morfodinâmicas são determinadas a partir das principais zonas e elementos morfológicos que caracterizam o perfil de praia, sendo estes perfis dominados pelo regime de maré e onda. A morfodinâmica está relacionada às interações entre a hidrodinâmica e a morfologia. A faixa de praia pode ser subdividida em subambientes, distinguidos pelos processos hidrodinâmicos e morfológicos que definem suas zonas (Pinheiro 2017).

Uma técnica importante para estudar a deposição de areia e a erosão é a medição dos perfis de praias, que delineiam a forma da superfície da praia ao longo de um corte transversal. A comparação de perfis de um mesmo corte transversal ao longo do tempo possibilita determinar ganhos e perdas de areia. A interpretação de perfis praiiais de forma global, mostrou que, em geral, as praias sofrem variações regulares sazonais (Pinet 2017).

Do ponto de vista geomorfológico, os perfis de praia podem ser subdivididos em duas dimensões: horizontal ou transversal à costa. Um perfil de praia abrange a altura, largura, inclinação e o volume dos sedimentos, desde a profundidade limite em direção ao mar onde as ondas produzem um transporte significativo de sedimentos através da costa até o limite superior da arrebenção/swash das ondas (Gómez-Pujol & Orfila 2020).

As praias podem ser interpretadas a partir de diferentes feições ou por diferentes subambientes geomorfológicos (Oliveira Filho & Fernandez 2021). Segundo Muehe (2019) o perfil típico de uma praia termina na base de uma duna, escarpa erosiva ou de um limite morfologicamente não evidente. A praia do Caripi é composta por uma estrutura rígida de contenção costeira (orla do tipo gabião), sendo este o contato limítrofe entre praia e pós-praia (Figura 5 a).

A geomorfologia e hidrodinâmica da praia pode ser classificada de diferentes formas. Portanto, para a setorização da praia do Caripi foi adotado a subdivisão proposta por Wright *et al.* (1982), que leva em consideração a variação média das marés de sizígia e de quadratura.

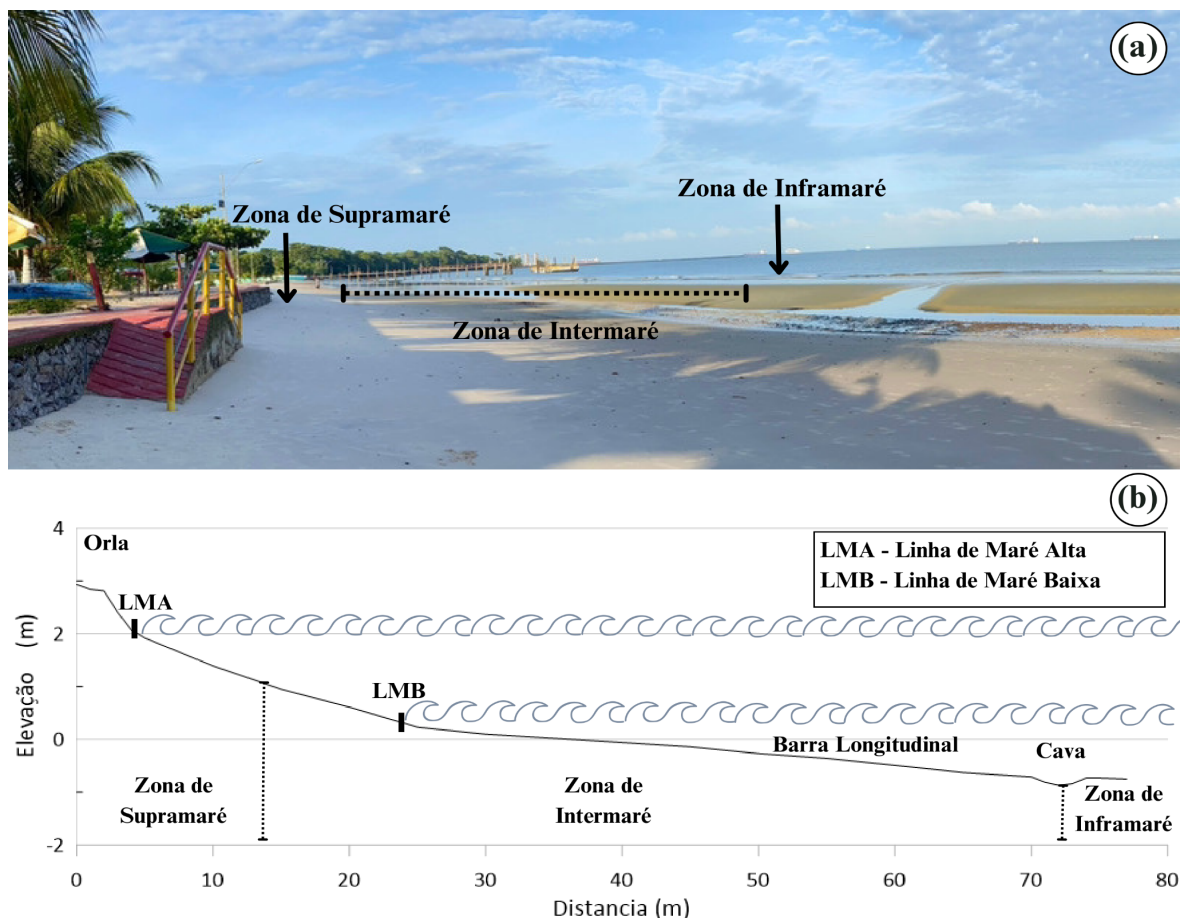


Figura 5 - Zonação Morfológica da praia do Caripi nas três respectivas zonas: Supramaré, Intermaré e Inframaré; (a) Vista panorâmica do setor central; (b) Recorte transversal do perfil de praia durante o período seco (novembro 2022).

Fonte: Autora.

Os levantamentos foram realizados na maré baixa de sizígia, com isso foi possível subdividir o perfil de praia em três zonas morfológicas: supramaré, intermaré e inframaré (Figura 5 a) a cima, sendo parte da praia é ocupada por uma estrutura rígida de contenção costeira, zona de intermaré extensa com acumulação de sedimentos rochosos grossos e barras arenosas longitudinais planas de baixa declividade, seguido de calha compreendendo a parte submersa (Figura 5 b) a cima.

3.3 TRANSPORTE SEDIMENTAR

O transporte de sedimentos é o mecanismo que traduz o trabalho dos processos hidrodinâmicos em mudança morfológica. Sem o transporte de sedimentos, não haveria praias (Aagaard & Hughes 2022). As praias estuarinas muitas vezes carecem de zonas de surf bem desenvolvidas; ondas incidentes quebram e convertem diretamente para ondular na costa íngreme, resultando em maior influência da zona de espraiamento em gerando fluxos litorâneos e transporte de sedimentos (Jackson *et al.* 2017).

A interação entre a ação das ondas e as partículas sedimentares é determinante para entender os processos de transporte de sedimentos. O conhecimento do transporte sedimentar constituído por misturas arenosas é relevante uma vez que as áreas costeiras, geralmente, apresentam heterogeneidades de granulometrias de sedimentos nas direções horizontal e vertical, denotando a existência de processos de transporte seletivo (Ferreira *et al.* 2023).

Quanto à posição da partícula em relação ao fundo, Komar (1978) ilustra que o transporte pode ser dividido em movimentos de arraste e suspensão. O transporte por arrasto de fundo é caracterizado pelo movimento das partículas junto ao fundo através de rolamento e/ou saltamento. Já no transporte por suspensão, os sedimentos colocados em suspensão pelo cisalhamento das correntes no fundo e ação mecânica e turbulência gerada pela quebra das ondas são transportados pela corrente longitudinal.

A dinâmica de trânsito sedimentar litorâneo pode ocorrer de três formas: transporte sedimentar e eólico (ventos), longitudinal e transversal (transporte de sedimentos que ocorre dentro da água, mais precisamente nas zonas de arrebentação, surf e espraiamento) (Ranieri 2014). Os processos de transporte litorâneo de sedimentos estão subdivididos em três partes principais: o transporte eólico de sedimentos, o transporte longitudinal e o transporte transversal de sedimentos (Silva 2015). Grandes quantidades de areia podem ser transportadas por ventos, mas esta ação depende do tamanho do grão, da umidade, do relevo e da cobertura vegetal. O trânsito sedimentar eólico pode ocorrer das seguintes formas: saltação, arrasto e suspensão ao longo da costa (Maureira 2019).

O transporte longitudinal de sedimentos ocorre nas zonas de arrebentação e surf devido à incidência oblíqua das ondas ao longo da praia, provocando o surgimento de correntes paralela à costa/deriva litorânea. Essas correntes propiciam a movimentação das águas e dos materiais em suspensão, sendo um dos principais mecanismos de circulação responsáveis pela manutenção da estabilidade e equilíbrio de praias (Acunã 2017).

3.4 PROCESSOS FÍSICOS CONDICIONANTES DE PRAIAS

Este tópico lista os principais processos físicos atuantes em praias, que a caracterizam e a modificam em curto ou longo período, sendo estes de natureza meteorológica e hidro-oceanográfica, como ventos, precipitação, ondas, marés e correntes. Portanto, desde que haja uma fonte de sedimentos adequada, espaço de acomodação na linha de costa e energia suficiente disponível para depositar e mover sedimentos arenosos, as praias estão constantemente transportando sedimentos (Concejo 2020). Vento, ondas e correntes são forças naturais que movem facilmente a areia não consolidada e os solos na área costeira, resultando em rápidas mudanças na posição da linha de costa (Krishina *et al.* 2023).

3.4.1 Processos meteorológicos

3.4.1.1 Ação dos ventos

O vento é a chave primária para quase todos os outros processos costeiros. Desempenha um papel vital na formação e alteração do ambiente costeiro. É também a principal força geradora das ondas. Os vários efeitos do vento na geomorfologia costeira também incluem o atrito do vento na superfície da água no decorrer de grandes tempestades, processos de ressurgência e submersão na zona costeira e efeitos da brisa marítima (Kamal 2021).

O vento possui uma força geológica que molda as costas arenosas não só através da geração de ondas, mas também como um mecanismo chave de transporte de sedimentos na praia subaérea que pode ter implicações significativas para balanços de sedimentos costeiros, morfodinâmica e gestão (Walker 2020).

Segundo Jackson *et al.* (2017) a mudança na forma do perfil de praia causada por erosão na margem superior e deposição na margem inferior, está geralmente relacionada com a presença de ventos fortes que sopram diretamente na superfície da terra, essa mudança não precisa resultar na perda de volume ao longo de todo o perfil.

Os grãos de areia soprados pelo vento se movem rolando ou por um processo conhecido por saltação (Pinet 2017). Ao longo da costa e da praia subaérea, ventos competentes podem

arrastar, transportar, erodir e/ou depositar areia, parte da qual pode ser depositada na praia posterior e/ou nas dunas terrestres. A quantidade de areia movida pelo vento nas praias depende essencialmente de alguns controles importantes (Walker 2020):

1. Clima de vento, ou a frequência, magnitude e direção capazes de exercer tensão de cisalhamento suficiente para mobilizar grãos de areia;
2. Largura da praia, que determina a disponibilidade de areia, bem como a distância de 'busca' efetiva na qual o transporte de areia eólica pode se desenvolver;
3. Teor de umidade, que impõe forças de adsorção e capilares que aumentam a coesão interpartícula e limitam o fornecimento de grãos de areia a condições de vento;
4. Outros agentes de ligação, como siltes ou argilas, crostas orgânicas ou precipitados de sal, que aumentam de forma semelhante a coesão interpartícula e o limiar de transporte eólico;
5. Tamanho do sedimento, que, combinado com a forma da partícula e mineralogia, controla a velocidade do vento limite efetiva (cisalhamento) necessária para arrastar as partículas de areia;
6. Elementos de rugosidade da superfície, incluindo sedimentos mais grosseiros, vegetação, detritos lenhosos ou outros objetos antropogênicos (por exemplo, cercas, quebra-mares, edifícios, etc.) que protegem parcialmente a superfície do cisalhamento do vento;
7. Interações topográficas, de vetores de fluxo de vento e transporte de areia com formas de relevo na praia ou adjacentes, incluindo bermas, cúspides, dunas ou escarpas.

Praias grandes são ladeadas por dunas de areia. As dunas costeiras são mais bem desenvolvidas ao longo das costas que possuem grande suprimento arenoso e ventos moderadamente fortes e persistentes para o seu retrabalhamento. Sob certas condições (sem tempestades, clima seco, fortes ventos terrestres e amplo suprimento de areia seca), as dunas frontais podem crescer rapidamente e até migrar em direção ao continente (Pinet 2017).

O transporte eólico de areia nas praias tem um caráter espaço-temporal devido às rajadas de vento e variações espaciais na rugosidade da superfície da praia e temporalmente devido a um tamanho de grão (Strypsteen *et al.* 2021). Sendo controlado pela interação de umidade e crostas superficiais que limitam a disponibilidade de sedimentos para a ação dos ventos. Especialmente em praias, a oferta tende a ser limitada, de modo que o transporte de areia é controlado não apenas pelas condições do vento, mas também fatores que modulam o fornecimento de grãos (Walker 2020).

3.4.1.2 Fatores climáticos e eventos extremos

O regime de precipitação na Amazônia é determinado por diferentes padrões da circulação atmosférica. Um dos responsáveis pelo acumulado de chuva é a circulação de ventos alísios, que transportam massas de ar úmido que se originam sobre o Atlântico Tropical para a região (Custódio *et al.* 2020). Outros fatores que influenciam a precipitação e a temperatura média do ar são os sistemas meteorológicos de meso e grande escala como o El Niño e La Niña, que contribuem para as variações do tempo e do clima na região amazônica (Tavares *et al.* 2018).

De forma mais simples, O El Niño é caracterizado pelo enfraquecimento dos ventos alísios, o que permite que as águas fiquem mais aquecidas do que o normal (Costa & Blanco 2018). Em fases de La Niña, ocorre o processo contrário, ou seja, os ventos alísios são mais intensos, favorecendo o ressurgimento das águas mais frias à superfície e, conseqüentemente, diminuindo a evaporação (Chen *et al.* 2016).

Eventos extremos como ondas de calor, enchentes, secas e tempestades, podem acarretar muitos impactos econômicos e sociais, uma vez que causam danos significativos para diversos setores (Custódio *et al.* 2020). Entretanto, os processos erosivos de alta intensidade e a dinâmica de aporte e deposição sedimentar em ambientes costeiros são fortemente influenciados pelas condições meteo-oceanográficas, que atuam na remobilização de sedimentos sob condições específicas (precipitação, marés, ondas, correntes), em que através do balanço sedimentar, é possível traçar um comparativo de perfis típicos e aporte e erosão.

3.4.2 Processos hidro-oceanográficos

3.4.2.1 Ondas

As ondas são de fundamental importância para o funcionamento físico, morfológico e biológico das praias estuarinas (Green & Coco 2014). No entanto, a ondulação oceânica raramente é considerada quando se estuda a dinâmica e os processos nas praias estuarinas, pois as forças de onda são tipicamente atribuídas à energia de ondas geradas pelo vento. Vários autores verificaram que o efeito da propagação das ondas oceânicas nos estuários é um dos principais impulsionadores da mudança em alguns ambientes e que a ondulação oceânica pode influenciar na formação de bancos arenosos e conduzir processos de erosão e/ou acreção em praias estuarinas (Concejo *et al.* 2010; 2020).

As ondas impulsionadas pelo vento contribuem essencialmente para as inundações costeiras e transporte de sedimentos, que moldam promontórios, baías e costas abertas (Reguero *et al.* 2019 *apud* Krishina *et al.* 2023). As ondas são a força dominante que impulsiona a natureza de uma praia, sua energia transporta sedimentos e caracteriza a forma praial e quanto maior a energia, maior a extensão a mudanças.

Como mencionado, a onda obtém energia através da ação dos ventos e à medida que age na superfície do mar, cria o atrito capaz de movimentar as partículas de água e sua energia é transferida em forma de onda. Dentro da zona de arrebentação, as ondas são o principal mecanismo para o movimento da areia, portanto, a sedimentação costeira e a deriva litorânea. Cada tipo de onda tem um efeito diferente de desgaste à costa e à erosão. Capazes de criar dois tipos de processos: construtivas e destrutivas (Kamal 2021).

Kamal (2021) descreve que as ondas construtivas são criadas em climas calmos e são menos fortes que as ondas destrutivas e sua quebra em direção a costa resulta no depósito de sedimentos, formando praias. Esse tipo de onda tem um comprimento de onda longo e de baixa altura/amplitude. Entretanto, as ondas destrutivas são criadas a partir de ondas grandes com comprimento de onda curto, são geradas quando a ação do vento é forte. Como resposta tendem a erodir a costa, onde a onda viajou por um longo trecho (Figura 6).

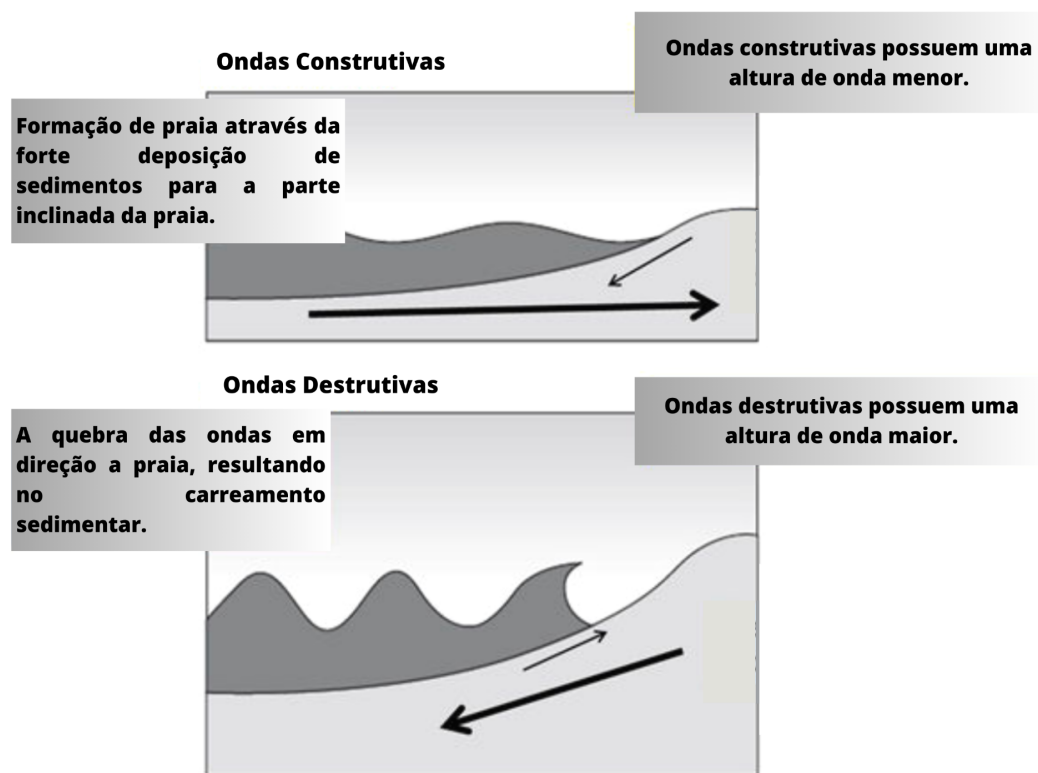


Figura 6 - Ondas capazes de criar dois tipos de processos: ondas construtivas (acrecção) e ondas destrutivas (remoção de sedimentos).

Fonte: Kamal (2021).

Segundo Galvin (1968), as ondas ao encontrarem águas rasas, exprimem diferentes formas de arrebentação e de propagação, que dependem da forma de dissipação energética, da topografia submarina e da morfologia da praia. Os tipos de quebra de ondas dependem diretamente da declividade da praia, da altura e do comprimento de onda (Cunha 2017), sendo assim, há pelo menos três tipos de arrebentação adotadas usualmente: em progressiva ou deslizante (baixa declividade); mergulhante ou tubular (declividade moderada à alta) e ascendente (declividade muito baixa, não chega a quebrar) ou frontal (alta declividade, intermediária entre mergulhante e ascendente) (Figura 7) (Galvin 1968).

1. **Arrebentação progressiva ou deslizante:** a parte superior da crista torna-se ultrapassada e “desliza” para frente da onda que está avançando, quebrando continuamente e perdendo lentamente sua energia em toda a zona de surfe.
2. **Arrebentação mergulhante ou tubular:** toda a frente da onda inclina-se, gira e quebra, ou “mergulha”, liberando instantaneamente muito de sua energia.
3. **Arrebentação do tipo frontal:** ocorrem de forma semelhante à do tipo mergulhante, entretanto essa arrebentação não gera tubos e ocorre em praias com declives médios e ventos moderados.
4. **Arrebentação ascendente:** as ondas calmas e fracas não se tornam instáveis ou realmente quebram. Em vez disso, elas se movem suavemente sobre a face praial e depois recuam, refletindo grande parte de sua energia em direção ao mar.

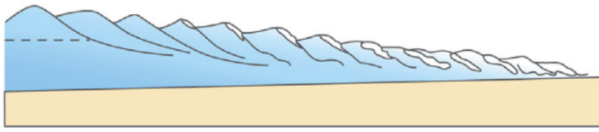
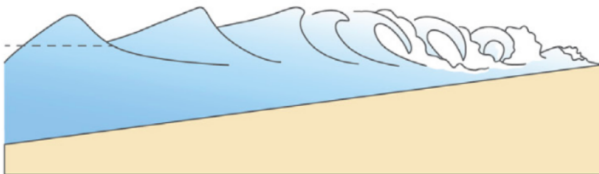
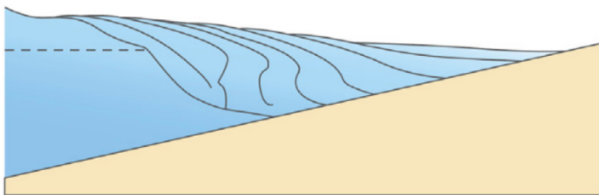
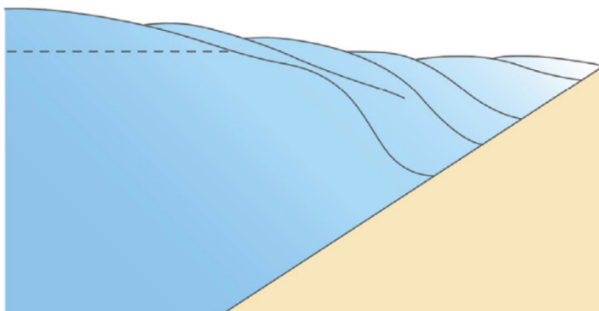
Progressiva ou deslizante**Mergulhante****Frontal****Ascendente**

Figura 7 - Tipos de arrebentação de ondas com diagramas esquemáticos.

Fonte: Diagramas esquemáticos da quebra de ondas por Kathirine Sentas, modificados de Galvin (1968); extraídos de Power (2020).

A quebra das ondas é um processo fundamental no qual as ondas dissipam energia que levam a processos próximo à costa, incluindo o decaimento da altura das ondas, transporte de sedimentos, geração de correntes costeiras e ondas. Esses processos, por sua vez, alteram a morfologia da praia (Power 2020). Os perfis de praia podem apresentar bancos arenosos que são feições morfológicas muito dinâmicas resultantes da ação das ondas na zona de arrebentação. Estes são geralmente percebidos como ampliações no perfil de praia entremarés ou submerso e contêm grandes quantidades de sedimentos que contribuem para o balanço sedimentar ao longo da praia (Aagaard & Hughes 2013).

3.4.2.2 Marés

As marés são resultantes da atração gravitacional exercida na água do mar pelo sol e pela lua. Como a lua está mais próxima da terra, ela tem mais que o dobro do efeito gravitacional que o sol. Os movimentos da terra, da lua e do sol, um em relação ao outro, produzem marés semidiurnas, nas quais há duas máximas e duas mínimas aproximadamente a cada 24 horas (Kamal 2021). Segundo Short (2020) as marés modulam os processos da praia através do seu ciclo e segundo Davies (1964) *apud* Miranda *et al.* (2002) as praias podem apresentar três regimes de maré: micromaré (amplitude de maré de sizígia é < 2 m); mesomaré (amplitude variam entre 2 e 4 m); ou macromaré (quando a amplitude é > 4).

O movimento das marés é uma condição hidrológica única das zonas costeiras, que representa a subida e descida periódica da água do mar e o fluxo horizontal periódico da água do mar. O movimento das marés é um fator chave que promove a troca de água, de nutrientes e a deposição de sedimentos (Yanan *et al.* 2023). Os movimentos das marés não apenas controlam a profundidade da superfície da água, mas também determinam as condições do ciclo hidrológico e a migração e deposição de sedimentos particulados e matéria orgânica (Chauhan *et al.* 2015).

A maré, devido à sua origem astronômica, apresenta múltiplos padrões periódicos (diurno, semidiurno, semidiurno misto, ciclo primavera) de diferentes amplitudes e fases dependendo da localização na Terra. Em uma escala anual, as amplitudes das marés são tipicamente maiores durante os equinócios (Senechala & Arzaburub 2020).

Existem duas marés importantes a serem observadas: uma é a maré viva que se forma duas vezes em um ciclo lunar e aumenta a amplitude das marés aumentando a linha de maré alta e diminuindo a linha de maré baixa. Isso é causado pelo alinhamento do sol e da lua com sua atração gravitacional. A maré morta produz uma amplitude de maré baixa, em que a maré alta é mais baixa que o normal. Há duas marés vivas a cada mês lunar, na lua cheia e na lua nova, quando o sol, a terra e a lua estão alinhadas; e duas marés mortas nas luas crescente e minguante (Kamal 2021).

A erosão da praia pode ser manifestada pela inundação completa da praia subaérea, geralmente associada a maré alta e grandes ondas. Com níveis de água mais baixos e ondas de curto período, cortes quase verticais ou escarpas podem ser formados (Dean & Dalrymple 2004; Senechal & Arzaburub 2020).

As marés são importantes aos processos costeiros, pois sua interação com as praias determina em grande parte a localização de muitos acidentes geográficos costeiros. Os tipos de maré determinam o intervalo entre as marés e, portanto, o tempo disponível para a costa secar após a maré alta, o que é significativo para os processos de intemperismo da costa e atividade biológica. Além disso, o maior impacto da maré é deslocar a linha costeira entre a maré alta e a maré baixa e gerar correntes de maré paralelas à costa ou nas enseadas e estuários, que fluem para as enseadas e perpendiculares à costa (Kamal 2021).

3.4.2.3 Correntes costeiras

As correntes geradas pelo vento e pela maré são contribuintes adicionais significativos para o transporte de sedimentos (Aagaard & Hughes 2013). As correntes oceânicas são movimentos contínuos impulsionados pelos ventos, densidade da água e marés. A rotação da terra resulta no efeito Coriolis que também influencia as correntes oceânicas e essas correntes estão localizadas tanto na superfície do oceano (correntes de superfície) quanto em águas profundas abaixo de 300 m (correntes de profundidade) (Kamal 2021).

As correntes de maré podem contribuir para a erosão e deposição, tanto diretamente como através da redistribuição das areias ao longo da costa, bem como às vezes exportando areia para profundidades onde a mesma não pode mais ser ressuspensa em condições normais de onda (Concejo 2020). Independentemente da amplitude das marés, as correntes de maré são intensificadas em estuários e baías devido a restrições topográficas. O ritmo de subida e descida das mesmas alteram os níveis de água em praias de micromarés, mesomarés e macromarés (Nordström & Jackson 2012).

As correntes podem ser geradas por diversas fontes, dentre elas: pelas correntes de maré, vento e tempestade. As correntes na zona costeira são amplamente responsáveis pela maior parte da movimentação de sedimentos e pela alteração das formas de relevo em praias. As correntes paralelas à costa ou litorâneas, geram ondas que quebram em direção à praia e transportam areia para dentro, fora e ao longo de uma praia. Essa movimentação, além de transportar a água para a costa quando as ondas quebram, também contribuem na reconstrução das praias após processos de erosão (Kamal 2021).

As correntes de maré são mais fortes em grandes profundidades e longe da costa. As correntes são geradas à medida que o nível do mar sobe e desce com a maré. As correntes de enchente transferem água para a costa na medida em que a maré sobe e as correntes de vazante fluem da costa para mar adentro no momento em que a maré baixa (Pinet 2017).

3.5 MORFODINÂMICA DE PRAIAS ARENOSAS

3.5.1 Estados morfodinâmicos

A classificação de praias a partir da morfodinâmica é um tema consagrado no cenário da geomorfologia costeira e assume-se que a classificação mais utilizada é a descrita por Wright & Short (1984) introduziram a classificação morfodinâmica de praias utilizando o conceito de "estágio ou estado morfodinâmico" (Pinheiro 2017) para se referir a dinâmica das praias e seu equilíbrio através da classificação das características morfológicas e hidrodinâmicas em que as praias são classificadas em três estágios: refletivas, dissipativas ou intermediárias, descritas a seguir (Holanda *et al.* 2020).

A classificação do estado morfodinâmico da praia depende da representação precisa das condições de quebra das ondas, tamanho do grão e amplitude das marés. As praias são um produto de ondas e marés que atuam sobre os sedimentos na costa e podem ser caracterizados empiricamente usando quatro parâmetros principais, altura da arebentação (Hb) e período (Tp), amplitude de maré (TR) e tamanho do sedimento (Jackson & Short 2020).

As praias sofrem mudanças temporais ao longo do ciclo das marés e pelas condições das ondas. Como consequência, as praias estão em um estado de fluxo contínuo a mudanças, embora esses quatro parâmetros sejam amplamente considerados como controladores ou condicionantes da morfologia da praia, cada um desempenha um papel específico no tempo e no espaço (Jackson *et al.* 2022).

Em praias adjacentes a rios e estuários a acumulação preferencial de sedimentos finos será silte e argila. Entretanto, se as condições de energia de ondas e marés forem suficientes para que ocorra o transporte de sedimentos, observa-se a formação de praias de areia e cascalho em áreas com configuração fisiográfica favorável, o que configura as praias estuarinas com características morfológicas distintas das praias oceânicas (Cunha 2017).

A amplitude das marés associadas às ondas e a sazonalidade local, condicionam a largura da praia e a morfologia de cada setor do perfil, devido à distribuição e o retrabalho de sedimentos. Essas forçantes, condicionam o comportamento morfodinâmico de praias durante eventos de energia suficiente de erosão e deposição sedimentar.

O estado ou estágio modal; entendido como a configuração do estado de praia modal ou dominante em um determinado local em resposta às condições típicas de praia de ondas e existe uma extensa literatura que trata da definição do estado de praia e/ou da classificação do estado modal da praia (Gómez-Pujol & Orfila 2020).

O desenvolvimento de uma abordagem morfodinâmica nos estudos de praia foi iniciado na década de 1970 em que a Escola Australiana de Geomorfologia Costeira classificou as praias segundo seu estado morfodinâmico em estados dissipativo, refletivo e outros quatro intermediários, associados a regimes hidrodinâmicos (nível de energia da praia) característicos para determinados trechos de costa (Wright & Short 1984) (Figura 8). Ao longo dos anos diversos autores vêm dando continuidade a classificação do estado modal de praias como Dean (1973), Wright & Short (1984), Jackson & Nordström (1993), Masselink & Short (1993), Sasaki (1980), Calliari *et al.* (2003), Muehe (2020), Short & Jackson (2013); Muehe & Oliveira (2014), Short (2020), Mercaldi (2022), entre outros.

O modelo de praia dominado por ondas classifica as praias por meio da velocidade de queda adimensional pelo parâmetro morfométrico Ω de Dean (1973) conforme a equação (1). Está relacionado com o tamanho, densidade e forma do grão do sedimento (Muehe 2002). Observações ao longo de uma série de praias do sul da Austrália indicaram que o parâmetro Ω (Tabela 1) pode ser usado para definir o estado da praia (Gómez-Pujol & Orfila 2020). Na figura 8, o Modelo dos estados/estágios morfodinâmicos de praia modificados por Wright & Short (1984), mostra a dinâmica de erosão e deposição de sedimentos em praias dominadas por ondas.

$$\Omega = H_b/W_s * T \quad (1)$$

H_b é a altura de onda na arrebentação;
 W_s (m/s) é a velocidade de decantação das partículas sedimentares
 T é o período médio de ondas.

Tabela 1 - Limites dos estágios morfodinâmicos do parâmetro ômega (Ω).

Estágio Morfodinâmico	Valores Limites
Refletivo (R)	< 1,50
Terraço de Baixa Mar (TBM)	2,40
Bancos Transversais (BT)	3,15
Banco e Praia de Cúspides (BPC)	3,50
Banco e Calha Longitudinal (BCL)	4,70
Dissipativo (D)	> 5,50

Fonte: Wright *et al.* (1984).

Modelo de estado de praia modificado por Wright & Short (1984)
Praias dominadas por ondas e suprimento ilimitado de areia, influencia limitada da maré e da geologia, energia de ondas suficientes para a criação de barras arenosas.

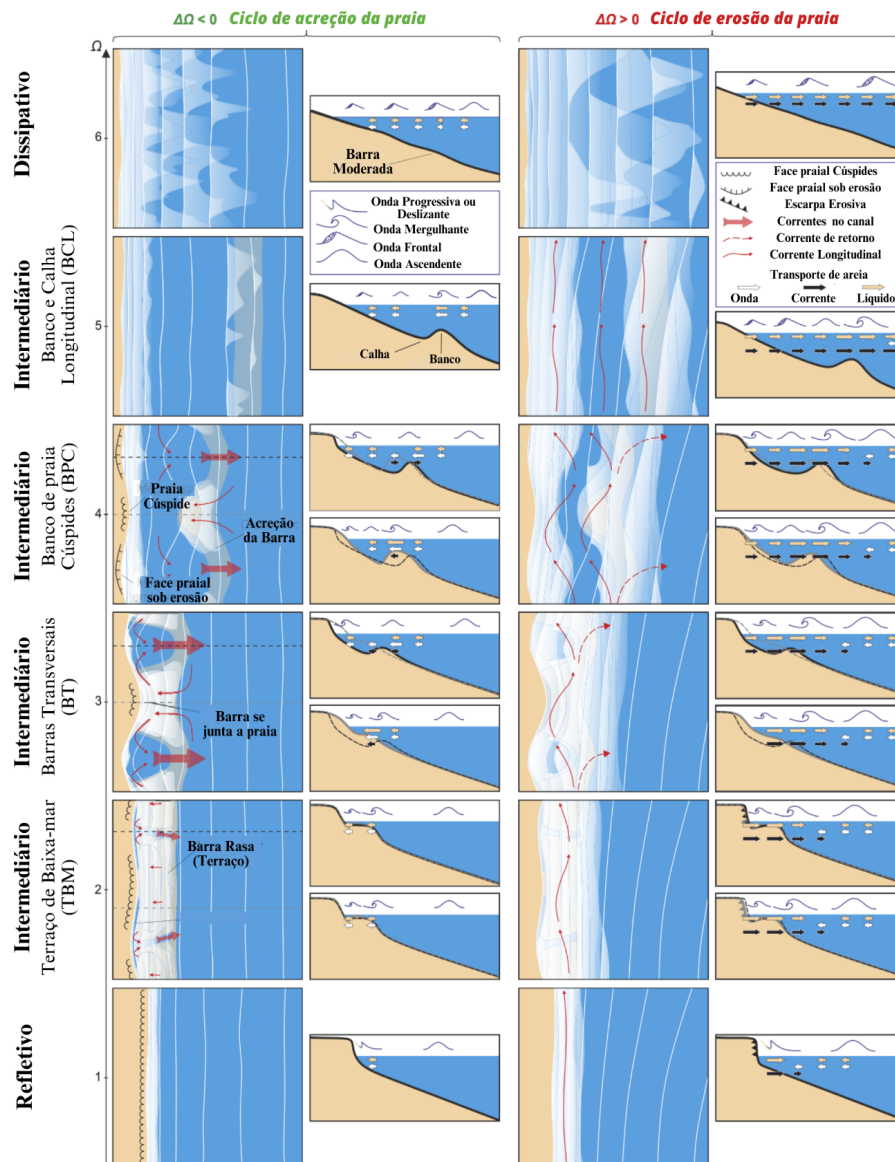


Figura 8 - Modelo dos estados/estágios morfodinâmicos de praia modificados por Wright e Short (1984), com painéis à esquerda ilustrando a deposição de sedimentos e os painéis a direita com sequência erosiva; as setas descrevem a magnitude e direção do transporte de sedimentos sob influência de relativas de ondas e correntes. Fonte: Castle & Masselink (2022).

Os tipos de praia são definidos em dominados por ondas, modificados pela maré ou dominados pela maré, com base na amplitude relativa da maré, obtida pela equação (2). Através do parâmetro RTR designado por Davies & Hayes (1984); Masselink & Short (1993).

$$RTR = MSR/H_b \quad (2)$$

RTR é o parâmetro relativo a variação da maré;
MSR amplitude de maré (obtido através das tábuas de maré da área de estudo).
H_b altura de onda significativa

Diferentes modelos sequenciais de evolução de praias arenosas têm sido propostos, destacando-se os das escolas de Geomorfologia Costeira americana (Sazaki 1980) e australiana (Wright & Short 1984).

Sazaki (1980) estabeleceu um modelo baseado nas características das praias, segundo três estágios/estados morfodinâmicos: dissipativo, reflexivo/refletivo e intermediário, com base na declividade do perfil praiial (β), expressa em graus (Tabela 2), obtida através da equação (3).

$$\text{Tan}\beta = \text{oposto/adjacente} \quad (3)$$

Tan β = refere-se a declividade obtida em graus

Oposto = elevação do terreno

Adjacente = Distância entre o máximo e o mínimo valor registrado do perfil

Tabela 2 - Classificação dos estados morfodinâmicos de praias arenosas.

PARÂMETROS	ESTADO MORFODINÂMICO		
	DISSIPATIVO	INTERMEDIÁRIO	REFLEXIVO
ONDAS			
Tipo de Quebra	Deslizante	Deslizante/mergulhante	Mergulhante/frontal
Número de Quebras	> 3	1-3	1
Refletividade	Baixa	-	Alta
Nível Relativo de Energia	Alto	Médio	Baixo
Ângulo de Incidência	Normal a costa	Médio (0-10°)	Oblíquo (10-45°)
CORRENTES			
Horizontais	Grandes giros	Pequenos giros	Unidirecional
Costa Afora	Correntes de retorno intensas	Correntes de retorno médias	Fluxo rumo ao sotamar
MORFOLOGIA			
Barras	Múltiplas, paralelas	em crescente	sem barras
Declividade Média	< 2°	2-4°	> 4°
Cúspides e irregularidades da linha de costa	embaixamentos rítmicos/ aperiódicos	Cúspides de surfe	Cúspides de espraiamento
Perfil praiial	Plano	Transicional (berma)	em degraus (berma)
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
Longitudinal	Baixo	Médio	Alto
Costa adentro/ Costa a fora	Alto	Médio	Baixo
Modo dominante	Suspensão	Misto	Carga de fundo
Granulometria	Fina	Média	Grossa
Atividade Eólica	Alta	Média	Baixa

Fonte: Segundo Sazaki (1980); modificado por Souza (1997).

4 ÁREA DE ESTUDO

4.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO A PRAIA DO CARIPI

A praia estuarina do Caripi está situada em Barcarena, mesorregião metropolitana de Belém (Pará), limitada ao Norte pela Baía de Guajará e município de Belém; ao Sul pelos municípios de Moju e Abaetetuba; Leste pela Baía de Guajará e município de Acará e a Oeste, pela Baía de Marajó (Cunha 2017). Situada nas seguintes coordenadas geográficas: latitude $01^{\circ} 30' 21''$ sul e longitude $48^{\circ} 37' 33''$ oeste, distando 30 km em linha reta de Belém. Seu território é dividido por pequenas ilhas: das Onças, Ipiranga, Trambioca, Mucura, Arapari, entre outras (Santos 2018).

O acesso à área por via fluvial se dá através de embarcações que atravessam o complexo hídrico Guamá/Acará que aportam nos portos de Arapari e de São Francisco (Barcarena), seguido de veículo pela PA – 151 e PA – 483 (Cunha 2017). Outro meio é por via terrestre, partindo de Belém pela BR-316 até a Alça Viária - PA-483, sobre os rios Guamá, Acará e Moju, por 66 km. Ao chegar à sede municipal o acesso à praia do Caripi, se dá ao trevo de acesso à Vila dos Cabanos até chegar à PA-481 (Figura 9).

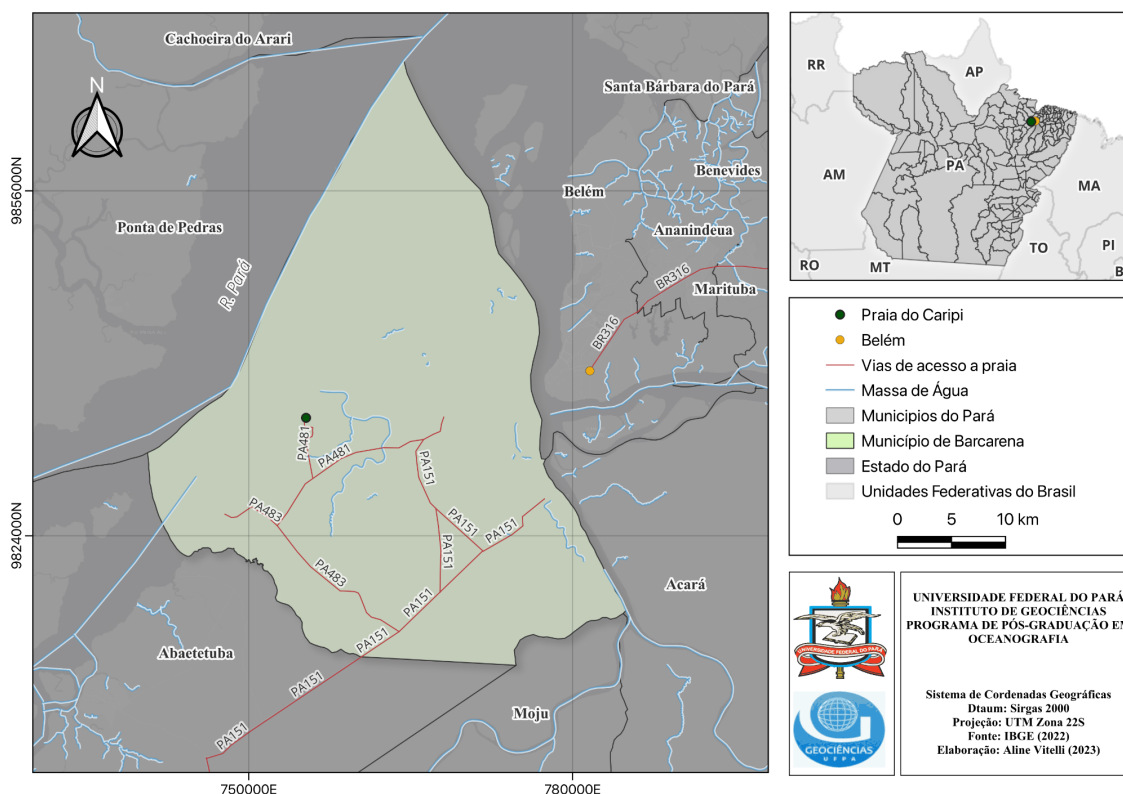


Figura 9 - Área de localização do município de Barcarena e área de estudo (praia do Caripi), com as principais vias de acesso e municípios adjacentes.

Fonte: Autora.

A praia do Caripi está inserida no Setor 3 (Continental Estuarino), com faixa de areia estreita e largura que diminui do NE (Nordeste) em direção ao SO (Sudoeste). Esta praia apresenta extensão de 1.20 km e largura de 100 m e está localizada à margem direita do estuário do Rio Pará, sendo adjacente à foz do Furo do Arrozal (18 km de extensão), utilizado como fundeadouro (fundeio de balsas) (Figura 10). As atividades socioeconômicas predominantes na área (portos, pesca artesanal, habitação e comércio) embora possa ter boa proposta econômica, a implementação de um terminal portuário tem como consequência uma série de impactos ambientais que afetam não somente a biodiversidade local, como tem efeitos sobre as margens (erosão e/ou assoreamento) (Almeida & Oliveira 2022).

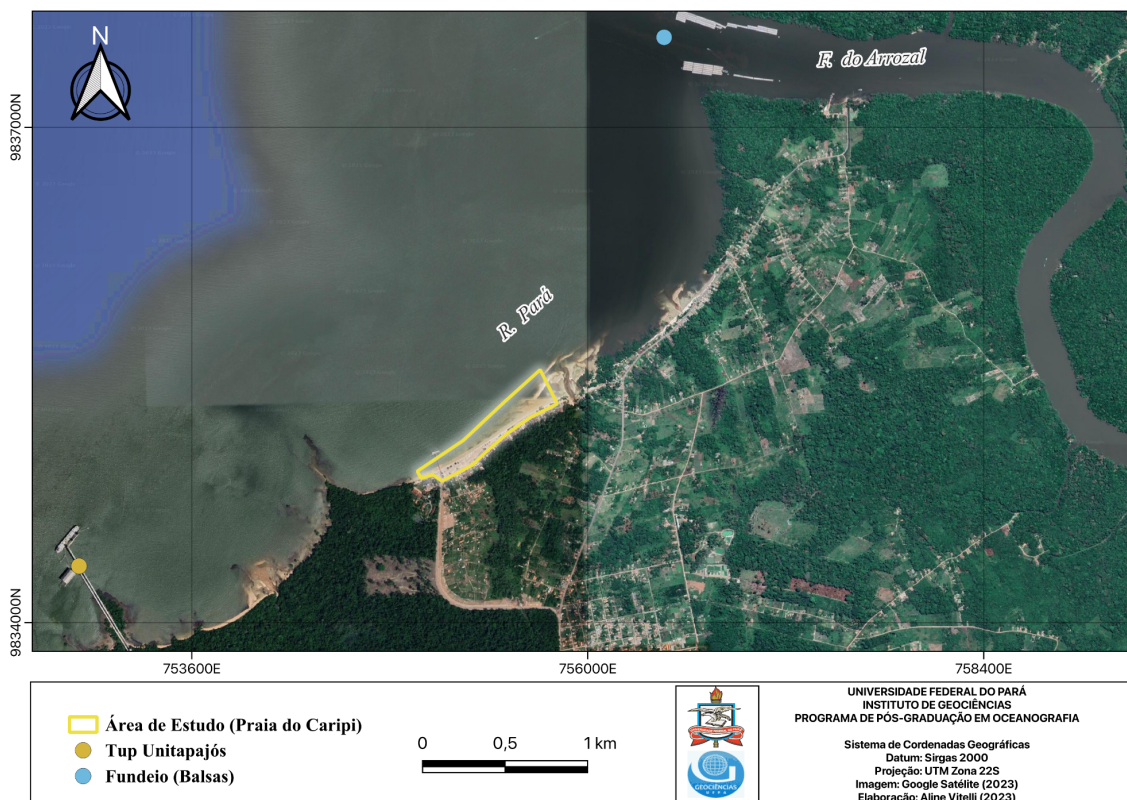


Figura 10 - Localização do Terminal de Uso Privativo da Unitapajós à margem direita da praia do Caripi. À esquerda, a mesma está sob influência do Furo do Arrozal, que funciona como fundeadouro.
Fonte: Autora.

O acesso à praia conta com pavimentação asfáltica e pier/ trapiche de sustentação de madeira, que passou por interdição pela secretaria municipal de indústria, comércio e turismo, para atracação de embarcações (Portal Barcarena & G1 Pará 2023). De acordo com o Processo Licitatório Concorrência N°. 3012/2022 a construção do pier em concreto armado na praia do Caripi, passa por revitalização desde outubro de 2022 com previsão de conclusão em 13 de agosto de 2023 (Figura 11 a - b).



Figura 11- Pier/trapiche de acesso à praia do Caripi; (a) Vista aérea (drone) e (b) vista lateral.
Fonte: Autora.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE INVESTIGAÇÃO

4.2.1 Aspectos socioambientais

O polo industrial de Barcarena é composto por empresas que possuem atividades de diferentes ramos da indústria, além de conter o maior porto do estado. Os processos produtivos das empresas impõem impactos ambientais e sociais que geram situações prejudiciais para as comunidades vizinhas, tanto pelas grandes transformações das características fisiográficas da região, quanto pelos resíduos gerados no processo de beneficiamento, produção e transportes. São os mais variados impactos socioambientais que vem ocasionando mudanças estruturais e ambientais na região (Melo *et al.* 2020).

Os impactos gerados pela extração de recursos minerais resultam em conflitos socioambientais, considerando que a atividade industrial interfere na relação entre as populações e os recursos naturais, baseado no histórico-cultural e na ocupação do espaço. A Lei Municipal nº 2200/2017, de 26 de dezembro de 2017, descreve que 2014, o município recebeu da Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará - SEMAS, com o documento de habilitação de gestão Ambiental Municipal, que credencia o município ao poder de licenciar e executar ações de educação ambiental, fiscalização, autuações e regularização de todas as atividades que causem impacto ambiental local.

4.2.2 Aspectos socioeconômicos

O município está subdividido em 5 regiões administrativas: Sede, Murucupi, Estrada, Ilhas e Conde. A praia do Caripi encontra-se inserida na região administrativa do Distrito de Murucupi (Vila dos Cabanos), com um total de 34 bairros. Sua área territorial corresponde a

1.310,338 km², com população estimada de 129.333 hab. e densidade demográfica de 76,21 hab/km² (IBGE 2021). A maior parcela das comunidades está situada na vila dos Cabanos, uma área planejada para atender a população e a operação das empresas, situadas no entorno do estuário do Rio Pará.

Barcarena é conhecida por abrigar um grande complexo industrial pelos principais portos de Vila do Conde que atendem a empresa que beneficia o alumínio primário, sendo atualmente a maior usina de beneficiamento de bauxita do mundo (HYDRO ALUNORTE) (Cunha 2017). A área conta com a instalação da Imerys Rio Capim Caulim que possui estação portuária própria, onde se realizam as importações/exportações de cargas de minério (carbonatos de cálcio, caulim e perlita) (IMERYS 2023).

Os acidentes industriais surgem através do processo de industrialização e desenvolvimento e introdução de novas tecnologias de produção, fortalece e acelera o uso e a ocupação de territórios com potencial de extração de recursos naturais. O município apresenta um quadro histórico em acidentes ambientais, que comprometem a qualidade de vida da população, a economia, as condições naturais do meio físico, biológico e químico dos recursos hídricos, do solo e da atmosfera.

De acordo com Catete *et al.* (2017) a praia do Caripi é uma das praias mais frequentadas pela população do estado do Pará, sendo uma das mais próximas a esses grandes empreendimentos. O grande número de empresas explica o grande número de registros de acidentes ambientais ao longo dos anos, onde houve o transbordo e vazamento de rejeitos da Albrás e Alunorte (hoje Hydro Alunorte)/Imerys (2004); (2006 e 2007) Vazamento de material das bacias de rejeito da Imerys; (2009) Transbordo da bacia de contenção de efluentes da fábrica Albrás e Alunorte (hoje Hydro Alunorte); Rompimento de duto com efluentes ácidos da Imerys (2011); Vazamento de material das bacias de rejeito da Imerys (2012 e 2014); de acordo com Macêdo (2019) um dos maiores acidentes hidrográficos do Pará, onde ocorreu o Naufrágio de um navio que transportava 5.000 bois e óleo - Porto do conde (2015); Vazamento de material das bacias de rejeitos da Imerys (2016).

Um dos acontecimentos mais recentes é no ano de 2021, ocasionado por um incêndio em um dos galpões de armazenamento de produtos químicos (Hidrossulfito de sódio) da mineradora multinacional Imerys, comprometendo a saúde respiratória das comunidades do entorno, além de possivelmente ter comprometido a qualidade ambiental da área (Coordenadoria de Imprensa do TJPA & O Liberal 2022). Os arredores das indústrias são recortados por grandes e pequenas drenagens, aumentando os riscos ao meio ambiente e a

população. Mas, apesar das ocorrências acidentais é válido mencionar que estes empreendimentos são fundamentais para o desenvolvimento local, regional e nacional.

Portanto, dentre vários acidentes ocorridos nos últimos anos foi criado um termo de compromisso nº 2/2016, firmado entre o Ministério Público do Estado do Pará, Ministério Público Federal e Companhia de Desenvolvimento Econômico do Pará, para ajustar o procedimento de monitoramento ambiental da atividade desenvolvida na área da Companhia de Desenvolvimento Econômico do Pará, situada no município de Barcarena. Com intuito de fiscalizar com mais eficácia as atividades fabris da região, minimizando assim a degradação ambiental na mesma (MPF & MPE 2016).

4.2.3 Geologia

O prisma praial do Caripi está assentado sobre os sedimentos do Grupo Barreiras, que afloram na forma de blocos de arenitos ferruginosos no setor oeste entre a intermaré e a inframaré, enquanto os sedimentos do Pós-Barreiras e recentes (Quaternário) como areias, lamas e cascalhos são predominantes nas ilhas (Ferreira *et al.* 2020). O Quaternário é representado por sedimentos areno-argilosos (Pleistoceno) do Pós-Barreiras e depósitos da planície aluvionar, estuarina e costeira (sedimentos recentes) (El-Robrini *et al.* 2018).

Na praia do Caripi, a ocorrência de sedimentos recentes de areia fina a média são predominantes, já que a faixa de praia apresenta acumulações temporárias de sedimentos, devido a dinâmica das ondas, correntes e marés, além da acumulação de depósitos rochosos entre os sistemas de bancos e calhas longitudinais.

4.2.4 Geomorfologia

A geomorfologia da área de estudo é caracterizada como planície estuarina, devido à grande influência do estuário do rio Pará, englobando as Baías do Marajó e do Guajará. A planície estuarina é composta de terrenos (Holoceno), praias estuarinas curtas e planícies de maré lamosa, terraços de maré baixos (El-Robrini *et al.* 2018). Composto também, por canais sinuosos, bancos longitudinais transversais sucessivos e calhas, ambos na intermaré.

4.2.5 Tipos de solos

Freitas *et al.* (2020) mapearam três tipos de solos na área de trabalho: Espedossolo Ferrihumiluvico, Gleissolo Háptico e Latossolo Vermelho Amarelo. Dessa forma, os Gleissolos Hápticos, que abrangem a macrozona rural das ilhas, são solos compostos por argila, e são regularmente e/ou constantemente saturados com água, sendo hidromórficos desenvolvendo

problemas quando drenados, dificultando o crescimento de raízes e os Espodossolos Ferrihumilúvicos são muito arenosos, portanto, suscetíveis à erosão. Os Latossolos Vermelho-Amarelos são solos minerais, profundos, drenados e típicos de relevo plano (EMBRAPA 2017).

4.2.6 Cobertura vegetal

A cobertura vegetal é primitiva de Floresta Densa (característica da floresta amazônica) e Floresta Secundária com diferentes estágios de desenvolvimento. Há também uma vegetação de várzea típica de áreas inundáveis, sobretudo palmeiras, tais como açaí, Buriti, entre outras. Nas margens dos rios e igarapés, predominam as florestas Ciliares e de várzeas nos trechos sob influência de inundações, ocorrendo, também, o mangue e a siriúba, margeando os grandes rios e as ilhas do município (Cunha 2017).

4.2.7 Hidrografia

A praia do Caripi localiza-se à margem esquerda do Furo do Arrozal que integra a bacia do estuário Rio Pará, este é conectado a vários canais de maré, compondo um grande contingente de água doce para o oceano, sem nascente própria, seus principais rios são: Araguaia, Tocantins, Capim, Acará, Moju, Guamá, Anapu, Jacundá, Pacajás e Araticum. Com forte influência das águas do rio Amazonas, as quais são trazidas pelo “furo” de Breves (Ferreira *et al.* 2022). Suas características geomorfológicas são moldadas pelos efeitos dos processos oceanográficos atuantes nesta região (Rosário *et al.* 2016; Silva Junior *et al.* 2022).

4.2.8 Clima e parâmetros meteorológicos

A praia do Caripi é influenciada por clima quente e úmido (Clima Equatorial Amazônico) do tipo Af, com temperatura média anual de 27 °C. A região continental estuarina não apresenta estação seca definida, apenas observando-se os períodos “chuvoso” e “menos chuvoso/seco”, sem inverno e baixas amplitudes térmicas que influenciam na vazão dos rios da região e as características físico-químicas (Cunha 2017). De acordo com Novais & Machado (2023) a área de estudo é influenciada por clima Equatorial úmido Amazônico Oriental-Eq'oam, com subdomínio de clima Litorâneo, que segue as planícies marinhas, tabuleiros costeiros, até o limite com os planaltos, dividido em litorâneo Amazônico na Amazônia Oriental (Pará) (Novais & Machado 2023).

Os mesmos autores, ainda descrevem que a temperatura média anual varia de 21,1 °C a < 26 °C na região Norte. De acordo com o INMET (2022), a média das medições diárias de

temperatura anual ao longo de 2022 registraram o valor máximo de 27 °C e mínima de 26 °C, sendo 36 °C a máxima atingida no ano com instabilidade da temperatura mensal em ambos os períodos.

Os ventos exercem um papel importante na configuração de praias, como na formação de ondas, que, ao atingirem a costa retrabalham, erodem e/ou misturam os sedimentos depositados na zona de intermaré, sendo responsáveis pelo transporte litorâneo dos sedimentos nas zonas das praias (Muehe 2018). Os ventos Alísios ENE são responsáveis pela formação das ondas no litoral paraense. As marés exercem uma função extremamente importante no transporte de sedimentos no litoral paraense (Alves 1999; Cunha 2017).

A magnitude dos ventos, nos períodos chuvoso e seco apresenta valores entre 0,5 e 2,5 m/s, sendo mais acentuados no período seco. Com intensidade fraca pela manhã e moderada a fraca à tarde, rondando de norte para leste, mesmo em condições de ventos fracos, a superfície da água da Baía do Guajará é caracterizada como um sistema relativamente agitado, definindo claramente um regime de fluxo turbulento (Cunha 2017). Os ventos alísios locais são mais intensos entre janeiro e abril, quando sopram predominantemente de nordeste, e mais suave entre junho e outubro, quando oeste/noroeste (Silva Júnior *et al.* 2022).

A área de estudo é influenciada por clima quente tórrido com a temperatura média do mês mais frio acima de 22,5 °C, com a classe de subdomínios semiúmidos com 4 a 5 meses secos. Os seis primeiros meses apresentam maior incidência de precipitação, com média de 2.700 e 3.000 mm/ano e menor intensidade no segundo semestre (seco) (Santos 2017).

Em particular, a Amazônia vem experimentando a ocorrência e recorrência de episódios climáticos extremos, tanto de excesso, quanto de déficit pluviométrico, com as secas e estiagens intensas/duradouras ou períodos chuvosos prolongados de alta intensidade (Ferreira *et al.* 2022).

A influência sazonal pode ser um fator determinante na perda sedimentar é a variável climatológica mais estudada na região amazônica (Travassos *et al.* 2019). De acordo com Santos *et al.* (2018) Barcarena apresenta vulnerabilidade climática, por haver ocorrência de eventos extremos como o fenômeno La Niña correlacionado com a precipitação.

O El Niño e La Niña, influenciam nas condições climáticas e meteorológicas. Na região Norte o La Niña resulta no aumento da precipitação e da vazão dos rios e este evento teve início em setembro de 2020, atingindo a categoria de evento moderado em alguns meses de 2021, com o ano de 2022 marcado por chuvas mais concentradas. O fenômeno persistiu até fevereiro de 2023, com probabilidade de até 70 % (INMET 2023).

Ainda de acordo com o instituto, a distribuição climática sazonal de precipitação no estado do Pará, apresentou uma variação anual de janeiro a dezembro de 2022, em que os maiores acumulados pluviométricos ocorreram entre os meses de novembro a maio, os quais se associam ao regime chuvoso, enquanto os menores valores ocorreram entre junho e outubro, denotando o regime seco na região. Sendo junho e outubro os meses transicionais e nota-se também, que o número de meses chuvosos foi maior em relação aos meses secos (Figura 12).

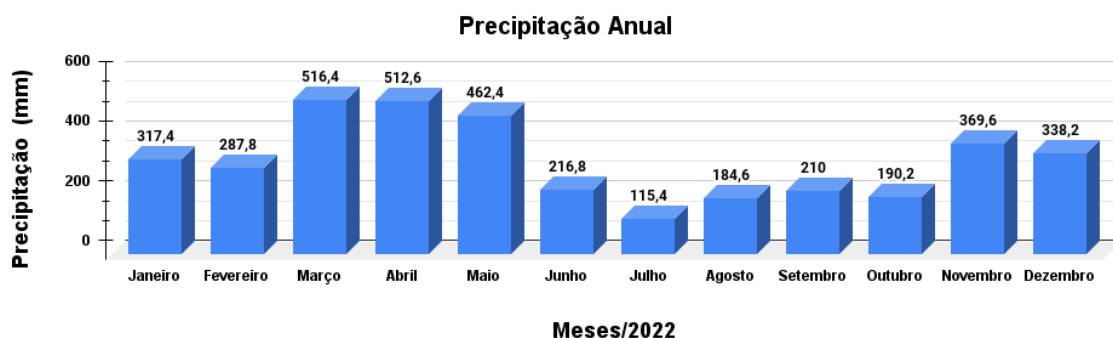


Figura 12 - Dados de acumulados de precipitação anual do ano de 2022 (INMET 2023).

Fonte: Autora.

Contudo, com base nos índices pluviométricos correspondentes aos dias das coletas, nota-se que apesar de julho se enquadrar no período seco e novembro no chuvoso, optou-se por definir os períodos chuvoso para julho e seco ao mês de novembro como meses transicionais, já que os dias de coleta correspondem ao final de todo um ciclo chuvoso e do seco, sendo possível analisar um ciclo sazonal completo, com julho apresentando o final de todo o chuvoso registrado e novembro o seco.

A intensidade das chuvas na primeira campanha foi atuante com acumulado de precipitação de 100 mm para a primeira quinzena de julho, com mínima diária de 0,2 mm e máxima de 25,6 mm. Entretanto, apesar da pluviometria mensal ter sido maior no período seco (novembro) da primeira para a segunda quinzena do mês, houve redução de precipitação de 221,8 mm para 146,8 mm, com mínima de 0 mm e máxima de 77,6 mm.

4.2.9 Aspectos oceanográficos

A Companhia Docas do Pará - CDP (2022) descreve que a altura máxima das ondas é de 0,84 m de amplitude, com período de 3,5s. Na praia do Caripi as ondas são relativamente baixas (altura <1 m), provindas do NE (Oliveira 2014; Correia *et al.* 2017). Os tipos de quebra de ondas dependem diretamente da declividade da praia, da altura e do comprimento de onda.

A praia do Caripi está inserida no setor continental estuarino, sob influência de maré semidiurna (duas preamares e duas baixamars no período de um dia lunar, que corresponde a 24 horas e 50 minutos) (Cunha 2017). O Estuário do Rio Pará é influenciado por mesomaré semidiurna de (2 a 4 m) gerando fluxos bidirecionais (Prestes *et al.* 2017).

Em Barcarena, durante o período chuvoso, a maré de sizígia alcança altura máxima de 3,4 m e mínima de 0,2 m, entretanto, a de quadratura atinge a máxima de 2,7 m e mínima de 0,5 m. No período seco, a maré de sizígia atinge altura máxima e mínima de 3,3 m e -0,2 m e máxima de 2,7 m e mínima de 0,7 m na quadratura (El-Robrini *et al.* 2018).

Observou-se durante as campanhas que as marés de sizígia apresentaram altura de maré máxima de 2,9 m e mínimo de 0,5 m (Figura 13 a) no mês de julho (chuvoso), com média de 1,6 m (DNH 2022). As marés de sizígia de novembro, apresentaram máximos de 3,3 m e mínimos de 0,1 m de altura (Figura 13 b). Observa-se que no período seco, as alturas de maré apresentam valores próximos, entretanto no seco a altura de maré foi maior.

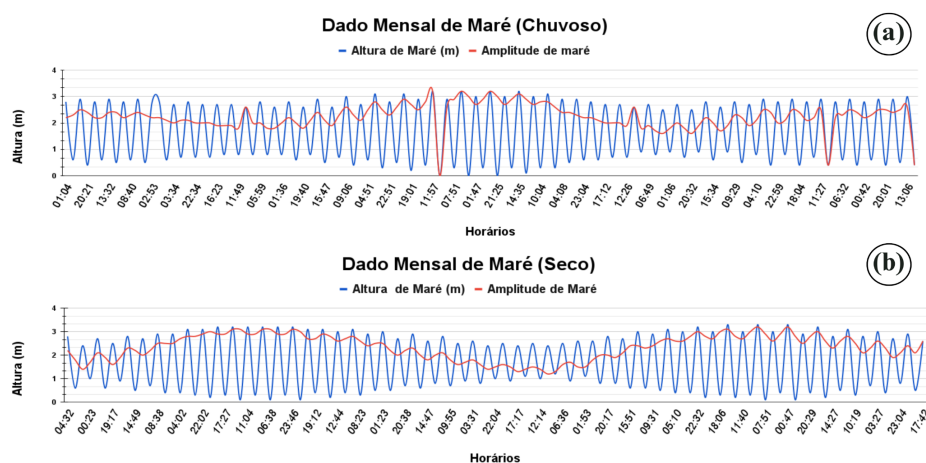


Figura 13 - Variação mensal da altura de maré; (a) Dados do período chuvoso (julho) e (b) Dados do período seco (novembro); DNH (2022).

Fonte: Autora.

No setor continental estuarino, as correntes de maré são paralelas à margem, orientadas em direção a SW durante a enchente e a NW durante a vazante. Com velocidade que pode atingir máxima de 1,74 m/s e pode ser superior a 1,1 m/s durante a sizígia. Na quadratura, a velocidade máxima não ultrapassa 0,63 m/s (El-Robrini *et al.* 2018). Segundo Rosário (2016) as correntes no estuário do Rio Pará, durante o período de baixa descarga, apresentam máxima velocidade de corrente vazante de 1,64 m/s e máxima velocidade de enchente foi de -1,76 m/s (o sinal negativo indica sentido a montante do rio). Entretanto, no período de alta descarga, a máxima velocidade de corrente de maré vazante foi de 1,3 m/s e, a máxima corrente de maré enchente foi de -1,6 m/s.

A salinidade na praia do Caripi, está relacionada ao trecho da zona de rio, estuário superior do rio Pará, entre Belém e a costa sul-sudoeste da Ilha de Marajó na parte sul da foz do rio Amazonas (Santos 2018). Medições de salinidade apontam valores de 0,16 mg/L a 0,02 mg/L, caracterizando esta área como Zona de Rio (estuário superior do rio Pará), sofrendo apenas a influência da dinâmica dos efeitos das marés, forçante dominante na região (Ferreira *et al.* 2022). Dado comprovado mediante as medições in loco, que apresentou salinidade 0 mg/L tanto no final do período chuvoso quanto no final do período seco de 2022.

Os rios amazônicos são classificados de águas brancas, escuras e claras, com diferentes valores de pH (Medeiros 2017). Assim, os rios de águas brancas estão entre 6,2 e 7,2, os rios de águas claras entre 4,5 e 7,8 e os rios de águas pretas entre 3,8 e 4,9. Por outro lado, pode ser alterado nos rios, em que de um pH de 4,0 eleva-se até 7,8 (Piratoba *et al.* 2017).

A Resolução CONAMA n° 357/2005/MMA dispõe sobre a classificação das águas superficiais e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, quanto à salinidade dos corpos hídricos, o rio Murucupi apresenta característica de águas doces, escuras e claras e a sua qualidade sofre mudanças significativas em decorrência da sazonalidade (chuvoso e seco), com pequenas variações entre os índices de qualidade das águas durante as marés de vazante e enchente, constatando melhoria de qualidade na maré enchente (Medeiros 2017).

4.3 OBRAS DE CONTENÇÃO COSTEIRA

O processo de ocupação das zonas costeiras é uma realidade que vem se expandindo cada vez mais ao passar dos anos e observa-se inúmeras problemáticas envolvendo as fragilidades inerentes nesta zona de transição entre o continente e o mar. Logo, trata-se de uma região onde há grande circulação de energia, sendo o gradiente sedimentar importante agente morfológico que pode ser verificado e quantificado em locais com deposição e remoção de sedimentos (Espinoza & Herzog 2017).

Barcarena, onde encontra-se a praia do Caripi, é uma área de grande atrativo econômico, onde associado ao processo de ocupação, tem-se inserido instalações de polos industriais, com a introdução de empreendimentos de beneficiamento mineral. As zonas costeiras são vulneráveis devido às diferentes formas de uso e ocupação da terra e conseqüentemente um desequilíbrio ambiental de degradação da biodiversidade local (Freitas *et al.* 2020).

Para caracterizar os processos que ocorrem em uma região costeira, é necessário avaliar a geologia do local, uma vez que a evolução geológica condiciona tanto a fisiografia da costa, quanto a abundância e as propriedades dos sedimentos (Pinheiro *et al.* 2021). Além dos aspectos

geológicos nos processos morfodinâmicos, o fator climático interfere nas propriedades sedimentares, gerando o transporte sedimentar.

O processo de remoção natural de material sedimentar do ambiente costeiro caracteriza a erosão da linha de costa. A trajetória de transporte sedimentar numa praia é, por sua vez, controlada pela hidrodinâmica (ondas, marés, correntes, descarga fluvial) e fatores eólicas (ventos) que atuam simultaneamente (Ranieri & El-Robrini 2020).

A fim de evitar o processo acentuado de remoção dos sedimentos costeiros, estudos vêm sendo desenvolvidos com o propósito de compreender a vulnerabilidade ambiental a erosão e possíveis desastres. Dessa forma, mecanismos de planejamento ambiental e utilização de ferramentas integradas são eficazes para obtenção de informações valiosas a respeito de fatores que interferem sobre a vulnerabilidade do território, para assim haver políticas de gestão assertivas (Garcia-Avllon *et al.* 2015). As praias estão sujeitas a vulnerabilidade ambiental e municípios que assim como Barcarena, sofrem um processo voraz de urbanização (Freitas *et al.* 2020).

A Política Estadual de Gerenciamento Costeiro (PEGC/PA), criada pela Lei nº 9.064, de 25 de maio de 2020, DOE nº 34234, segundo SEMAS (2020), tem por objetivo a gestão dos recursos naturais da Zona Costeira, de forma integrada e participativa, visando a melhoria da qualidade de vida das populações locais, a preservação dos habitats específicos indispensáveis à conservação da fauna e flora, adequando as atividades humanas à capacidade de suporte dos ecossistemas. O capítulo III da Abrangência Geográfica, Art. 6º: A faixa terrestre da Zona Costeira, para fins da PEGC/PA, é composta por 47 municípios subdivididos em 5 (cinco) setores:

Tabela 3 - Setorização da zona costeira paraense de acordo com a Política Estadual de Gerenciamento Costeiro (PEGC/PA), Lei nº 9.064, de 25 de maio de 2020, DOE nº 34234.

I- Setor	II- Setor	III- Setor	IV- Setor	V- Setor
Marajó Ocidental	Marajó Oriental	Continental Estuarino	Flúvio-Marítimo	Costa Atlântica Paraense
Afuá, Breves, Anajás, Chaves, São Sebastião da Boa Vista, Curralinho, Melgaço, Portel, Bagre, Oeiras do Pará e Gurupá;	Santa Cruz do Arari, Soure, Salvaterra, Cachoeira do Arari, Ponta de Pedras e Muaná;	Abaetetuba, Barcarena, Belém, Ananindeua, Marituba, Benevides, Santa Bárbara do Pará, Santa Isabel do Pará, Inhangapi e Castanhal;	Colares, Vigia, Santo Antônio do Tauá, São Caetano de Odivelas, São João da Ponta, Curuçá, Terra Alta, Marapanim, Magalhães Barata e Maracanã;	Santarém Novo, Salinópolis, São João de Pirabas, Primavera, Quatipuru, Capanema, Tracuateua, Bragança, Augusto Corrêa e Viseu.

Fonte: Semas (2020).

A erosão costeira e as suas problemáticas associadas são um importante aspecto inerente no gerenciamento da zona costeira em todo o mundo. Dentre as possibilidades de manutenção da linha de costa, é imprescindível a inserção de pesquisas quanto aos processos morfodinâmicos, associados às ferramentas de gerenciamento costeiro. Os projetos de estruturas rígidas de defesa litorânea devem ser implantados de forma a permitir o preenchimento equilibrado das praias, principalmente em locais onde os processos erosivos são mais intensos (Pinheiro *et al.* 2021).

O Projeto Orla propõe parâmetros de classificação da orla, tanto dos seus atributos físico-naturais quanto em relação a sua utilização e conservação. Um dos fundamentos deste projeto é o emprego de instrumentos de ordenamento territorial, com a classificação e o enquadramento da Orla Marítima, considerando o padrão de qualidade ambiental que se deseja atingir e/ou manter ao longo do tempo (Sobrinho 2006 *apud* Ranieri & El-Robrini 2016).

As obras de engenharia rígida na linha de costa são uma das ferramentas de gestão do espaço costeiro, com o objetivo de minimizar e controlar os processos erosivos. Atualmente, os tipos de obras de contenção em zonas costeiras vêm sendo ampliadas e diversificadas, sendo necessário estudos prévios, antecedem a implementação desses projetos.

O projeto Orla no Estado do Pará, está sendo tratado, com base em informações peculiares sobre a hidrodinâmica estuarina e costeira da região Norte, as unidades morfológicas, os dados socioeconômicos, as leis ambientais e os aspectos fundiários (Ranieri & El-Robrini 2020). A praia do Caripi é contemplada com a implementação deste projeto, a fim de garantir a integridade ambiental e da população. Para que estas estruturas tenham a eficiência esperada é necessário que tenha sido projetada de maneira adequada e para função correta, visto que cada estrutura age de determinada maneira no ambiente e erros nos projetos podem agravar as situações ou originar outras problemáticas (Pinheiro *et al.* 2021).

As tipologias de obras de contenção e/ou estruturas rígidas são as mais diversificadas e têm sido introduzidas no ambiente costeiro como alternativa de minimizar o avanço da erosão. É necessário compreender que toda obra causa algum tipo de impacto negativo no ambiente, portanto devem ser levados em consideração as características locais (região em que estão inseridas, energia da maré e ondas), sendo necessário realizar uma análise completa e minuciosa sobre os possíveis e principais impactos que possam surgir.

Segundo Monteiro *et al.* (2016) a erosão costeira é um processo natural causado por parâmetros múltiplos e associados (onda, maré, estruturas rígidas, urbanização, mudanças climáticas e outros). Os processos erosivos associados à inexistência de planejamento das

estruturas de controle podem provocar um aumento da instabilidade local, afetando ou agravando situações de risco aos que residem na proximidade.

Os estudos realizados em praias estuarinas como as de Barcarena, indicam que os processos de erosão e de progradação são cíclicos. Nos períodos chuvoso e seco, a princípio ocorre retrogradação praial e posteriormente o engordamento praial (El-Robrini *et al.* 2018).

A inserção de estruturas rígidas é uma alternativa de proteção utilizando estruturas fixas (obras de reflexão ou retenção de sedimentos) como muros de proteção, quebra-mares, espigões e molhes faz com que haja um maior controle sobre o transporte sedimentar costeiro, visando à diminuição da taxa de erosão local por retenção de sedimentos (GI-GERCO 2018).

As obras de contenção costeira são utilizadas para proteger ou recuperar os sistemas naturais (falésias, dunas, mangues e praias; gerando zonação morfológica e biótica) ou para proteger elementos humanos (construções, infraestrutura etc.). Klein *et al.* (2005) propuseram uma classificação funcional que organiza as estruturas costeiras em: (1) Reflexão e/ou dissipação de energia das ondas; (2) Armadilha de sedimentos; e (3) Adição de sedimentos (GI-GERCO 2018):

1. Reflexão e/ou dissipação de ondas: São subdivididas em 3 tipologias estruturais: Muro vertical, enrocamento e quebra-mar, estas estruturas atuam na proteção de casas e passarelas contra ação de ondas, porém possui um balanço negativo no efeito sedimentar, pois a interação e reflexão da onda na base da estrutura, promovendo o escavamento da base das estruturas e conseqüentemente o rebaixamento do perfil praial.

2. As armadilhas de sedimentos: São caracterizadas por estruturas do tipo: espigão, quebra-mar, rebaixamento do lençol freático, cercas ou plantio de vegetação. Estas têm por função a retenção de sedimentos que estão disponíveis para o transporte longitudinal ou transversal na parte submersa e subaérea da praia. Possuem um efeito de balanço sedimentar positivo a barlamar da estrutura, mas pode ser negativo a sotamar da estrutura.

3. Adição de sedimentos: Estão subdivididas em medidas de contenção por meio de alimentação praial, transposição sedimentar, bypassing, backpassing, overpassing, que tem por finalidade a inserção e manutenção de sedimentos na célula costeira, resultando no balanço sedimentar a processos erosivos.

No Brasil e no mundo, as medidas frente aos impactos da erosão costeira são diversas, no entanto, podem ser organizadas sob o ponto de vista da prevenção e mitigação (GI-GERCO 2018). O problema da maioria dessas medidas que utilizam a estruturas rígidas, aderentes ou

não (muros de proteção, diques, quebra-mares, gabiões e outras técnicas), é que elas são construídas para solucionar um problema local, porém pode induzir ao processo de erosão em áreas adjacentes com prejuízos para o patrimônio público e privado, demandando da população e gestores a adoção de medidas emergenciais de custo elevado (Farinaccio 2008; Paula 2015).

Em todos os casos as intervenções na linha de costa devem ser precedidas de protocolos que assegurem sua efetividade e longevidade, como qualquer obra, seja na linha de costa ou não. Além desses objetivos, tais obras também requerem estudos que garantam que seus impactos sejam qualificados como positivos ou negativos, e mensurados tanto com relação à magnitude quanto à abrangência (GI-GERCO 2018).

A erosão costeira é um problema ambiental de ordem pública, ao ser uma resposta da natureza às intervenções antrópicas, causando prejuízos ao poder público e à população (Silva 2022). Dentro dos instrumentos de gestão da zona costeira, o município de Barcarena, a partir da Lei Municipal nº 2200/2017, possui a implantação do projeto orla, de abrangência municipal 2018 - 2021 (SEMAS, 2020). A praia do Caripi possui 1 km de extensão de orla (do tipo gabião), uma estrutura metálica semelhante a gaiolas, formato hexagonal (Figura a); constituída de rochas de tamanho considerável (Sila *et al.* 2018).

Os muros de gabiões são estruturas flexíveis, constituídas por caixas construídas por estrutura metálica de alta resistência, com dimensões que vêm em frações de meio metro, preenchidas com blocos de rochas (Figura 14 a-b) resiliente a intemperismo ou desintegração com dimensões suficientes, para evitar perda de material e comprometer o tempo de vida (Cintra 2013). Entre as principais vantagens destaca-se a flexibilidade, pois permitem recalques e deformações sem perder a sua eficiência e função estrutural (Gerscovich 2019).



Figura 14 - Muro de contenção costeira (gabião) (a) visualização lateral da estrutura; (b) visualização frontal.
Fonte: Autora.

4.4 APLICAÇÃO DE DRONES EM AMBIENTES COSTEIROS

As Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP's) popularmente conhecidas como "drones" são uma das novas tecnologias que vêm sendo empregadas no ramo da agricultura, urbanismo, lazer e vem sendo rotineiramente utilizados em atividades voltadas à levantamentos topográficos e monitoramento da zona costeira. Este equipamento promove o levantamento aéreo completo de uma área, capaz de obter dados em diferentes dimensões (três eixos x,y e z), sem que haja a necessidade de pilotos embarcados.

As zonas costeiras são áreas sujeitas a constantes alterações e o monitoramento geomorfológico destas é essencial para a manutenção dessas regiões, para que medidas mitigadoras sejam adotadas se sujeitas a processos erosivos. Desse modo, uma gama de técnicas e ferramentas vêm sendo adotadas a este monitoramento, como o Real Time Kinematic (RTK) Global Navigation System (GNSS), uso da Estação Total acoplado ao tripé e com o auxílio de prisma para os pontos de visada, o Laser de Escaneamento Aéreo (LIDAR) além de outras ferramentas, o uso de Drones tem sido recentemente adotado (Serrão 2019).

As imagens obtidas através do voo com drones tem se tornado uma ótima alternativa aos métodos tradicionais. Isto ocorre em decorrência à evolução dos métodos de processamento de imagens e a equipamentos mais leve, compactos e de elevada precisão, que possibilita cobrir uma extensa área de estudo em um período curto de tempo e com baixo custo, isto é, quando ao profissional habilitado aos voos já possuem os equipamentos necessários para tais levantamentos (Serrão 2019).

Sendo assim, essa ferramenta tem sido adotada nos dias atuais como base para levantamentos topográficos, devido a sua praticidade. Sua aplicação em zonas costeiras tem contribuído com as pesquisas em campo, fornecendo dados precisos através da fotogrametria, se tornando uma metodologia atual e inovadora em levantamentos/análises de perfis morfológicos de praia, essenciais ao monitoramento, controle e gestão de processos costeiros levando em consideração o custo de tempo em campo, já que a aeronave executa toda a área a ser mapeada através do plano de voo programado, diminuindo a necessidade de muitas pessoas em campo.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

A metodologia deste trabalho partiu inicialmente de embasamento teórico científico por meio de revisão bibliográfica, baseada em publicações como: dissertações, teses e artigos de revistas disponíveis em plataformas online, utilizando a base de dados do Portal de Periódicos da CAPES, Google Scholar e Science Direct utilizando palavras chaves associadas a linha de pesquisa: “Drones”; “Zona Costeira”; “Rio Pará”; “Morfologia de Praias”, "Morfodinâmica praias", "Sedimentologia", entre outros. Posteriormente, foi realizado um refinamento de pesquisa, utilizando como critério de seleção os seis anos mais recentes (2017-2022), porém levando em consideração trabalhos anteriores de grande validação, que permitiram obter informações secundárias da área de estudo e da metodologia utilizada em campo. Após embasamento teórico em literatura especializada, foram procedidas as coletas de dados em campo e análises em laboratório.

5.2 AQUISIÇÃO DE DADOS

5.2.1 Preparação pré campo

Consiste na organização dos métodos a serem empregados nas atividades em campo, visando um suporte prévio de medidas que auxiliem a execução das atividades e otimização de tempo em campo. Todas as atividades executadas passaram por análises técnicas (planejamento de campo - dias/mês, horários, condições climáticas, tipo de maré e altura e estruturação em forma de *check-list* dos equipamentos e materiais utilizados).

5.2.2 Curso de capacitação: “Mapeamento e topografia com drone”

Esta etapa consistiu no treinamento e obtenção de informações a respeito da metodologia a ser desenvolvida em campo, visando a obtenção de excelentes resultados desde o planejamento de voo até a aquisição e processamento das imagens, que gera os perfis topográficos de praia por meio de aerofotogrametria com drone. Dentre as abordagens, a fundamentação teórica foi base fundamental quanto aos principais conceitos, aplicações e modelos disponíveis no mercado. Além da familiarização com o equipamento, foram obtidas informações referentes às condições de voo e seu planejamento através do uso de aplicativos que fornecem informações para um voo seguro, otimização do tempo em campo e favorecimento da qualidade dos dados.

5.3 ATIVIDADES DE CAMPO

Foram executadas atividades em campo nos períodos de 02/07/2022 (final do período chuvoso) e 26/11/2022 (final do período seco), mediante o experimento da aerofotogrametria por drone. Em cada setor, concomitantemente a aerofotogrametria executada pelo drone, foram extraídos perfis topográficos de praia em três setores: oeste (P1), central (P2) e leste (P3) (Tabela 4), onde o P1 dista 295 m do P2 e deste ao P3, 490 m. Também foram coletados sedimentos superficiais recentes nos subambientes praias (Supramaré, Intermaré e Inframaré) e na Zona de Surf com a introdução de armadilhas de sedimentos, além de medições de altura de ondas e ventos, como dados complementares na interpretação da morfodinâmica da praia do Caripi (Figura 15).

Tabela 4 - Coordenadas em Sirgas 2000/UTM 22S (EPSG: 31982), referentes ao ponto de partida de cada setor/perfil na praia do Caripi.

Setor/Perfis	Latitude	Longitude
Oeste/P1	755056.447876	9834900.496808
Central/P2	755312.641483	9835041.208323
Leste/P3	755727.785197	9835306.254590

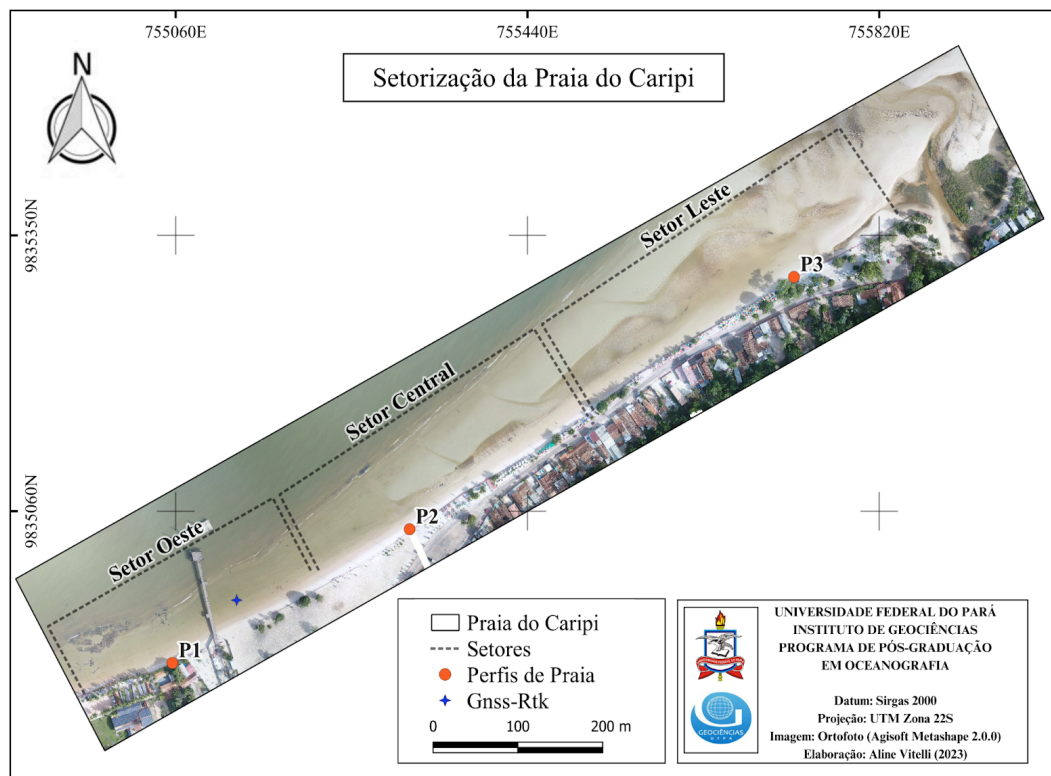


Figura 15 -Vista aérea da área de estudo e da setorização (Oeste, Central e Leste) utilizada para a execução das atividades em campo.

Fonte: Autora.

5.3.1 Levantamento aerofotográfico com drone e perfil praiial

Para capturar imagens aéreas com drone a fim de obter dados dos perfis praiiais, foi necessário seguir as seguintes etapas: construção do plano de voo, instalação da base GNSS Geodésica, voo de drone e determinação dos pontos de verificação. Este conjunto de etapas reflete na composição esquemática do levantamento aerofotogramétrico, para posterior processamento e análise de dados (Figura 16).

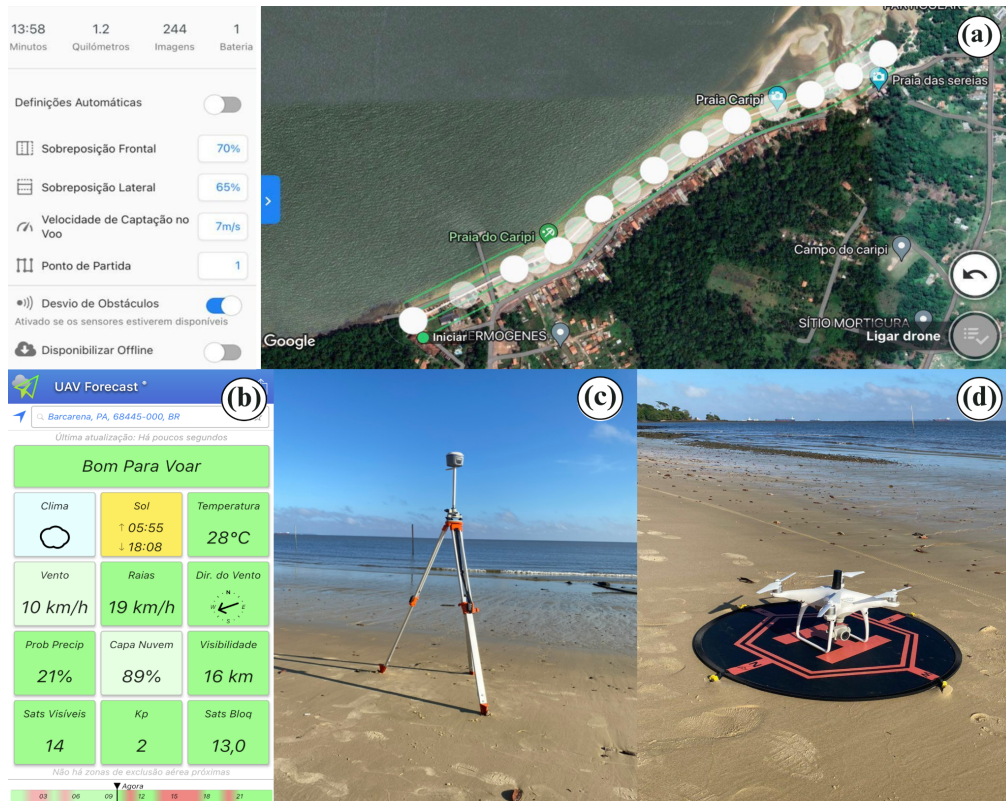


Figura 16 - Atividades desenvolvidas na praia do Caripi (a) Delimitação da área e rota de voo realizado pelo Aplicativo Drone Deploy; (b) Aplicativo UAV Forecast para verificação de condições de voo; (c) Equipamento GNSS - RTK CHCNAV i50®, com base fixa e antena receptora; (d) drone DJI Phantom 4 pró advanced.

Fonte: Autora.

5.3.1.1 Construção do plano de voo

Em mapeamento com drones há a possibilidade de se utilizar aplicativos que permitem que o drone execute uma rota pré-determinada ao longo da área de forma automatizada (plano de voo). Em aerofotogrametria é necessário que as imagens estejam sobrepostas, ou seja, parte da área registrada em uma esteja presente em outra subjacente. Dessa forma, é possível gerar a terceira dimensão e obter dados sobre a topografia do terreno. Aplicativos como o *Drone Deploy* permitem ao operador definir o plano de voo e configurar aspectos como a sobreposição entre as imagens (percentual), velocidade de voo, altura, direção, além de estimar o tempo de voo, percentual de carga de bateria, quantidade de fotos etc. (Figura 16 a).

Para os voos realizados neste trabalho, foi utilizada uma sobreposição lateral de 65 % e frontal de 70 % entre as imagens obtidas com sobrevoo a uma altura de 120 m da superfície para a praia em 2022. No primeiro período (chuvoso-seco) ocorrido em julho o tempo de operação foi de 13 min, cobrindo uma área de 0.41 km² (Figura 17) com a captura de 244 imagens. Entretanto, no período (seco-chuvoso) ocorrido em novembro foi realizado em um tempo de 5 min, em que foi registrado 64 imagens cobrindo uma área total de 0.271 km² (Figura 17), em ambas as campanhas o tempo de voo teve o consumo de uma bateria.

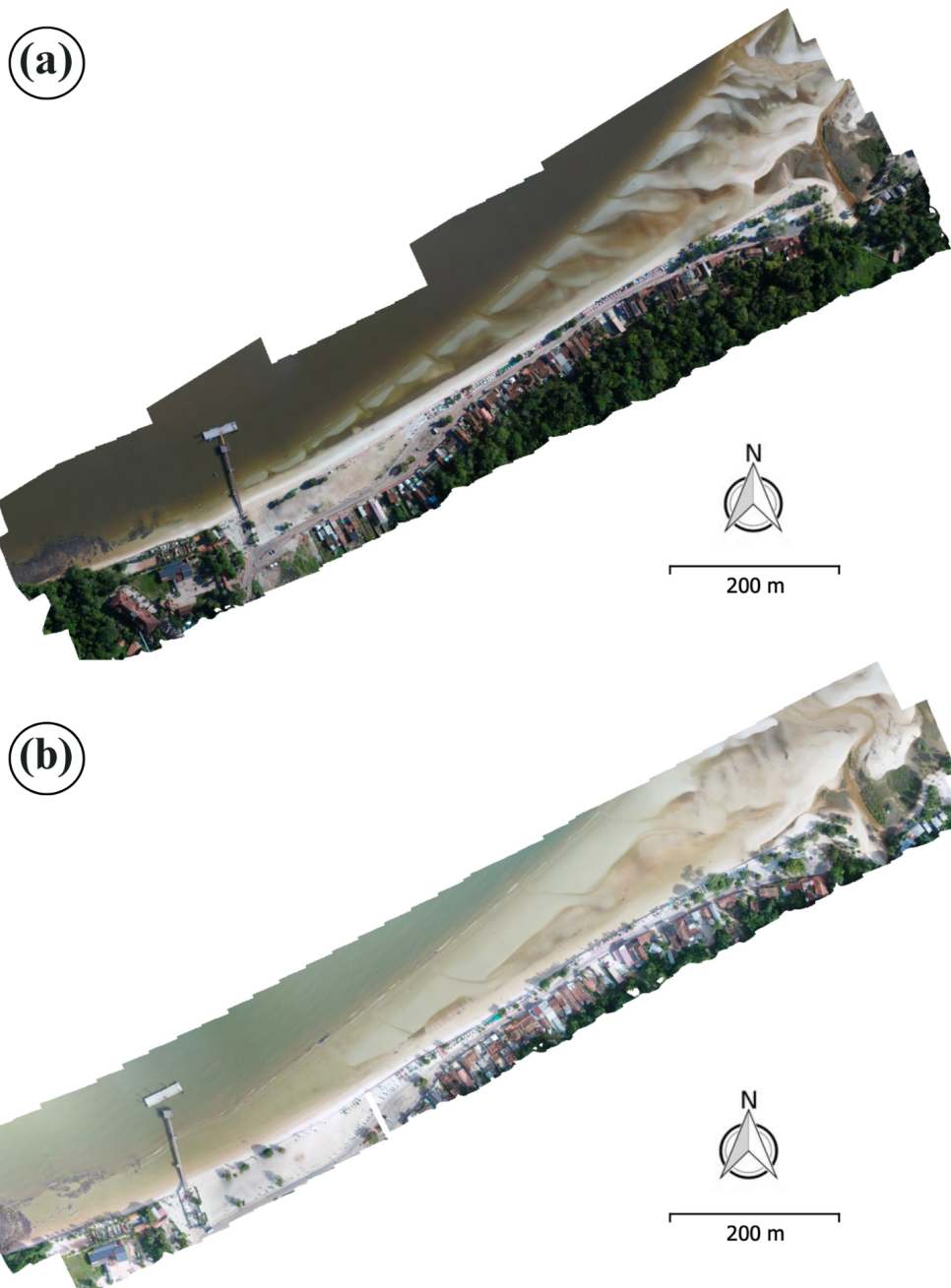


Figura 17 - Cobertura da área sobrevoada pelo drone na praia do Caripi, extraído do relatório gerado pelo Software Agisoft Metashape (a) aerofotogrametria do primeiro período (chuvoso-seco) ocorrido em julho e (b) segundo período (seco-chuvoso) ocorrido em novembro.

Fonte: Autora.

5.3.1.2 Normas e segurança de voo

Os sobrevoos realizados nas duas campanhas foram aprovados pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA/SARPAS) (Protocolo: 58461B2A) uma das principais agências reguladoras do uso de drones no Brasil, com aeronave devidamente registrada no Sistema de Aeronaves não Tripuladas (SISANT) (PP-327707081). Recomenda-se realizar voos em áreas abertas e amplas, obedecendo à altura máxima permitida, assegurando a qualidade de vida da população, residências, aeroportos e rotas aéreas, além de rodovias e de linhas de transmissão de energia durante a decolagem e pouso do equipamento. Alguns fatores ambientais podem influenciar a execução de voo do equipamento, como a presença de nuvens a baixa altitude, precipitação e ventos acima dos 40 km/h (Simões *et al.* 2019).

5.3.1.3 Verificação das condições climáticas de voo (UAV Forecast)

Para realização de um bom voo é importante realizar o planejamento. Existem vários serviços e aplicativos que disponibilizam informações referentes às condições de voo, um dos aplicativos mais difundidos e de fácil aquisição e manuseio é o UAV Forecast (Figura 16 b), que atestou positivamente para ambas as campanhas. Pois, alguns fatores ambientais podem influenciar no comportamento do equipamento e comprometer a qualidade das imagens obtidas. O UAV Forecast fornece informações de medidas preventivas a possíveis riscos de voo, evitando que o equipamento seja danificado pelas chuvas, a colisão com árvores ou estruturas rígidas (obras de engenharia civil), a queda pela velocidade dos ventos e afins.

5.3.1.4 Instalação da base (GNSS Geodésica)

Para fins de medições topográficas, é necessário aumentar a acurácia do levantamento, ou seja, aumentar a exatidão das coordenadas das imagens. Para isso, existem diversos métodos como os pontos de apoio, dispositivos RTK e PPK. Nesse trabalho de campo, a aeronave utilizada conta com um dispositivo PPK, que aumenta a exatidão das coordenadas das fotografias através do processamento de dados obtidos com este dispositivo e de dados de uma base GNSS geodésica. Foi utilizado o equipamento GNSS CHCNAV i50 (Figura 16 c). Para esta metodologia, os dados foram rastreados paralelamente ao voo de drone. Dessa forma, tanto o dispositivo PPK quanto a base geodésica rastream os mesmos sinais e foi possível aumentar a exatidão das coordenadas geográficas através de processamentos posteriores ao levantamento de campo.

5.3.1.5 Determinação dos pontos de verificação

O uso do método PPK não requer o uso de GCPs (Ground Control Points - Pontos de Controle) (Famiglietti *et al.* 2021), pois a correção é feita a partir do processamento dos dados rastreados pelo equipamento. Entretanto, em campo, foram implantados 3 pontos de verificação em novembro e apenas um em julho para determinar o grau de melhoramento da precisão nas imagens, em novembro, utilizou-se como referência as coordenadas do ponto de decolagem do drone, do marco principal da base GNSS e demarcação de um ponto ao banco arenoso e em julho apenas obteve-se as coordenadas da base geodésica (Figura 18). O PPK permite adquirir os dados GNSS brutos do Rover no UAV (Rover log) e de uma base (Base log), e processá-los, este equipamento provou ser uma solução mais flexível do que o RTK.

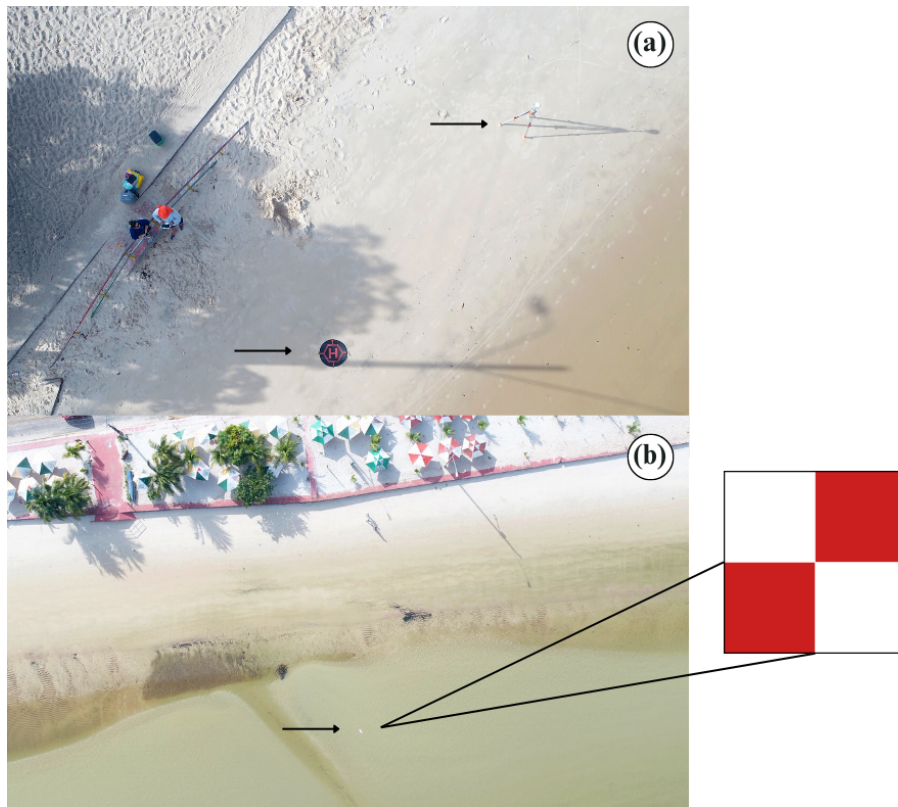


Figura 18 - Imagens aéreas com os pontos de controle no campo (a) base GNSS receptora de dados de coordenadas via satélite (b) ponto de verificação de EVA posicionado no banco longitudinal.
Fonte: Autora.

Os usos de pontos de controle distribuídos no terreno são imprescindíveis para o melhoramento da acuracia das imagens e validação de produtos cartográficos, sendo utilizado o RTK pelo método de posicionamento estático rápido, em que o receptor base, fica rastreando dados de coordenadas conhecidas e propagando a correção para o outro receptor, conhecido como receptor rover.

5.3.1.6 Equipamento (drone) utilizado

O equipamento utilizado para realização deste trabalho trata-se de uma Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) - Drone, modelo DJI Phantom 4 Advanced (Figura 16 d). Este equipamento pesa pouco mais de 1 kg e pode operar a até cerca de 7 km de distância do transmissor, com tempo máximo de voo de até 30 min, através do monitoramento em um tablet ou smartphone conectado ao transmissor de rádio. O controle do transmissor do referido equipamento permite também a operação manual, a captura de imagens são de até 20 MP e vídeos 4K. Este equipamento é composto por um GPS de navegação o que lhe permite gravar um ponto de partida ao decolar e adicionar metadados espaciais às fotografias obtidas (Simões *et al.* 2019). O drone utilizado possui um equipamento PPK acoplado na parte superior, este complemento aumenta a exatidão das coordenadas dos dados em campo, minimizando a margem de erro nas imagens obtidas. Durante os voos, foram coletadas 244 imagens no período chuvoso e 64 imagens no período seco.

5.3.2 Coleta de sedimentos

As amostragens de sedimentos praias foram subdivididas em duas metodologias distintas: (1) coleta de sedimentos superficiais da parte emersa da supramaré até a linha de inframaré e (2) coleta de sedimentos transportados longitudinalmente na parte submersa da praia - zona de surf.

5.3.2.1 Sedimentos superficiais recentes

As amostragens de sedimentos superficiais recentes foram realizadas nos períodos chuvoso e seco durante a maré baixa de sízigia, nos três setores (Oeste, Central e Leste), respectivamente nas zonas de supramaré, intermaré (superior, média, inferior) e inframaré (Figura 19 a). A atividade foi realizada com auxílio de uma pá (Figura 19 b), sendo extraídos os primeiros 5 cm de areia, refletindo os efeitos da última maré. Estas amostras foram armazenadas, vedadas e identificadas em sacos plásticos de 1 kg (Figura 19 c) para posterior tratamento em laboratório (lavagem, decantação, secagem, peneiramento e pesagem) e realização dos procedimentos analíticos. Em julho, foi coletado um total de 18 amostras e em novembro 20 amostras de sedimentos.



Figura 19 - Sedimentos superficiais recentes extraídos na praia do Caripi; (a) Coleta de sedimentos; (b) Auxílio de uma pá; (c) Armazenamento e identificação das amostras de sedimentos recentes.
Fonte: Autora.

5.3.2.2 Armadilhas de transporte de sedimentos na zona de surf

Foi adotado o método de traps portáteis de Kraus (1987) (Figura 20 a), que consiste em um conjunto de até 10 redes (traps) de 63 micrômetros e 15 x 9 cm fixado a uma torre de metal de 1,80 m posicionada em sentido contrário à corrente longitudinal para reter os sedimentos transportados na zona de surf, possibilitando quantificar e analisar a granulometria dos sedimentos retidos nas armadilhas verticalmente (Ranieri & El-Robrini 2016).

O conjunto de traps fixado à torre foi posicionado na zona de surf da praia do Caripi (Figura 20 b) conforme descrito anteriormente, até que a boca do último trapeador/armadilha de baixo para cima fosse submerso pela coluna de água (Figura 20 c), em um tempo de operação de 5 min como, sugerido por Fontoura (2004) e aplicado por Bitencourt (2016). Em julho e novembro, a torre foi posicionada na zona de surf (parte submersa) da praia do Caripi durante a vazante da maré de sizígia. Cada torre foi composta por seis trapeadores, totalizando 12 amostras do transporte longitudinal de sedimentos.

Nestas janelas podem ser fixadas até 10 redes (traps) revestidas por um tecido de poliéster em forma de coador, que permite a passagem da água e retém os sedimentos. As redes 1 a 6, de baixo para cima, tem comprimento de 60 cm, as redes 7 e 8 tem comprimento de 70 cm e as redes 9 e 10 de 110 cm, sendo estes últimos de maior comprimento, pois após a zona de arrebatção os maiores fluxos são observados próximo à superfície (Ranieri & El-Robrini 2012).

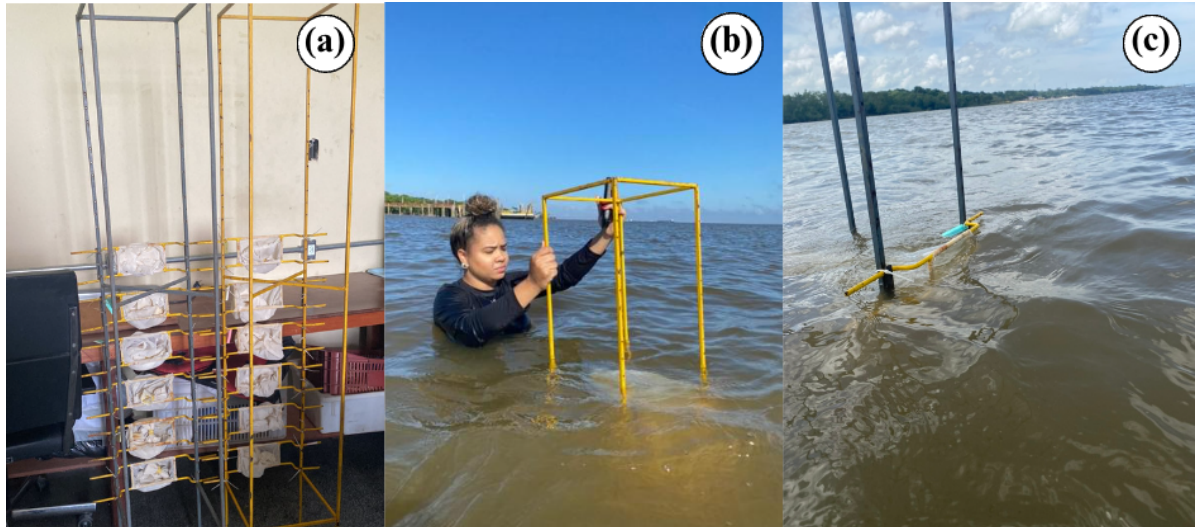


Figura 20 - Obtenção do transporte de sedimentos na coluna de água (zona de surf); (a) Vista frontal da torre com *traps* portáteis de Kraus (1987); (b) Torre fixada na zona de *surf*; (c) submersa pela lâmina de água.
Fonte: Autora.

As redes/armadilhas de 2 a 10, de baixo para cima, são responsáveis pela coleta dos sedimentos em suspensão e o *trap* número 1, responsável por coletar sedimentos transportados junto ao fundo (Ranieri & El-Robrini 2012). Para a área de estudo, foi adotado o uso de 6 trapeadores/armadilhas fixados à torre, sendo as armadilhas de 2 a 6 responsáveis pela coleta de sedimentos em suspensão e o de número 1 pela coleta de sedimentos de fundo. O número de armadilhas foi adotado levando em consideração a profundidade local da zona de surf, durante a maré baixa de Sízigia.

5.3.4 Levantamento de parâmetros ambientais complementares

Dentre as atividades desenvolvidas em campo, outras três metodologias foram adotadas como parâmetros contribuintes para uma melhor análise e descrição dos objetivos adotados para esta pesquisa, como: (1) medições de ondas; (2) medições de ventos locais (Figura 21); (3) levantamento de dados de precipitação mensal e anual, levando em consideração os dados fornecidos pelo INMET (2022).



Figura 21 - Medições de altura de ondas e ventos locais; (a) régua topográfica para medição de altura de passagem de onda; (b) Anemômetro modelo AD-250 para as medições de velocidade dos ventos.
Fonte: Autora.

5.3.4.1 Medições de ondas na praia do Caripi

A altura de onda (H) e o período (T) foram medidos na zona de arrebentação em cada setor, com o intuito de obter dados de altura e período de ondas, para posterior cálculo de estado morfodinâmico da praia (Ranieri & El-Robrini 2020). As medições *in loco* foram feitas sob o auxílio de um operador segurando uma régua graduada (Figura 21 a) enquanto outro operador realiza as filmagens, para a revisão de dados.

Foi identificada a altura e o tempo de passagem das 11 cristas sucessivas, para posterior cálculo da média das ondas, como adotado por Silva (2015) e Bittencourt (2016). O período de ondas (T) foi o resultado deste intervalo de tempo. Foi medido em segundos, representando a passagem de duas cristas de ondas sucessivas por um ponto fixo, já que o resultado do tempo da passagem das 11 cristas foi dividido por 10 (determinação do período médio).

5.3.4.2 Medições de ventos na praia do Caripi

A medição de vento foi realizada mediante uso de um anemômetro modelo AD-250 (Figura 21 b). A medição de velocidade foi feita em um tempo de 10 segundos, anotando-se o maior valor em um intervalo de 15 minutos, em um tempo total de 4 horas, a partir desses valores obteve-se a média dos ventos atuantes durante a execução das outras atividades.

5.3.4.3 Levantamento de índices de precipitação (INMET)

Esta etapa foi realizada mediante a consulta da base de dados do INMET - Instituto Nacional de Meteorologia (2022). A partir desses dados, foi possível construir gráficos em programa Microsoft Excel, para a verificação da distribuição das chuvas durante o ano de 2022 e assim, correlacionar essas informações com o comportamento morfossedimentar e justificar a influência das mesmas nos dias adotados para coleta de dados, mesmo que de acordo com a literatura, não estejam inseridas nos períodos chuvoso e seco da região amazônica.

Como a permanência do La Niña no ano de 2022 que influenciou na persistência de acumulados de chuva na região, verificou-se que o mês de julho e novembro são meses transicionais, sendo o primeiro período (chuvoso-seco) ocorrido em julho e o período (seco-chuvoso) ocorrido em novembro. Determinando assim que os dados obtidos em julho compreendem ao final do período chuvoso e os de novembro, dados do final do período seco.

5.4 PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS

Após o campo, as atividades laboratoriais foram executadas no LAGEOC - Laboratório de Geologia Oceânica e no GEMC- Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros da Universidade Federal do Pará - UFPA.

5.4.1 Tratamento das imagens e extração dos perfis de praia

5.4.1.1 Ajuste de posicionamento das fotos

Após a coleta de dados em campo, foi feito o processamento dos dados da base GNSS em conjunto com os dados rastreados pelo dispositivo PPK do drone para ajuste das coordenadas. Esse processamento é feito seguindo etapas em programas disponibilizados pelo próprio fabricante do equipamento.

Primeiramente, é necessário processar os dados da base em conjunto com os dados da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC), para encontrar os valores de coordenadas planas e altitude geométrica do ponto instalado. Isso é feito a partir do serviço online para pós processamento de dados GNSS do IBGE, conhecido como IBGE-PPP (Figura 22).

Sumário do Processamento do marco: 3399498

Início: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2022/11/26 10:47:45,00
Fim: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2022/11/26 11:44:37,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	CHCI50 NONE
Órbitas dos satélites:¹	RÁPIDA
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s):	1,00
Sigma² da pseudodistância(m):	5,000
Sigma da portadora(m):	0,010
Altura da Antena³(m):	1,866
Ângulo de Elevação(graus):	10,000
Resíduos da pseudodistância(m):	1,20 GPS 1,23 GLONASS
Resíduos da fase da portadora(cm):	0,61 GPS 0,56 GLONASS

Figura 22 - Primeira etapa do ajuste de fotos; Parte do relatório do processamento da base no IBGE-PPP.

Fonte: Autora.

Neste serviço, basta fazer o upload do arquivo que contém os dados rastreados, informando o modo de processamento, o tipo e a altura da antena utilizada, além de inserir um endereço de e-mail válido. Após finalizar o processamento, o serviço disponibiliza para download os resultados. Em seguida, são processados os dados do dispositivo PPK, utilizando o RTK Conv, que fará a conversão do arquivo.ubx para o formato rinex.

Feito isso, utiliza-se agora o programa RTK Post, que fará o ajuste das coordenadas rastreadas pelo dispositivo PPK de acordo com os dados rastreados e processados pela base GNSS. São utilizados os dados brutos do drone, da base e as informações do processamento IBGE-PPP. Por fim, far-se-á a correção do posicionamento das fotografias a partir dos dados do PPK corrigidos. Para isso utiliza-se o programa T2R Geotagger. Nele é necessário inserir os dados corrigidos do PPK, os dados brutos da base e as fotografias originais. Esse programa faz o geotagueamento das fotos originais com as coordenadas corrigidas nos passos anteriores, gerando as fotos corrigidas que deverão ser utilizadas no processamento final.

5.4.1.2 Processamento de imagens

As imagens foram descarregadas em sistema computacional, para tratamento no software Agisoft Metashape versão 2.0.0, desenvolvendo o alinhamento das imagens sobrepostas entre si, com base nos ângulos formados entre elas, ajuste para check, originando uma nuvem de pontos densa (Figura 23 a - b) e obtendo o modelo digital de elevação (DEM) e ortomosaico (Figura 24 c - d); as duas últimas etapas (Figura 25 de e - f) configuram os dados da altitude no Agisoft Metashape e distância do perfil de praia, por fim a plotagem do perfil topográfico de praia no Grapher 19.1.

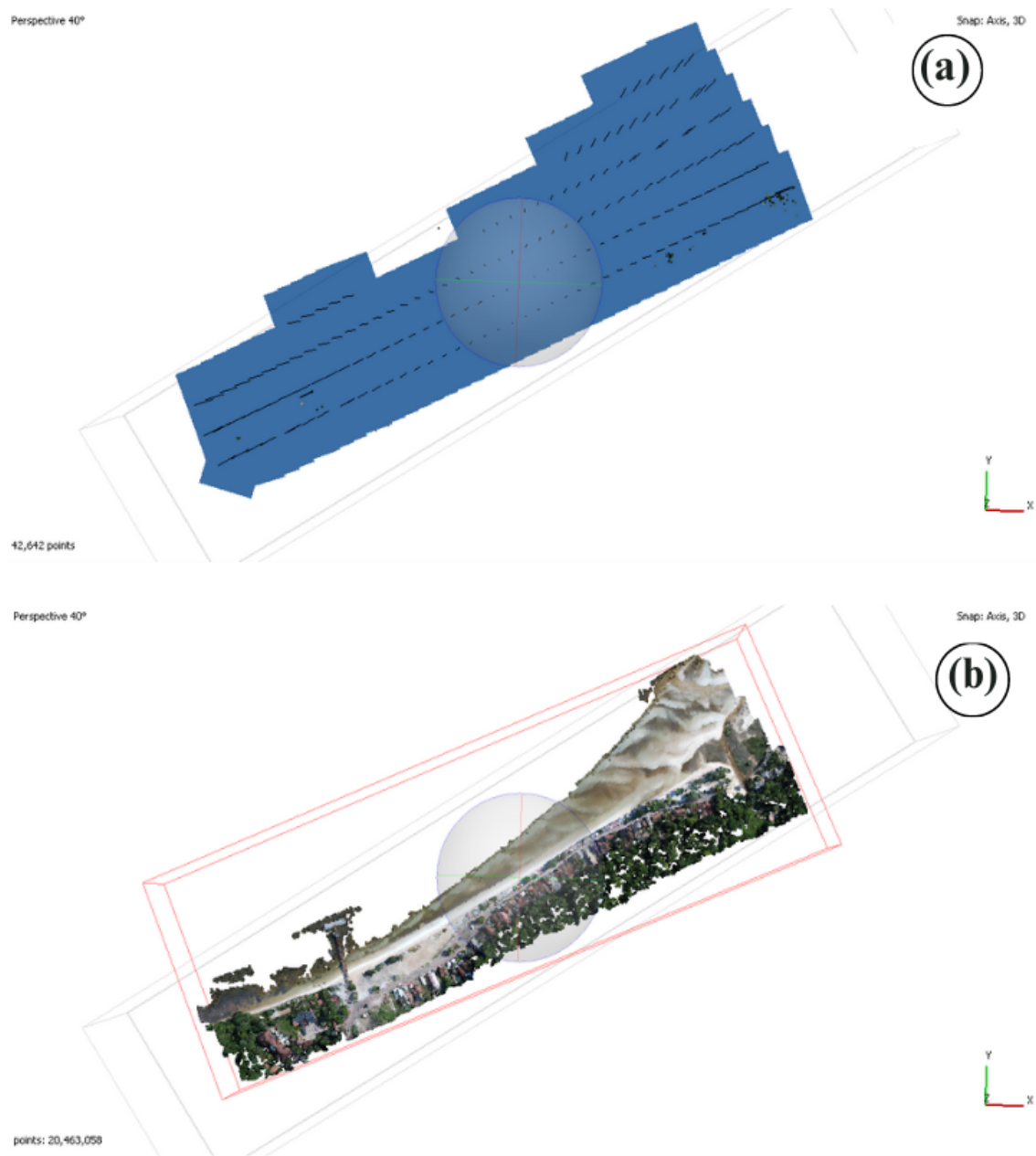


Figura 23 - Esquema de construção do DEM e Ortomosaico, mediante uso do software Agisoft Metashape versão 2.0.0. (a) Alinhamento das imagens e calibração das câmeras; (b) Geração de nuvens de pontos densa. Fonte: Autora.

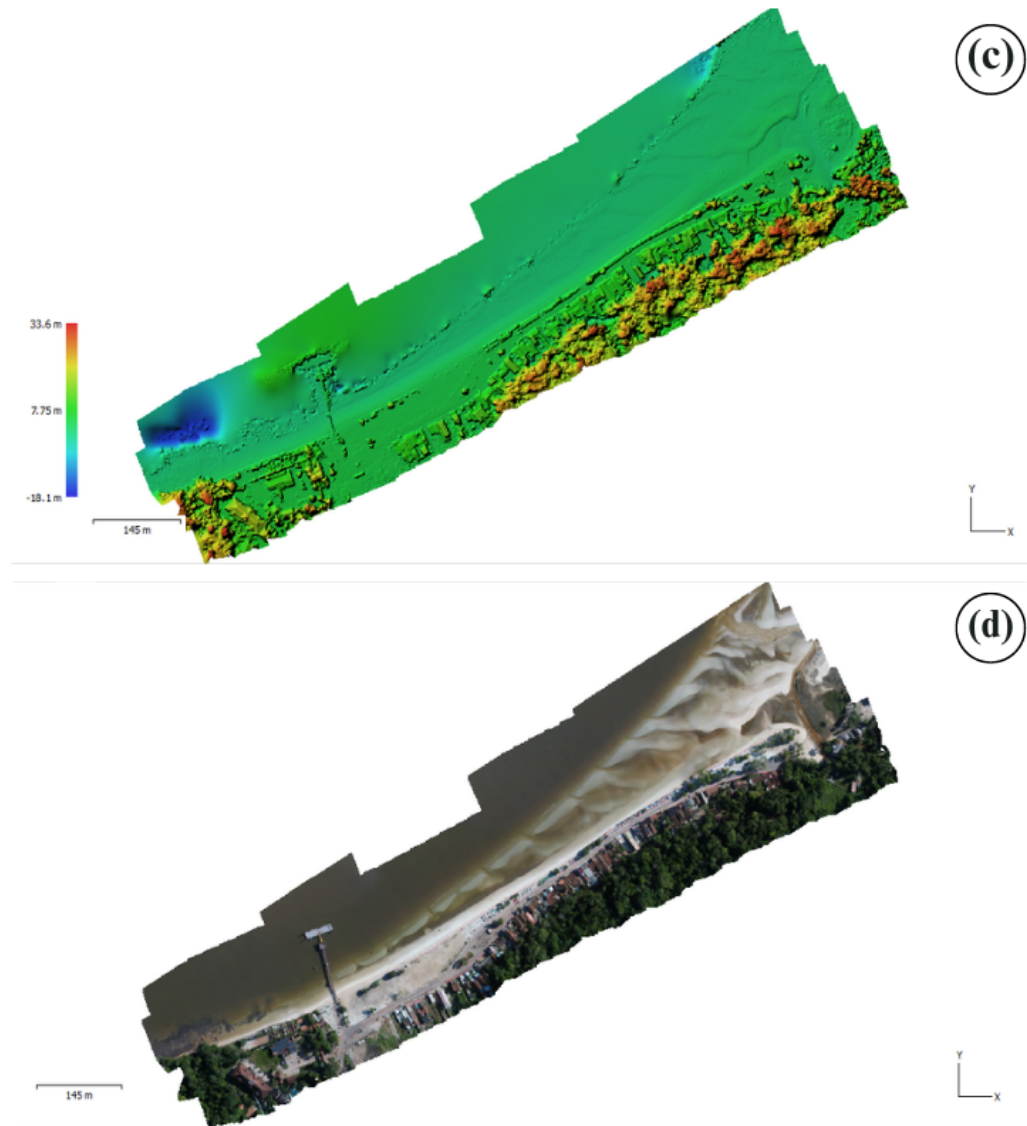
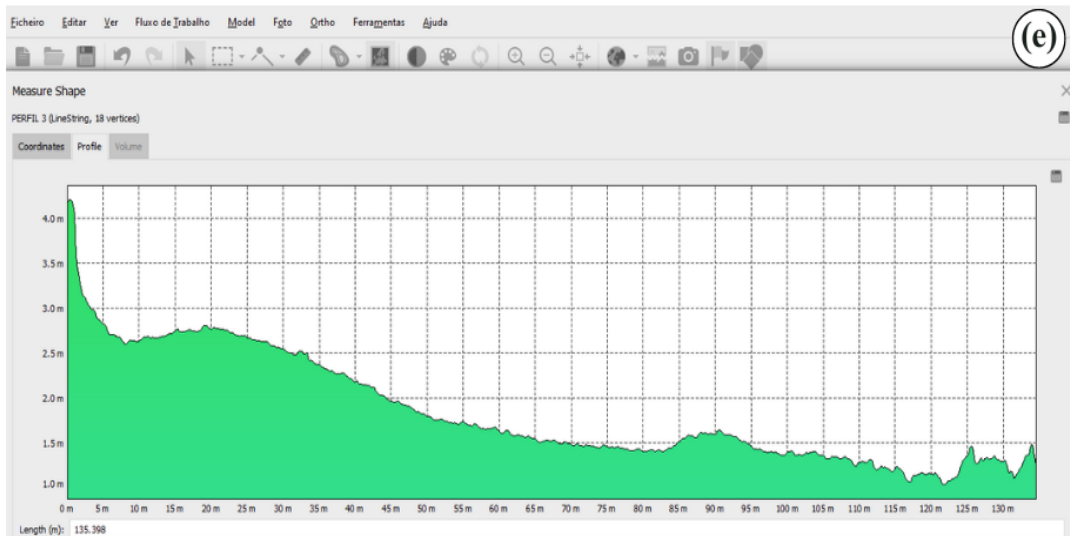


Figura 24 - Esquema de construção do DEM e Ortomosaico, mediante uso do software Agisoft Metashape versão 2.0.0. (c) Geração do DEM e (d) Ortomosaico.
Fonte: Autora.



Perfil 3 - Praia do Caripi

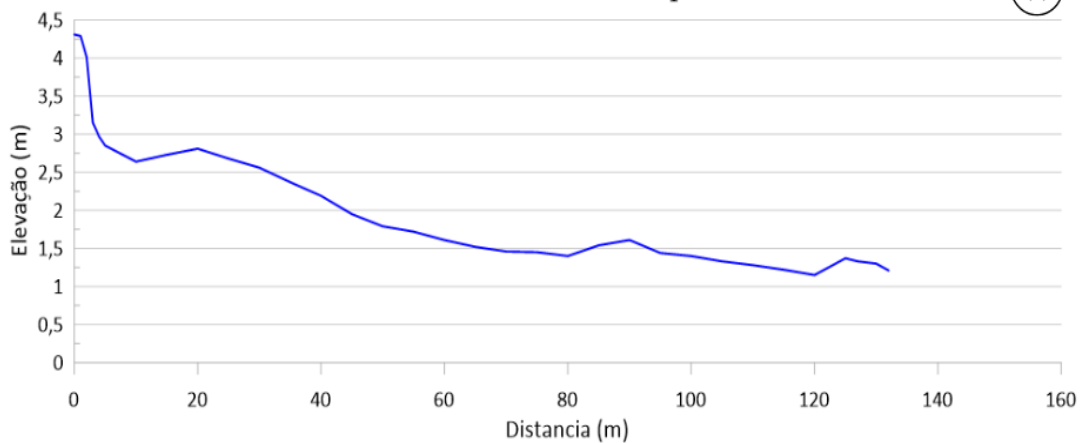


Figura 25 - Esquema de construção do DEM e Ortomosaico, mediante uso do software Agisoft Metashape versão 2.0.0. (e) Obtenção de dados de perfil topográfico para correção de elevação (f) Plotagem do perfil topográfico no software Grapher 19.1.
Fonte: Autora.

Os dados dos perfis topográficos obtidos no Agisoft Metashape versão 2.0.0, foram organizados em planilha Microsoft Office Excel, no qual foi gerado um banco de dados referente à altitude e distância dos perfis de praia. Em seguida, os dados de altura dos perfis foram ajustados ao nível médio do mar empregando o método sugerido por Muehe *et al.* (2003) que consiste na determinação de uma única referência de nível vertical ajustada ao nível médio do mar, permite a comparação entre os perfis levantados em diferentes períodos, através do acoplamento vertical entre perfis, utilizando um ponto de partida como referência.

Para a plotagem de sobreposição em nível de comparação e visualização gráfica da topografia dos perfis, foi utilizado o Software Grapher 19.1 onde se puderam notar as variações geomorfológicas do período sazonal da região amazônica, durante a maré de sizígia de cada perfil topográfico analisado. O mesmo software fornece ferramentas de cálculo de área, sendo possível calcular o volume V_v (m^3/m) de cada perfil.

5.4.1.3 Validação de qualidade das imagens

A avaliação da acurácia dos DEMs gerados das imagens foi realizada através da análise do padrão de qualidade, com valores de tolerâncias definidos em função da escala obtida no processamento (Holler *et al.* 2018). No Brasil, tem-se o Decreto no 89.81/ 1984, que “estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional”. O decreto dispõe sobre os procedimentos que devem ser seguidos para elaborações cartográficas, através dos valores de tolerancias de Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) e o Erro Padrão (EP) para planimetria e altimetria para então classificá-las como Classe A, B ou C (Ferreira, 2022), como descritas na Tabela 5.

Tabela 5 - Padrão de exatidão cartográfica altimétrica dos pontos cotados e do MDE para a produção de produtos cartográficos digitais.

CLASSE PEC	CLASSE PEC – PCD	1:2000 Altimetria		1:2000 Planimetria	
		PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)
-	A	0,27	0,17	0,56	0,34
A	B	0,50	0,33	1,00	0,60
B	C	0,60	0,40	1,60	1,00
C	D	0,75	0,50	2,00	1,20

Fonte: Adaptado de DSG (2016).

Para a análise de validação dos produtos obtidos em campo por meio do Decreto Lei nº 89.817, foi utilizado o software livre GeoPEC (versão 3.6), para a escala de 1:2000 e equidistância altimétrica de 1 m. Para o enquadramento dos dados devem ser atendidas duas condições:

1. Noventa por cento (90 %) dos pontos coletados, quando comparadas com as levantadas em campo, por método de alta precisão, ou levantadas em outro dado espacial de maior acurácia, deverão apresentar valores de discrepâncias posicionais iguais ou inferiores ao valor da tolerância “PEC” em relação a classe testada.

2. O Erro Médio Quadrático (RMS) da amostra de discrepâncias posicionais deve ser igual ou inferior à tolerância “EP” definido pela norma, para a escala e classe testada.

§ 1o - Padrão de Exatidão Cartográfica é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade, que define a exatidão de trabalhos cartográficos.

5.4.2 Análise granulométrica das amostras sedimentares

5.4.2.1 Sedimentos superficiais recentes

As amostras de sedimentos coletadas nas subdivisões de praia foram submetidas à lavagem com água destilada para remoção de sais (Figura 26 a) e posterior tempo de repouso, para que houvesse a decantação dos sedimentos (Figura 26 b). Após esta etapa, os sedimentos foram direcionados à estufa para secagem a 60 °C (Figura 26 c) até a remoção da umidade retida nestes. Em seguida foi feito o quarteamento destas amostras e sendo pesados e armazenados 100 g em balança analítica de alta precisão. Cada amostra foi peneirada em um tempo de 5 minutos, utilizando-se peneiras com os seguintes intervalos em mm: 1,40 – 1,00 – 710 – 500 – 355 – 250 – 180 – 125 – 90 – 63 (Figura 26 e). Por fim, as diferentes frações granulométricas foram pesadas em balança analítica e seus pesos foram devidamente anotadas (Figura 26 f).

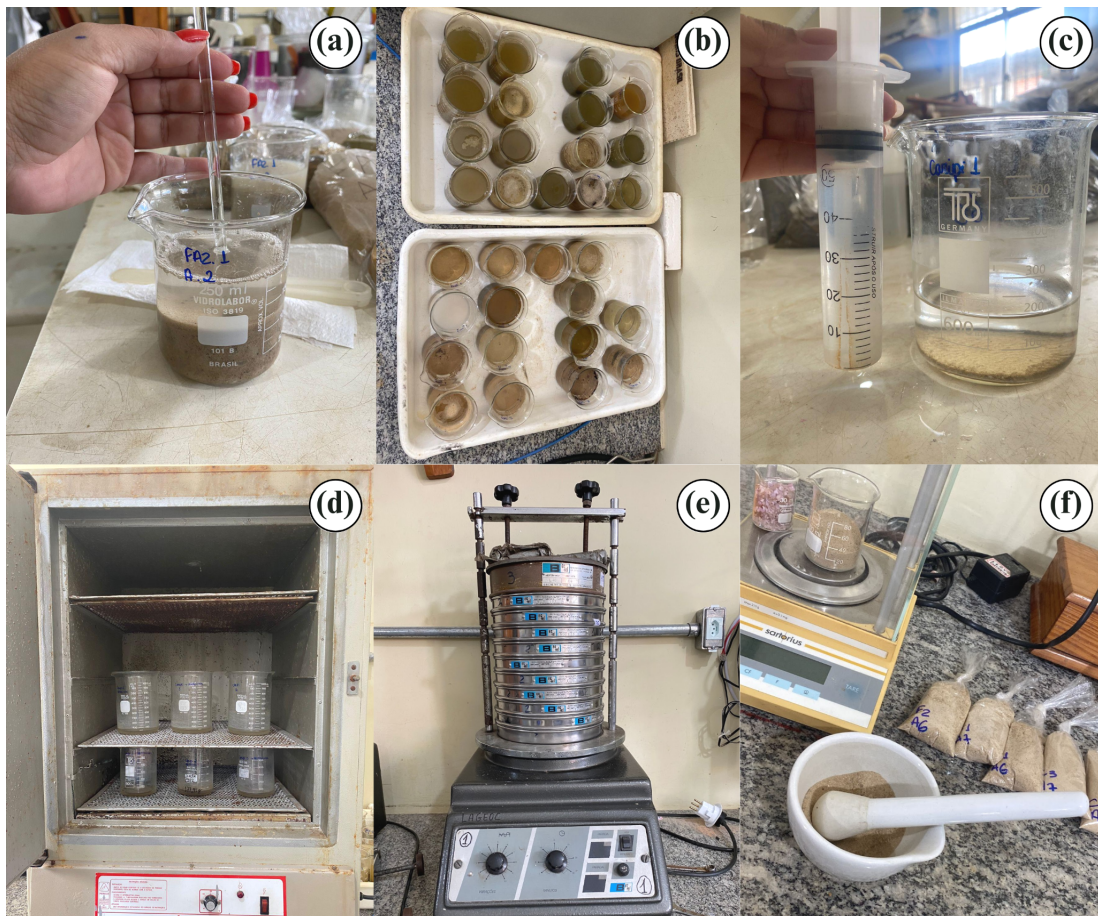


Figura 26 - Esquematização das etapas de tratamento das amostras de sedimentos em laboratório; (a) lavagem com água destilada para a remoção de sais ;(b) decantação; (c) remoção de 80 % de água (d) secagem em estufa a 60 °C; (e) peneiramento; (f) pesagem das frações retidas em cada peneira.

Fonte: Autora.

5.4.2.2 Sedimentos da coluna de água - zona de surf

Os sedimentos da zona de surf obtidas no período seco, foram submetidos ao mesmo tratamento que as amostras de sedimentos da praia do Caripi, descritos anteriormente. Quanto às amostras retidas nos trapeadores/armadilhas referente ao mês de julho, foram submetidas à lavagem, decantação e secagem em estufa. Porém, após a secagem as amostras foram submetidas ao peneiramento a úmido, devido a pouca quantidade de amostras, obtendo-se o valor da fração silte retida em peneira de 0,063 mm (Figura 27).

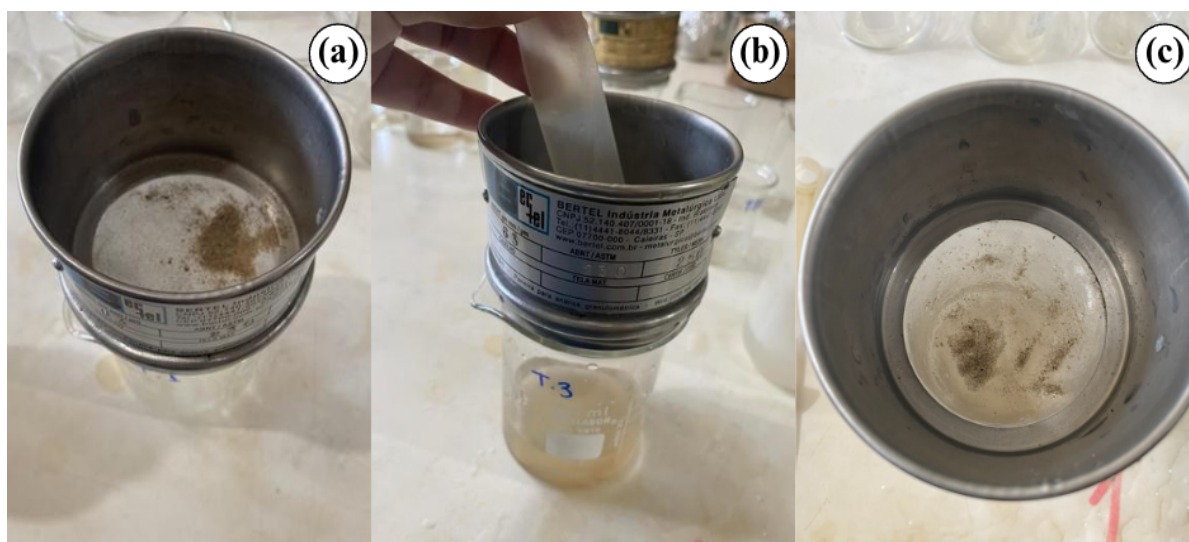


Figura 27 - Tratamento do peneiramento a úmido das amostras sedimentares em laboratório; (a) deposição da amostra em peneira de 63 mm ;(b) lavagem com água destilada; (c) retenção da fração final de areia de até 63 mm.

Fonte: Autora.

5.4.2.3 Processamento e análise sedimentar

Os valores das frações sedimentares (superficiais recentes) dos períodos chuvoso e seco e das armadilhas do período chuvoso, foram inseridos no Sistema de Análises Granulométricas (SysGran 4.0) (Figura 28), software permite o cálculo dos parâmetros estatísticos da distribuição das amostras através do tamanho dos grãos em phi (ϕ), e assim determinar os valores da média, assimetria, curtose, desvio-padrão e suas classificações texturais utilizando o método descrito por Folk & Ward (1957) (Tabela 6) e a classificação de Wentworth (1922) (Figura 29).

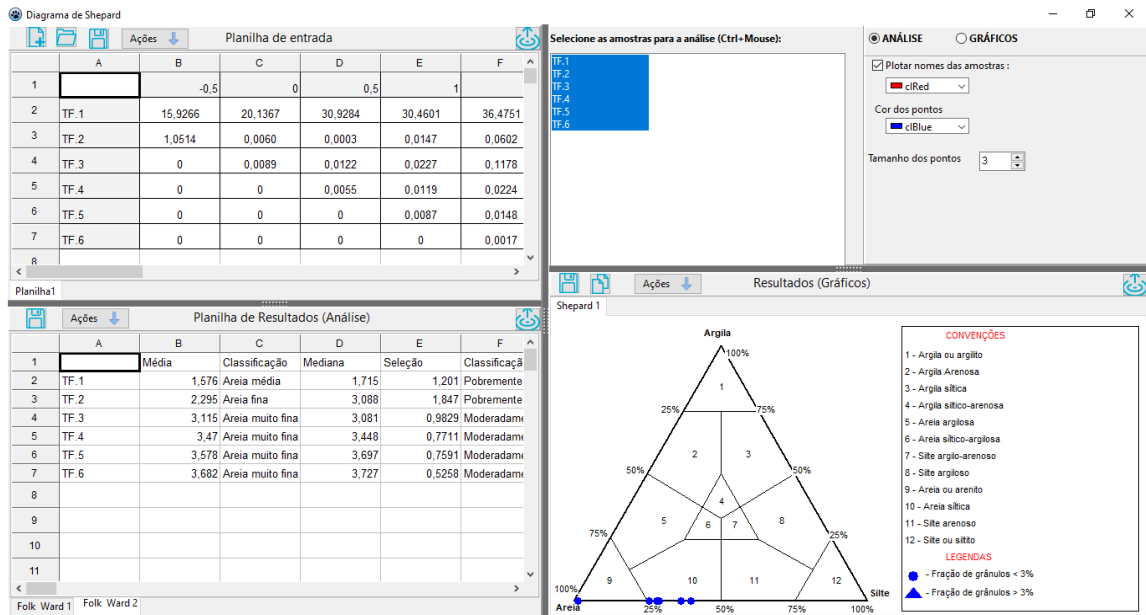


Figura 28 - Tratamento e análise das amostras, após o peneiramento e pesagem das frações retidas em cada peneira. Célula do software Sysgran versão 4.0 (2022 – Lazarus 2.2 Windows e Linux).

Tabela 6 - Parâmetros estatísticos granulométricos estabelecidos por Folk & Ward (1957)

Média (M)	Desvio – padrão (σ)	Assimetria (Sk)	Curtose (KG)
-1 a 0	$\sigma < 0,35$	$Sk > + 0,30$	$KG < 0,67$
Areia Muito Grossa	Muito bem selecionado	Assimetria muito positiva	Muito Platicúrtica
0 a 1	$0,35 \leq \sigma < 0,50$	$+0,30 \geq Sk > +0,10$	$0,67 \leq KG < 0,90$
Areia Grossa	Bem selecionado	Assimetria positiva	Platicúrtica
1 a 2	$0,50 \leq \sigma < 1,00$	$+0,10 \geq Sk > -0,10$	$0,90 \leq KG < 1,11$
Areia média		Simétrica	Mesocúrtica
2 a 3	$1,00 \leq \sigma < 2,00$	$-0,10 \geq Sk > -0,30$	$1,11 \leq KG < 1,50$
Areia Fina	Mal selecionado	Assimetria negativa	Leptocúrtica
3 a 4	$2,00 \leq \sigma < 4,00$	$Sk \leq -0,30$	$1,50 \leq KG < 3,00$
Areia Muito Fina	Muito mal selecionado		Muito Leptocúrtica
4 a 8	$\sigma \geq 4,00$ Extremamente mal		$KG \geq 3,00$
Silte	selecionado		Extremamente Leptocúrtica
> 8			
Argila			

Fonte: Adaptada de Veloso (2001) *apud* Nhatsave & Machaieie (2021).

mm	micron μm	ϕ	classe granulométrica	
1,00	1000	0	Arenito grosso	Areia
0,84				
0,71				
0,59				
0,50	500	1	Arenito médio	
0,42				
0,35				
0,30			Arenito fino	
0,25	250	2		
0,210				
0,177				
0,149			Arenito muito fino	
0,125	125	3		
0,105				
0,088				
0,074			Siltito grosso	Siltito
0,0625	62,5	4		
0,053	53	4,25		
0,044	44	4,50		
0,037	37	4,75		
0,031	3,1	5	Siltito médio	
0,0156	15,6	6	Siltito fino	
0,0078	7,8	7	Siltito muito fino	
0,0039	3,9	8	Argila	
0,0020	2,0	9		
0,00098	0,98	10		
0,00049	0,49	11		
0,00024	0,24	12		

Figura 29 - Classificação granulométrica Wentworth (1922).

Fonte: Christofolletti & Moreno (2017).

Dentre as análises formuladas pelo software, o mesmo fornece 6 formas de gráficos e dentre eles foram analisados os Diagramas de Pejrup com a distribuição hidrodinâmica dos sedimentos e Shepard com o triângulo de classificação dos sedimentos em porcentagem de 12 classes convencionais (argila ou argilito; argila arenosa, argila siltica e siltico-arenosa; areia argilosa e siltico-argilosa; silte argilo-arenoso; silte argiloso; areia ou arenito; areia siltica, silte arenoso e silte ou siltito).

Entretanto, as amostras sedimentares de julho obtidas na coluna d'água (zona de surf) passaram por análise morfooscópica em cada um dos seis trapeadores/armadilhas. Estas foram dispostas em uma placa de petri, de fundo transparente para análise em uma lupa binocular com iluminação por reflexão dirigida a 45° e zoom óptico de 0,7 com luz refletida (Figura 30 a), a partir da seleção e contagem de 100 grãos de maior visibilidade (Figura 30 b).

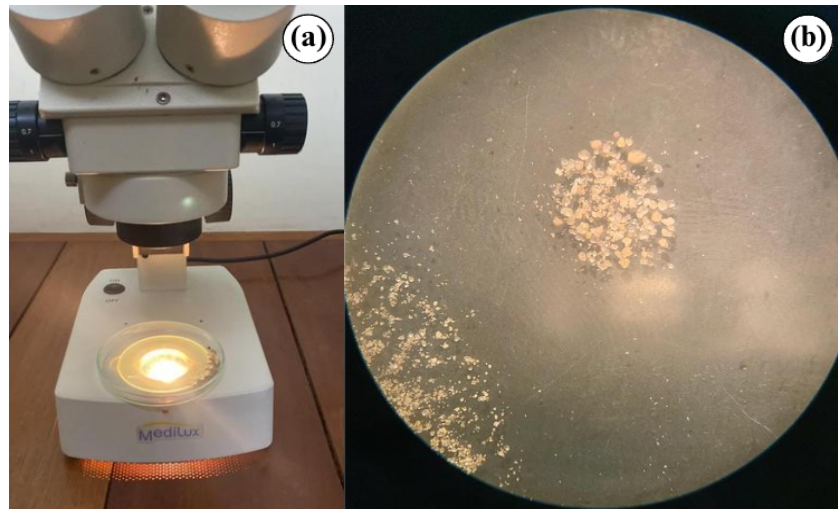


Figura 30 - Morfoscopia das amostras sedimentar (zona de surf); (a) microscópio Medilux e placa de petri de fundo transparente; (b) Separação de 100 grãos de maior visibilidade para identificação (Power 1953).

Fonte: Autora.

A morfoscopia dos grãos arenosos foi classificada conforme o método proposto pelo Laboratório do *Institut de Géographie de l'Université de Strasbourg* (Ligus 1958) e aplicado por Machado & Pinheiro (2021), onde utilizaram os seguintes atributos para os grãos: brilho natural, sujo, fosco e brilhante. Com relação ao grau de arredondamento, utilizou apenas as classes: grãos angulosos, subangulosos, subarredondados, arredondados e esféricos (Figura 31) conforme adaptação da escala de Power (1953) comumente usada em trabalhos laboratoriais, considerou-se tão preciso quanto outros métodos.

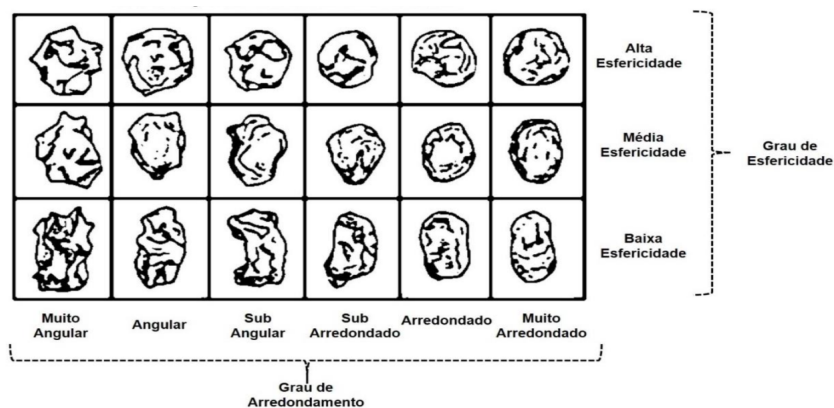


Figura 31 - Escala de esfericidade dos sedimentos conforme adaptação da escala de Power (1953).

Fonte: Silva *et al.* (2020).

Os grãos menores foram descartados para análise morfoscóptica pois, de acordo com Friedman & Sanders (1978), as partículas menores raramente mostram o efeito da abrasão durante o transporte, por sofrerem quebraamento posterior ao transporte como adotado por Rebouças & Castro (2019). Posteriormente, os dados foram organizados em planilha excel para a quantificação dos dados em porcentagem.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

"Os resultados apresentados nesta dissertação, são apresentados em forma de artigo (APÊNDICE A e APÊNDICE B)":

6.1 ARTIGO I - EXPERIMENTO DO DRONE NO ESTUDO DA MORFODINÂMICA DE UMA PRAIA ESTUARINA (CARIPI - BARCARENA/PARÁ - AMAZÔNIA ORIENTAL)

6.2 ARTIGO II - MORFODINÂMICA E TRANSPORTE SEDIMENTAR SAZONAL DA PRAIA ESTUARINA DO CARIPI (BARCARENA/PARÁ - AMAZÔNIA ORIENTAL)

7 CONCLUSÕES

Esta dissertação de mestrado teve como objetivo investigar a morfodinâmica da praia estuarina do Caripi em dois períodos (chuvoso e seco), sob influência do evento La Niña, a partir de uma metodologia inovadora. Possibilitando mensurar o potencial do uso de drone, frente a morfodinâmica de praia, através da aerofotogrametria, tendo em vista que sua aplicação em praias amazônicas, tem sido adotada ao monitoramento de fauna, vegetação e variação de linha de costa, se tornando também uma alternativa para levantamento de perfis de praia o que não foi registrado até o momento.

Com esta pesquisa, é possível mostrar que a metodologia adotada é tão eficiente quanto às demais já realizadas para o levantamento descritivo de perfis praias. Reforçando que o uso do drone, associado a base GNSS geodésica e PPK, funcionam como ferramentas dependentes, para que haja uma precisão nos resultados, trazendo o produto o mais próximo da realidade, para que assim, possa-se inferir nas principais alterações morfológicas.

Com base nos resultados obtidos, a metodologia aplicada se mostrou satisfatória para a elaboração da pesquisa e que apesar da validação cartográfica ter sido efetuada apenas para o produto da estação seca, devido a insuficiência de pontos de controle, porém, foi possível levar em consideração que o processamento das imagens no *Software* - Agisoft Metashape apresentaram o grau de resolução, erro estimado de pixel e valor de acurácia consideráveis, por não serem discrepantes. Entretanto, é válido mensurar a importância de realizar o levantamento de pontos de controle, pois, mesmo que tenham sido adotados apenas três pontos na estação seca, foi possível validar a qualidade da aerofotogrametria levantada através do *Software* GeoPEC 5.6, ferramenta de análise de dados cartográficos.

Ainda, através da análise das imagens foi possível detectar a presença de feições geomorfológicas na praia do Caripi, como canais de maré e sistemas de calhas e bancos longitudinais. Durante o período chuvoso, os perfis topográficos foram de menor extensão em ambos os setores (32 m, 58 m e 132 m) e com formação de barras arenosas múltiplas e sucessivas e calhas mais profundas (de 0,1 a 0,4 cm), entretanto, no seco, os perfis foram mais extensos, com (50 m, 77 m e 142 m), com larguras que diminuem do setor leste para oeste. Nota-se também, a tendência deposicional de sedimentos (acrecção) no mesmo sentido entre cavas, reduzindo o número de bancos sucessivos, sendo estes mais evidentes durante o chuvoso.

Na praia do Caripi, a onda apresentou altura máxima significativa de 0,49 m (chuvoso) e mínima de 0,22 m (seco). A altura máxima da maré foi respectivamente de 2,9 m e 3,3 m do chuvoso para o seco, sendo realizadas as atividades durante a maré baixa de sizígia, sendo mais

baixa no seco (0,1 m) enquanto no chuvoso (0,5 m). Os ventos registrados, foram mais intensos durante o seco, com velocidades de até 9,5 m/s.

Os eventos extremos como El Nino e La Ninã, tem sido associado ao aumento das probabilidades de erosão das praias e inundações costeiras em todo o mundo (NOBRE *et al.* 2019). Quanto aos acumulados de chuva, reforça-se que a influência do La Ninã sobre a região norte, perdurou o período chuvoso na região no ano de 2022, o que diz Pereira *et al.* (2013) os eventos La Ninã aumentam as chuvas e as descargas fluviais, mas que pouca informação se sabe sobre como isso pode afetar os processos oceanográficos costeiros e qual o eventual impacto no sistema costeiro amazônico.

Entretanto, a sazonalidade na região amazônica possui dois períodos sazonais bem definidos "chuvoso" e "seco" que apresenta meses de maior e menor intensidade pluviométrica e é fortemente influenciada pelas condições meteorológicas de meso e grande escala. Os eventos meteo-oceanográficos de grande escala alteram a dinâmica de períodos chuvosos e secos, que no caso de 2022 a área de estudo estava sob influência do La Ninã que intensificou e perdurou o número de meses chuvosos, sendo uma das forçantes atuantes no transporte e balanço sedimentar, associado-o também a subida e descida das marés que configurou a geomorfologia costeira, largura praial e disponibilidade textural de sedimentos.

Os sedimentos que compõem a praia do Caripi são predominantemente de areia fina a média, entretanto, no seco também foi constatado a presença de areia média e muito finas, em ambas com grau de selecionamento: pobremente selecionados (setores oeste e central) e moderadamente selecionado (setor leste). Dentre as técnicas sedimentológicas empregadas, a análise morfoscópica dos grãos de areia, foi importante na interpretação de grãos de areia transportados pelas correntes longitudinais, que apresentam características quartzosas de brilho natural, textura predominante sub-arredondadas, com baixa esfericidade.

A partir dos dados apresentados e das observações em campo é possível concluir que a construção da orla do Caripi é benéfica para a contenção da erosão, além de ser uma alternativa de medida mitigadora de proteção a processos erosivos e atrativo socioeconômico. É importante ressaltar que a obra tem cumprido seu papel sob a ótica sazonal e hidrodinâmica, em que foi possível constatar que o comportamento dos perfis topográficos está associado ao sistema de erosão e deposição sedimentar, em decorrência da pluviosidade.

A morfodinâmica da praia do Caripi, frente ao muro de contenção tem apresentado os estados intermediários e dissipativos de maior dominância e que apesar de atestar um balanço positivo no volume sedimentar, o avanço da areia ao pós praia, é um indicativo de durabilidade mediana da estrutura, pois notou-se que nos setores oeste e central, o volume sedimentar de

deposição (seco) é maior que o erodido (chuvoso), sendo estes dois pontos mais suscetíveis a cobertura total da orla pelo sedimento, ressaltando também que a estrutura de aço galvanizado da orla (tipo gabião), apresenta pequenas rupturas que pode resultar em sua instabilidade e conseqüentemente na durabilidade.

REFERÊNCIAS

- Aagard, T. & Hughes M. 2013. 10.4 Sediment transport. *Treatise on Geomorphology*, **10** 74-105, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00273-6>.
- Acunã G.S. 2017. *Análise comparativa do transporte de sedimentos nas praias de Ponta Negra e da Barreira do Inferno*. TCC, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal/RN, 50p.
- Alves M. A. M. S. 1999. *Caracterização sedimentológica e geomorfológica da plataforma e parte superior do talude continental do estado do Pará*. TCC, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará - UFPA. Belém. p. 114.
- Almeida V.M. & Oliveira E.C. 2022. XIV Dinâmica morfosedimentar influenciada pelo porto moderno de Ilhéus-Ba. In: Paula P.D *et al.*(ed.) *Entre-margens: a eterna «torna-viagem». Vivendo no limite dos recursos costeiros e marinhos?» Tomo XI da Rede Braspor*. CITCEM – Centro de Investigação Transdisciplinar Cultura, Espaço e Memória Via Panorâmica, p. 215-222.
- Bittencourt L. A. 2016. *Morfodinâmica da praia Estuarina do Cajuína, Soure, Marajó – Pará*. MS Dissertation, Programa de pós-graduação em geologia e geoquímica, Universidade Federal do Pará, Belém, 120p.
- Birkmeier W. A. 1981. Fast accurate two-person beach survey. Aid 81-11. U.S. Army Engineers Waterways Experiment Station. *Coastal Engineering Research Center*, Vickburg, Mississippi, 22p.
- Brand E., Montreuil A-L., Houthuys R., Chen M. 2020. Relating hydrodynamic forcing and topographic response for tide-dominated sandy beaches. *Journal of Marine Science and Engineering*, **8** (3):151. <https://doi.org/10.3390/jmse8030151>.
- Brasil. Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil (UNIC Rio). 2016. *Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável - ODS 2030*. Nova York, Disponível em: https://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/Brasil_Amigo_Pesso_Idosa/Agenda2030.pdf. Acesso em: 16 jun. 2021.
- Brasil. 1984. *Decreto nº 89.817* de 20 de junho de 1984. Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Diário Oficial da União, Brasília - DF, Brasil.
- Brasil. Ministério da Economia. 2022. *Projeto Orla: Manual para elaboração do plano de gestão integrada da orla*. Brasília- DF. p. 324.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA. *Solos*. Rio de Janeiro, EMBRAPA, 2017.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. 2018. Programa Nacional para Conservação da Linha de Costa – PROCOSTA. Brasília, DF: MMA, 2018. p. 823.
- Brasil. Grupo De Integração Do Gerenciamento Costeiro - Gi-Gerco/CIRM. 2018. *Resolução nº 1/2018*. Dispõe sobre guia de diretrizes de prevenção e proteção à erosão costeira. Comissão Interministerial Para Recursos Do Mar. Brasília-DF.

Braum K. N., Mattheus C. R., Theuerkauf E. J. 2022. The geomorphic role of large wood in the coastal zone: Mobilization threshold and beach morphology impacts in the North American Great Lakes. *Geomorphology*, **411** (15):1-15. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2022.108292>.

Bulhões E. 2020. Erosão costeira e soluções para a defesa do litoral. *Geografia Marinha. Oceanos e Costas na Perspectiva de Geógrafos*, **29**: 655-688. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/345765641_Cap_29_Erosao_Costeira_e_Solucoes_para_a_Defesa_do_Litoral. Acesso em: 06 abr. 2022.

Calliari L. J., Muehe D., Hoefel F. G., Jr T. E. 2003. Morfodinâmica praias: uma breve revisão. *Revista Brasileira Oceanografia*, **51** (1):63-78. <https://doi.org/10.1590/S1413-77392003000100007>.

Cardenas S. M. M., Cohen M.C.L., Ruiz D.P.C., Souza A.V., Gomez-Neita J.S., Pessenda L.C.R., Culligan N. 2022. Death and regeneration of an Amazonian mangrove forest by anthropic and natural forces. *Remote Sens.* **14** (24): 6197. <https://doi.org/10.3390/rs14246197>.

Carneiro A. G., Prestes Y. O., Rollinc M. 2020. Estimates of suspended solid transport in the Pará River Estuary. *Ocean and Coastal Research*, **68** (1-3):1-8. <http://dx.doi.org/10.1590/S2675-28242020068281>.

Cassela E., Drechsel J., Cristão I., Benninghoff M., Rovere A. 2020. Accuracy of sand beach topography surveying by drones and photogrammetry. *Geo-Mar*, **40** :255-268. <https://doi.org/10.1007/s00367-020-00638-8>.

Castelle B., Masselink G. 2022. Morphodynamics of wave-dominated beaches. *Cambridge Prisms: Coastal Futures*, **1** (1):1–13, 2022. <https://doi.org/10.1017/cft.2022.2>.

Catete C. P., Menezes, H. C. P., Leão, K. P., Silva, N. L. C., Costa, Kelly, G. 2017. VI-169 – Barcarena/PA grandes empreendimentos: uma análise geoespacial do contexto atual. In: Congresso ABES FENASAN, São Paulo. *Anais[...]*. p 1-9. Disponível em: <https://doceru.com/doc/n88exxxc>, Acesso em: 15 set. 2022.

CDP. Companhia Docas do Pará. 2022. *Plano de Desenvolvimento e Zoneamento – Porto de Vila do Conde*. p. 1-420, Belém-PA, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/transportes/pt-br/pt-br/assuntos/politica-e-planejamento/politica-e-planejamento/arquivos-pdz/pdz_vila_do_conde_portaria_591_2021-e-alterado-pela-portaria-36_2023.pdf. Acesso em: 10 jun. 2022.

Chen B., Yang Y., Wen H., Ruan H., Zhou Z., Luo K., Zhong F. 2018. High-resolution monitoring of beach topography and its change using unmanned aerial vehicle imagery. *Ocean & Coastal Management*, **160** :103-116. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.04.007>.

Cintra J. C. A., Aoki N., Tsuha C., de H. C., Giacheti H. L. 2013. Fundações: ensaios estáticos e dinâmicos. *Oficina de Textos*, p. 144. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002477296>. Acesso em: 15 nov. 2021.

Concejo A.V., Gallop S.L., Largier, J.L. 2020. Sandy beaches in estuaries and bays. *Sandy Beach Morphodynamics*, Elsevier, **15**: 3343-362. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-102927-5.00015-1>.

Correia K. A. 2019. *O método utilizado no monitoramento do nível freático e na definição da penetração da cunha salina na praia do Farol, Mosqueiro – Pa.* MS Dissertation, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Pará – UFPA, Belém. 49p. Disponível em: <https://cpgf.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/2019/dissertacao-karolina-almeida-correia.pdf>. Acesso em: 20 out. 2022.

Correia K., Silva M., Cunha I., Miranda A., Mendes A., Luczynsky E. 2017. Método GPR aplicado para delinear o lençol freático em praias estuarinas e fluviais. *SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica*. Disponível em: https://sbgf.org.br/mysbgf/eventos/expanded_abstracts/15th_CISBGf/M%C3%A9todo%20GPR%20aplicado%20para%20delinear%20o%20len%C3%A7ol%20fre%C3%A1tico%20em%20praias%20estuarinas%20e%20fluviais.pdf. Acesso em: 28 out. 2021.

Costa C. E. A. S. & Blanco C. J. C. 2018. Influência da Variabilidade Climática sobre a Erosividade em Belém (PA). *Revista Brasileira de Meteorologia*, **33** (3):509-520. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786333010>.

Cunha I. R. V. 2017. *Permeabilidade da praia do Caripi (Barcarena – PA) a eventuais derrames de derivados de hidrocarbonetos*. TCC, Instituto de Geociências Faculdade de Oceanografia, Universidade Federal do Pará – UFPA, Belém. xiv. 57 p. Disponível em: https://bdm.ufpa.br:8443/jspui/bitstream/prefix/882/1/TCC_PermeabilidadePraiaCaripi.pdf. Acesso em: 03 fev. 2023.

Custódio M. S., Gozzo L. F., Machado J. P. 2020. Análise dos eventos extremos de precipitação sobre a Amazônia em modelos climáticos de alta resolução - parte I: variabilidade interanual. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, Rio de Janeiro, **43** (4):350-363. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/36002>. Acesso em: 05 jan. 2023.

Chauhan R., Datta A., Ramanathan A.L., Adhya T.K., 2015. Factors influencing spatio-temporal variation of methane and nitrous oxide emission from a tropical mangrove of eastern coast of India. *Atmospheric Environment*. **107**: 95–106. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.02.006>.

Dai Z., Fagherazzi S., Gao, S., Mei X., Ge Z., Wei W. 2018. Scaling properties of estuarine beaches. *Marine Geology, Elsevier*, **404**:130-136. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2018.07.011>. Acesso em: 03 mar. 2022.

Dalrymple R. W., Kurcinka, C. E., Jablonski B. V. J., Ichaso A. A., Mackay D. A. 2015. Deciphering the relative importance of fluvial and tidal processes in the fluvial–marine transition. In: Ashworth P. J., Best J. L., Parsons D. R. *Developments in Sedimentology, Elsevier*, **68**:3-45. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63529-7.00002-X>.

Davis Jr., R.A., Hayes M.O. 1984. What is a wave-dominated coast? *Marine Geology*. **60** (1-4): 313–329. [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(84\)90155-5](https://doi.org/10.1016/0025-3227(84)90155-5).

Dean R.G. 1973. Heuristic models of sand transport in the surf zone. In: Conference on engineering dynamics in the surf zone, Sydney. *Institute of Engineers* p. 208-214.

Dean R. G., Dalrymple R. A., 2004. Coastal processes with engineering applications. *Cambridge University Press*, p. 476. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511754500>.

Dionne J. C. 1963. Towards a more adequate definition of the St. Lawrence Estuary. *in: Geomorfologia. Enciclopédia de Ciências da Terra.* Springer, Berlim, Heidelberg. 7:36–44. https://doi.org/10.1007/3-540-31060-6_115.

Diretoria de Hidrografia e Navegação-DNH. *Tábuas de marés.* Disponível em: https://www.marinha.mil.br/chm/sites/www.marinha.mil.br.chm/files/dados_de_mare/08-vila_do_conde_tabua_2022_0.pdf. Acesso em: 01 jul. 2022.

Diretoria de Hidrografia e Navegação-DNH. *Tábuas de marés.* Disponível em: https://www.marinha.mil.br/chm/sites/www.marinha.mil.br.chm/files/dados_de_mare/08-vila_do_conde_tabua_2022_0.pdf. Acesso em: 25 de nov. 2022.

DSG. 2016. Norma da especificação técnica para controle de qualidade de dados geoespaciais (et-cqdg). *Departamento de Ciência e Tecnologia Diretoria do espaço geográfico.* Ed. 1, 2016. Disponível em: https://bdgex.eb.mil.br/portal/media/cqdg/ET_CQDG_1a_edicao_2016.pdf. Acesso em: 20 de jul 2023.

El-Robrini M., Ranieiri L.A., Silva P.V.M., Guerreiro J.S., Alves M. A. M. Da S., Oliveira, R.S De., Silva M. Do. S. F. Da., Amora P.B.C., El-Robrini M.H.S., Fenzl N., Farias D.R. 2018. Pará. *In: Muehe D. (org.) Panorama da Erosão Costeira do Brasil.* Brasília, DF, MMA. p. 65-166.

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*, **210**:125-136. Disponível em: https://coastaldynamics2017.dk/onewebmedia/210_erikson.pdf. Acesso em: 05 jan. 2023.

Espinoza J. A. A & Herzog I. B. 2017. “Estudo da efetividade de obras de contenção de erosão costeira em Conceição da Barra – Es”. *Revista Guará.* **1** (6):71-80. <https://doi.org/10.30712/guara.v1i6.15122>.

Famiglietti N.A., Cecere G., Grasso C., Memmolo A., Vicari A. 2021. A test on the potential of a low cost unmanned aerial vehicle RTK/PPK solution for precision positioning. *Sensors*, **21** (11):3882, p.1-14. <https://doi.org/10.3390/s21113882>.

Fairbridge R. W. The estuary: its definition and geodynamic cycle. 1980 *In: Olausson E. & Cato I. (eds.). Chemistry and biogeochemistry of estuaries.* New York: John Wiley and Sons. **21** (20):338. p.1-35.

Fey J. D. *Caracterização e modelagem hidrodinâmica da circulação do sistema estuarino do rio Guaratuba (Bertioga - SP).* 2019. MS Dissertation Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade de Ambientes Costeiros. Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 70p. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/181522>. Acesso em: 15 abr. 2022.

Farinaccio A. *Impactos na dinâmica costeira decorrentes de intervenções em praias arenosas e canais estuarinos de áreas densamente ocupadas no litoral de São Paulo, uma aplicação do conhecimento a áreas não ocupadas.* 2008. PhD Theses, Programa de Pós-graduação em Oceanografia Química e Geológica, Universidade de São Paulo. 199p. <https://doi.org/10.11606/T.21.2008.tde-25062008-150136>.

Ferreira C.C., Silva P.A., Bernabéu A.M., Abreu T. 2023. Transport of heterometric sediments in wave-dominated flows – Tracer experiments. *Marine Geology*, **459**:1-12. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2023.107042>.

Ferreira D.B.S., Souza E.B., Oliveira J.V. 2020. Identificação de extremos de precipitação em municípios do estado do Pará e sua relação com os modos climáticos atuantes nos oceanos Pacífico e Atlântico. *Revista Brasileira de Climatologia*, **270**:197-222. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v27i0.64630>.

Ferreira D.P.M., Carneiro B.S., Marques L.C.A. 2022. Qualidade das águas estuarinas do rio Pará na zona portuária de vila do Conde (município de Barcarena/Pará). *Geografia*, **47** (1):1-27. <https://doi.org/10.5016/geografia.v47i1.15850>.

Ferreira S.P. 2022. *Análise da qualidade cartográfica de produtos gerados por RPAS Multi-Rotor de pequeno porte*. TCC, Instituto Federal de Educação e Tecnologia, Goiás. 49p. Disponível em: https://repositorio.ifg.edu.br/bitstream/prefix/1519/3/tcc_Samara%20Pinheiro%20Ferreira.pdf. Acesso em: 15 jan. 2023.

Folk R.L. & Ward W.C. 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, **27**:3-27. <https://doi.org/10.1306/74d70646-2b21-11d7-8648000102c1865d>.

Fontes R. F. C., Miranda L. B., Andutta F. 2016. Estuarine Circulation. In: Kennish, M.J. (eds) *Encyclopedia of Estuaries*. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-017-8801-4_176.

Fontoura J. A. S. 2004. *Hidrodinâmica costeira e quantificação do transporte longitudinal de sedimentos não coesivos na zona de surfe das praias adjacentes aos molhes da barra do Rio Grande, RS, Brasil*. PhD Theses, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre. 239p. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/5350>. Acesso em 18 set. 2022.

Freitas S. J. N., Pimentel M. A. S., Sodré G. R. C., Santos M. R. S. 2020. Vulnerabilidade aos processos erosivos relacionada com a sazonalidade no município de Barcarena, Pará. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, **11** (7):448-462. <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.007.0036>.

Gaya J. P., Júnior L. C. S. C., Santos M. L., Alves T. P. 2019. Utiliza o de veículo aéreo não tripulado no monitoramento da dinâmica sedimentar de praias expostas. *Metodologias e Aprendizagem*, **2**:25-29. <https://doi.org/10.21166/metapre.v2i0.1131>.

Galvin C.J. 1968. Breaker type classification on three laboratory beaches. *Journal of Geophysical Research*, **12**(73):3651–3659. <https://doi.org/10.1029/JB073i012p03651>.

Garcia-Avllon S & Miralles J. L. 2015. New strategies to improve governance in territorial management: evolving from “smart cities” to “smart territories”. *Procedia Engineering*, **2**(118): 3-11. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.396>.

- Gerscovich D., Saramago R., Danziger B. R. 2019. Contenções: Teoria e aplicações em obras. *Oficina de textos*, 1-240. https://books.google.com.br/books/about/Conten%C3%A7%C3%B5es_teor%C3%A7%C3%B5es_em_ob.html?id=hejEDwAAQBAJ&redir_esc=y. Acesso em: 05 jan. 2022.
- Gómez-Pujol L. & Orfila A. 2020. Reflective–dissipative continuum. *Sandy Beach Morphodynamics, Elsevier*, **18**:421-437. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102927-5.00018-7>.
- Gonçalves R. M., Holanda T. F., Queiroz H. A. A., Sousa P. H. G. O., Pereira P. S. 2022. Explorando a potencialidade do RPAS usando uma câmera RGB para entender a variação de curto prazo em praias arenosas. *ScienceDirect Elsevier*, **210**(1):1-7. <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/67587>.
- Green M. O. & Coco G. 2014. Review of wave-driven sediment resuspension and transport in estuaries, *Reviews of Geophysics*, **1**(52):77–117. 10.1002/2013RG000437.
- Holler W. J., Serrato R. J., Graca N. L. S., Cruz W., Cristo D. P. Avaliação de acurácia e precisão de modelos digitais de superfície a partir de diferentes aeronaves remotamente pilotadas. *Revista Técnico-Científica do CREA-PR*, **13**(3):1-20. Disponível em: <https://revistatecie.crea-pr.org.br/index.php/revista/article/view/371>. Acesso em: 04 jan. 2023.
- Holanda T.F., Gonçalves R.M., Lino A.P., Pereira P.S., Sousa P.H.G. de O. 2020. Classificação das variações morfodinâmicas e processos costeiros, Praia do Paiva, Pe, Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. **21**(2):235-251. <https://doi.org/10.20502/rbg.v21i2.1796>.
- IMERYYS. 2023. *Belém-Pa*. Disponível em: <https://www.imerys.com/pt-br/brasil>. Acesso em: 06 out. 2022.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE. 2021. *Belém-Pa*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/barcarena.html>. Acesso em: 06 out. 2022.
- Instituto Nacional de Meteorologia-INMET. 2023. *Belém- Pa*. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: 06 jan. 2023.
- Instituto Nacional de Meteorologia-INMET. 2023. *Belém- Pa*. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 06 de jan. 2023.
- Jackson N. L. & Nordstrom K. F. 1993. *Depth of activation of sediment by plunging breakers on a steep sand beach*. *Marine Geology*, **115**(1-2):143–151. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63529-7.00002-X>.
- Jackson A. L., Nordstrom K. F., Farrel E. J. 2017. Longshore sediment transport and foreshore change in the swash zone of an estuarine beach. *Marine Geology, Elsevier*, **386**(1):88-97. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2017.02.017>.
- Jackson D.W. & Short A. D. 2020. Introduction to beach morphodynamics. *Sandy Beach Morphodynamics, Elsevier*, **1**:1-14. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102927-5.00001-1>.
- Jackson D.W.T., Curto A. D., Loureiro C., Cooper J. A. G. 2022. V Beach morphodynamic classification using high-resolution nearshore bathymetry and process-based wave modelling. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **268**:1-13, Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2022.107812>. Acesso em: 05 de abr. 2023.

- Jesus L. V., Pereira P. S., Andrade A. C. S., Nascimento E. A. N., Holanda T. F. 2023. Influência das barras transversais na variação da linha de costa em praia tropical de baixa energia. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, **24** (1):1-19. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v24i1.2228>.
- Kamal S.A. 2021. Coastal forces and processes. *Journal of Coastal Zone Management*, **24**:1-5. Disponível em: <https://www.walshmedicalmedia.com/open-access/coastal-forces-and-processes-84194.html>. Acesso em: 15 de mai. 2023.
- Kandrot S., Hayes S., Holloway P. 2022. Applications of Uncrewed Aerial Vehicles (UAV) technology to support integrated coastal zone management and the un sustainable development goals at the coast. *Estuários e costas*, **45** p.1230–1249. <https://doi.org/10.1007/s12237-021-01001-5>.
- Kennish M.J. 1986. *Ecology of Estuaries: Volume 1: Physical and chemical aspects* (1ª ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781351071598>. Acesso em: 11 de jun. 2023.
- Kjerfve B. 1987. Estuarine Geomorphology and Physical Oceanography. In: Day Jr., Hall, C.H.A.S., Kemp, W.M., Yánez-Aranciba, A. (ed.). *Estuarine Ecology*. New York, Wiley, p. 47-78. Disponível em: http://www.soest.hawaii.edu/oceanography/courses/OCN623/Spring2011/Kjerfve_1989.pdf
- Kjerfve B. 1990. Manual for investigation of hydrological processes in mangrove ecosystems. Paris, UNESCO/UNDP. 79p.
- Krishna P.S. S., Tiju V. I., Sheela L. N., Ramesh M. 2023. Coastal flooding by wave, wind, tide interactions and related processes along the southern part of SW coast of India, *Regional Studies in Marine Science*, **62**:102968. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.102968>.
- Klein A. H. F., Diehl F. L., Benedet L. 2005. The paradigma between beach protection and beach restoration: Case studies in Santa Catarina state, southeastern Brazil. 2005. In: International conference on coastal conservation and management in the Atlantic and Mediterranean, Tavira. *Book of abstracts*, p. 327-329.
- Komar P. D. 1978. Relative quantities of suspension versus bed-load transport on beaches. *Journal of Sedimentary Petrology*. **48** (3):921 – 932.
- Kraus N.C. 1987. Application of portable traps for obtaining point measurements of sediment transport rates in the surf zone. *Journal of Coastal Research*, **3** (2):139-152.
- Lakes Environmental Software WRPlot View (versão 2.1.0). *WRPLOT*. Disponível em: <https://www.weblakes.com/software/freeware/wrplot-view/>. Acesso em: 09 de jun 2023.
- Lei Municipal Nº 2200/2017, de 26 de dezembro de 2017. FAMEP – Ano VIII No 1890 – Pará, 29/12/2017. Disponível em: <https://barcarena.pa.gov.br/portal-da-transparencia/leis/>. Acesso em: 04 jun. 2022.
- Lingus (*Laboratoire de l'Institut de Géographie de l'Université de Strasbourg*). 1958. Methodé améliorée pour l'étude des sables. *Rev. Géom. Dyn*, **4** :43-53.
- Macêdo J. R. 2019. *Desastre Socioambiental em Barcarena: a percepção dos moradores de vila do conde sobre o naufrágio Haidar*. MS Dissertation, Programa de Pós-Graduação em Estudos Antrópicos na Amazônia – PPGEEA, Universidade Federal do Pará – UFPA, Castanhal-Pa, 126p.

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*, **33** (1):1-27. Disponível em: <http://journals.openedition.org/geografares/3449>. Acesso em: 03 out 2022.

Mascarenhas A. C. C. 2019. *Influência do estuário do rio Pará sobre o setor leste da plataforma continental interna, norte do Brasil*. MS Dissertation, Programa de Pós-Graduação em Geofísica (CPGF), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará – UFPA, Belém-Pa, 70p. Disponível em: <https://cpgf.proesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/2019/dissertacao-angela-carolina-cidon.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2022.

Masselink G. & Short A.D. 1993. The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: A conceptual beach model. *Journal of Coastal Research*, **9** (3):785– 800. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/4298129>. Acesso em: 10 de out 2022.

Matos M.F.A., Gurgel D.F., Scudelari A.C., Amaro V. E. 2020. Estimativa da taxa anual e sazonal do transporte longitudinal sedimentar na zona costeira do litoral oriental do Rio Grande do Norte. *Rev. Bras. Geomorfol.*, **21**(1):79-99. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v21i1.1507>.

Maureira L. Z. 2019. *Condição morfodinâmica e sedimentação eólica nas dunas interiores da Ilha dos Marineiros, região estuarina da Lagoa dos Patos, RS*. MS Dissertation, Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGGEO, Instituto de Ciências Humanas e da Informação – ICHI, Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Rio Grande – RS. 165p. Disponível em: <http://repositorio.furg.br/handle/1/8630>. Acesso em: 12 ago. 2022.

Melo B. A. P., Cañete V. R., Fernandes D. De A., Ribeiro F. M., Silva R. A Da. 2020. Relacionamento com a comunidade: a responsabilidade social das empresas na perspectiva das comunidades vizinhas ao polo industrial de Barcarena-PA. XI CODS - Colóquio de Organizações, Desenvolvimento e Sustentabilidade. *Anais[...]* **11**(1):1-16. Belém - Pa. Disponível em: <http://revistas.unama.br/index.php/coloquio/article/view/2195>. Acesso em: 15 mai. 2023.

Medeiros A. C. 2017. *Índice de qualidade das águas (IQA) em áreas de exposição a poluentes domésticos e industriais em Abaetetuba e Barcarena, Pará-Brasil*. PhD Theses, Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva, Instituto de Estudos em Saúde Coletiva, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro.122p.

Mercaldi B., Birdeau L.E., Tait J.F., Griggs G. 2022. Seasonal morphological variability on estuarine beaches and implications for low-energy beach management. *J. of Coastal Research*, **38** (6):1135-1147. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-22-00018.1>.

Ministério Público do Estado do Pará. 2016. *Avaliação dos requisitos propostos pelo MPF e elaboração de roteiro orientativo para monitoramento ambiental do polo Industrial de Barcarena*. Disponível em: <https://www2.mppa.mp.br/sistemas/gcsubsites/upload/41/Nota%20Tecnica%20monitorament%20externo%20do%20Polo%20Industrial%20de%20Barcarena%20-%20MPE.pdf>. Acesso em: 13 de jan. 2023

Ministério do Meio Ambiente. 2002. Projeto Orla: Fundamentos para Gestão Integrada. *Brasília: MMA/SQA; Brasília: MP/SPU*, 2002. p. 78.

Miranda L. B., Castro B. M., Kjerfve. *Princípios de oceanografia física de estuários*. São Paulo. Ed. USP, 2002. (Acadêmica, 42).

- Moloney J. G., Hilton M. J., Sirguy P., Simons-Smith T. 2018. Coastal Dune Surveying Using a Low-Cost Remotely Piloted Aerial System (RPAS). *Journal of Coastal Research*, **345** (5):1244–1255. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-17-00076.1>.
- Muehe D. & Oliveira L. A. K. 2014. Deslocamento da linha de costa versus mobilidade praial. *ResearchGate*, **5** (2):121-124. 10.5380/abequa.v5i2.35884.
- Muehe D. 2019. Pós-praia não deve ser traduzido como backshore – uma revisão da terminologia brasileira do sistema praia – antepraia. *Quaternary and Environmental Geosciences*, **10** (1):40-43.<http://dx.doi.org/10.5380/abequa.v10i1.69217>.
- Muehe D. 2020. O sistema praial: formas, termos, processos e medição. In: Muehe D., Lins-De-Barros F. M., Pinheiro L.S. (org.). *Geografia Marinha: oceanos e costas na perspectiva de geógrafos*. Rio de Janeiro. PGGM, p. 27-55.
- Muehe D. 2022. Gestão e mudanças climáticas globais. In: Briana B., Turra A., Polette M. *Gestão de praias do conceito à prática*. CDD (20ed). São Paulo. p.259-283.
- Muehe D., Roso H. R., Savi D. C. 2003. Avaliação de Método Exedito de Determinação do Nível do Mar como Datum Vertical para Amarração de Perfis de Praia. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, **4** (1):53-57. <https://doi.org/10.20502/rbg.v4i1.19>.
- Nordstrom K. F. & Jackson N. L. 2012. Physical processes and landforms on beaches in short fetch environments in estuaries, small lakes and reservoirs: A review. *Elsevier*, **130** p.1-48. <http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.12.005>.
- Nhatsave G. V. & Machaieie H. A. 2021. Análise comparativa da distribuição dos sedimentos em duas praias da província da Zambézia, Moçambique. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, **22** (3):476-487. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v22i3.1765>.
- Novais T. G. & Machado L. A. 2023. Os climas do Brasil: segundo a classificação climática de Novais. *Revista Brasileira de Climatologia*, **32** (19):1-39. <https://doi.org/10.55761/abclima.v32i19.16163>.
- Nobre G. G., Muis S., Veldkamp T. I., Ward, P. J. 2019. Achieving the reduction of disaster risk by better predicting impacts of El Niño and La Niña. *Progress in Disaster Science, Elsevier*, **2** p. 1-6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pdisas.2019.100022>.
- Oliveira A. M. 2014. *Permeabilidade de Praias Fluviais e Estuarinas Amazônicas a Eventuais Derrames de Derivados de Hidrocarbonetos: o Caso das Praias Grande (Ilha de Outeiro-Pa) e Caripi (Barcarena-Pa)*. TCC, Faculdade de Oceanografia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará – UFPA, Belém, 64p.
- Oliveira B. J. 2020. *Morfodinâmica e a infauna na desembocadura do rio Itaguaré*. MS Dissertation, Pós-Graduação em Biodiversidade de Ambientes Costeiros, Instituto de Biociências, Campus do Litoral Paulista, UNESP, São Vicente – SP. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/202629>. Acesso em: 03 abr. 2022.
- Oliveira U. R., Simões R. S., Calliari L. J., Gautério B. C. 2019. Erosão de dunas sob ação de um evento extremo de alta energia de ondas na Costa Central e Sul do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira De Geomorfologia*, **20** (1):137-158. <https://doi.org/10.20502/rbg.v20i1.1352>.

Oliveira U., Simões S. R., Port, F., Caminha E., Calliari L., Romeu, Marco. 2020. Análise da Dinâmica Praial após a Deposição de Lama em 2014 na Praia do Cassino (Rs, Brasil) Utilizando Aeronave Remotamente Pilotada. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, **21** (23):677-695. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1462>. Acesso em: 11 ago. 2023.

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. [10.26848/rbgf.v14.4.p1924-1940](https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.4.p1924-1940).

Paula D. 2015. Erosão costeira e estruturas de proteção no litoral da região metropolitana de Fortaleza (Ceará, Brasil): um contributo para a artificialização do litoral. *REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA*, **9** (1):73-86. Disponível em: <http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/306>. Acesso em: 08 ago. 2022.

Pereira L. C. C., Oliveira R. M. C., Costa K. G., Vila-Concejo A. 2013. What happens on an equatorial beach on the Amazon coast when La Niña occurs during the rainy season?. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **135**:116-127. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2013.07.017>.

Pejrup M. 1988. The triangular diagram used for classification of estuarine sediments: a new approach. In: Boer P.L., Van Gelder A., Nio S. D.(ed). *Tide-influenced Sedimentary Environments and Facies*. [S.l., s.n]. p.289-300. [10.1007/978-94-015-7762-5_21](https://doi.org/10.1007/978-94-015-7762-5_21). Acesso em: 18 ago. 2022.

Pinet P. R. (ed.). 2017. *Fundamentos de oceanografia*. Rio de Janeiro: LTC. (Oceanografia, P71f).

Pinheiro Y. G. 2017. *Morfodinâmica das praias arenosas e riscos costeiros do setor leste da ilha da trindade, ES*. MS Dissertation, Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Rio Grande-RS, 2017. 134p.

Pinheiro A. A. L., Cerqueira A. C., Milani I. C. B. 2021. Influência de obras de proteção costeira no controle de erosão na praia central de Marataízes (ES). *Editora Científica Digital*, **9** 140-149. Doi: [10.37885/210705483](https://doi.org/10.37885/210705483). Disponível em: <https://www.editoracientifica.com.br/artigos/influencia-de-obras-de-protecao-costeira-no-controle-de-erosao-na-praia-central-de-marataizes-es>Acesso em: 10 nov. 2022.

Piratoba A. R. A., Ribeiro H. M. C., Morales G. P., Gonçalves W. G. 2017. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. *Revista Ambiente & Água – Na Interdisciplinary Journal of Applied Science*, **12** (3):435-456. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1910>.

Pritchard D. W. 1952. “Salinity distribution and circulation in the Chesapeake Bay Estuarine System”. *J. Mar. Res.*, **11** (1): 106-123. Disponível em: Miranda, L. B., Castro, B. M., Kjerfve, B. *Princípios de oceanografia Física de estuários*. Edusp, 2002.

Pritchard D. W. 1967. Circulation observations in estuaries of the coastal plain. *In*: Lauffg H. & Washington D. C (ed.). *Estuaries*. Associação Americana para o avanço da Ciência, n. 83, p. 37-44.

Power H.E. 2020. 6 - Breaking waves. *Sandy Beach Morphodynamics*, 103-130. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-102927-5.00006-0>.

Powers M. C. 1953. Comparison chart for visual estimation of roundness. *Journal of Sedimentary Petrology*, **23**:117-119.

Portal Barcarena. *GI PARÁ*. Disponível em: <https://www.portalbarcarena.com.br/trapiche-da-praia-do-caripi-em-barcarena-e-interditado-apos-vistoria.htm>. Acesso em: 07 de jul 2023.

Prefeitura de Barcarena. Departamento de Licitações e Contratos. *Processo Licitatório Concorrência N°. 3012/2022*. Disponível em: <https://barcarena.pa.gov.br/portal-da-transparencia/licitacoes-e-contratos/>. Acesso em: 08 de jan. 2023.

Prestes Y. O., Silva A. C., Rollnic M., Rosário R. P. 2017. The m² and m⁴ tides in the pará river estuary. *Tropical Oceanography*, **45** (1):26-37. <https://doi.org/10.5914/tropocean.v45i1.15198>

Prestes Y. O. Interações físicas entre o estuário do Rio Pará e a plataforma continental no norte do Brasil. 2016. MS Dissertation, Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 122p. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/17884>. Acesso em: 15 abr. 2023.

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** (05): 2916-2930. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/245181/39558>. Acesso em: 14 jun. de 2022.

Ranieri L. A. & El-Robrini M. 2012. Avaliação experimental de métodos de armadilhas de sedimentos para determinação do transporte costeiro da praia da romana, Ilha dos Guarás (nordeste do Pará). *Geociências*, **31** (1):103-116. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/5984/4475>. Acesso em: 16 jun. de 2023.

Ranieri L. A. & El-Robrini M. 2016. Condição Oceanográfica, Uso e Ocupação da Costa de Salinópolis (Setor Corvina – Atalaia), Nordeste do Pará, Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, **16** (2):133-146. Doi: 10.5894/rgci565. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3883/388346765002.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2022.

Ranieri L. A. 2014. *Morfodinâmica costeira e o uso da orla oceânica de Salinópolis (Nordeste do Pará)*. PhD Theses, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém. xx. 195p.

Ranieri L. A. & El-Robrini M. 2016. Quantificação de sedimentos transportados por correntes nas praias oceânicas de Salinópolis, Nordeste do Pará, Brasil. *Geociências* **35** (3):457-471. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/11688/7656>. Acesso em: 12 nov. 2022.

- 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* **13** (5):2086-2102. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.5.p2086-2102>.
- Rebouças R. C. & Castro F. 2019. Métodos clássicos de sedimentologia aplicados à identificação de depósitos costeiros como ferramenta ao licenciamento ambiental. *Revista GeoNordeste*, **1**:180-199. <https://doi.org/10.33360/RGN.2318-2695.2019.i1p180-199>.
- 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*, **22** (4):876-898. <https://doi.org/10.20502/rbg.v22i4.2017>.
- Ribeiro S.R. 2022. *Morfogênese e evolução paleogeográfica da foz do rio Tocantins, estado do Pará, durante o holoceno*. PhD Theses, Programa de pós-graduação em geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 191p. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/44469>. Acesso em: 13 nov. 2022.
- Rosário R. P. *Análise de processos oceanográficos no estuário Rio Pará*. 2016. PhD Theses, Programa de Pós-Graduação em Geofísica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém. 139p. Disponível em: <https://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/8876>. Acesso em: 24 mai. 2023.
- Rosário R. P., Borba T. A. C., Santos A. S., Rollinc M. 2016. Variability of salinity in Pará River Estuary: 2D analysis with flexible Mesh Model. *Journal of Coastal Research, Special Issue*, **75** (1):128-132. <https://doi.org/10.2112/SI75-026.1>.
- Rosa E.P., Trentin R., Dias D.F., Santos V.S. 2017. Mapeamento do uso e ocupação da terra no município de Jaguari-RS. In: Perez Filho A. & Amorim R.R. (org.). *Os desafios da geografia física na fronteira do conhecimento*. Campinas: Instituto de Geociências–UNICAMP. v.1, p.6890-6894. <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.1882>.
- Santos A. T. L. M. 2018. *Análise temporal dos impactos socioambientais das barragens de rejeito na bacia hidrográfica do rio Murucupi, Barcarena – PA*. MS Dissertation, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Barragem e Gestão Ambiental do Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, Universidade Federal do Pará – UFPA, Tucuruí/PA. 138p.
- Santos M. R. S. 2017. *A precipitação climática na mesorregião metropolitana de Belém e suas implicações socioambientais*. MS Dissertation, Programa de Pós- Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, Belém- PA. 152p. Disponível em: <https://repositorio.museu-goeldi.br/handle/mgoeldi/1972>. Acesso em: 03 mar. 2022.
- Santos V. H. M. 2018. *Caracterização das condições oceanográficas em estuários de macromaré: Complexo Estuarino Arraial-São José (MA)*. MS Dissertation, Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís-MA, 140p. Disponível em: <https://tedebc.ufma.br/jspui/handle/tede/2205>. Acesso em: 04 abr. 2022.
- Sazaki T.O. 1980. *Proceedings Of Coastal '80*. ASCE, p.3197- 3209.
- Senechal N., Alegria-Arzaburu A. R. 2020. 20 - Seasonal imprint on beach morphodynamics. (eds.): Jackson D. W. T. & Short A. D., *Sandy Beach Morphodynamics*, 461-486p. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-102927-5.00020-5>.

- 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-17052019-105634/publico/Dissertacao_Serrao_Pedro_Original.pdf. Acesso em: 17 jun. 2022.
- SEMAS. 2020. Gerenciamento costeiro no estado do Pará. In: Favilla B. S. V. Belém/PA, p. 1-30. Disponível em: https://www.semas.pa.gov.br/wp-content/uploads/2020/11/SEMAS_Guia-GERCO_compressed.pdf. Acesso em: 05 de set. 2022.
- Shepard F.P. 1973. Submarine Geology. *Haper e Row publishers*, p. 1-517.
- Short A. D. & Jackson D. W. T. 2013. Beach morphodynamics. In: Shroder J. & Sherman D.J. (ed.). *Treatise on Geomorphology*. Academic Press, San Diego, CA. *Coastal Geomorphology*, San Diego, **10** 106–129. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00275-X>.
- Short A. D. 2020. Wave-dominated, tide-modified and tide-dominated continuum. *ScienceDirect Elsevier*, **16**:363-389. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102927-5.00016-3>.
- Sila I. G., Moraes F. S., Struminski E. 2018. Comparação de técnicas de contenção de ondas. *Ciências exatas e tecnológicas*, **4** (3):25-34. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/5563>. Acesso em: 20 jul. 2022.
- Silva M. C. 2000. Estuários — Critérios para uma classificação ambiental. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, **5** (1):25-35. Disponível em: 10.21168/rbrh.v5n1.p23-35.
- Silva Junior A. G. da, Silva A. de Q. da, Silva Junior O. G. da 2019. Vulnerabilidade e risco á erosão costeira: estuário do Rio Pará. In: Silva Júnior J. A., Lima A. M. M., Moraes B. C. (org). *Gestão de riscos e desastres: experiências e desafios*. Belém, PPGGRD. p. 7-23.
- Silva C. P. A., Amaral R. F., Araújo P. V. N. 2020. Granulometria e morfometria de sedimentos superficiais costeiros: o complexo de lagoas interdunares da apa jenipabu, rio Grande Do Norte, Brasil. *Holos*, **2** (1):1-18. Disponível em: <https://doi.org/10.15628/holos.2020.9890> Acesso em: 01 jan. 2023.
- Silva P. V. M. 2015. *Estudo da morfodinâmica sazonal e quantificação de transporte sedimentar costeiro nas praias de Fortalezinha e Princesa, Algodual/Maiandeuá (Nordeste do Estado do Pará)*. MS Dissertation, Programa de pós-graduação em Geologia e Geoquímica, Universidade Federal do Pará, Belém/Pa, 89p. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFPA_0067ae200ca000be6a1ee51b54ca7ff8. Acesso em: 05 mai. 2022.
- Silva S. B., Galvão, J. R., Pastana, J. C., Silva, D. R., Almeida, K. C., Souza, F. J. L., Nascimento, I. S. B. 2018. Influência das águas do estuário do Rio Pará na fertilidade do solo das ilhas de várzea em Belém, Pará. *Revista Biotemas*, **31** (4):15-21. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2018v31n4p15>.
- Simões R. S. 2018. *Mobilidade do limite praia duna no balneário Mostardense – RS: monitoramento por drone*. MS Dissertação, Pós-Graduação em Geografia – PPGGeo, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande – RS, 115p. Disponível em: <http://repositorio.furg.br/handle/1/8567>. Acesso em: 10 fev. 2022.

Simões R. S., Oliveira U.R., Espinoza J. A., Albuquerque M. G., Alves D. C. L. 2019. Uso de drone de pequeno porte para análise costeira: enfoque metodológico. *Revista Brasileira de Geografia Física*, **12** (2):622-640. 10.26848/rbgf.v12.2.p622-640.

Software GeoPEC. 2023. *GEOPEC*. (versão 3.6). Disponível em: <http://www.geopec.com.br/>>. Acesso em: 10 jul. 2023.

Software Grapher Six (versão 19.0). *GRAPHER*. Disponível em: <https://www.goldensoftware.com/products/grapher/trial>. Acesso em: 06 jun. 2023.

Software Sysgran (versão 4.0). 2022. *SYSGRAN*. Disponível em: <https://github.com/mauricio-camargo/sysgran4>. Acesso em: 09 jun. 2023.

Software Agisoft Metashape (versão 2.0.2). *AGISOFT METASHAPE*. Disponível em: <https://www.agisoft.com/downloads/installer/>. Acesso em: 03 mai. 2022

Souza C. R. De G. 1977. *As células de deriva litorânea e a erosão nas praias do Estado de São Paulo*. PhD Thesis, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1-371p.

Souza E. B., Ferreira D. B. S., Guimarães J. T. F., Franco V. S., Azevedo F. T. M., Souza P. J. O. P. 2017. Padrões climatológicos e tendências da precipitação nos regimes chuvoso e seco da Amazônia Oriental. *Revista Brasileira de Climatologia*, **21** (1):81-93. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v21i0.41232>.

Sobrinho G.H.B. 2006. Decreto presidencial que regulamenta o uso e a ocupação da zona costeira e estabelece os critérios para gestão da orla marítima. *Revista de Gerenciamento Costeiro Integrado*, **5**:9-12, UNIVALI, Itajaí, SC, Brasil.

Strypsteen G., Van Rijn L.C., Rauwoens P. 2021. Comparison of equilibrium sand transport rate model predictions with an extended dataset of field experiments at dry beaches with long fetch distance. *Aeolian Research*, **52**:100725. <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2021.100725>.

Tait J., Orłowski R., Brewer J., Miller M. 2018. Coastal sediment management as a response to intensifying storms and sea level rise. In: Heidkamp P. C. & Morrissey J. (ed.), *Towards Coastal Resilience and Sustainability*, Londres: Routledge, **1**:205–212.

Tribunal de Justiça do Pará-TJPA. 2023. Belém-Pa. *O liberal notícias*. Disponível em: <https://www.tjpa.jus.br/CMSPortal/VisualizarArquivo?idArquivo=1031456>. Acesso em: 10 jan. 2023.

Tavares A. L., Carmo A. M. C. do., Silva Júnior R. O. da., Souza-Filho P. W. M. e., Silva M. S. da., Ferreira D. B. da S., Nascimento Júnior W. da R., Dall'agnol R. 2021. Climate indicators for a watershed in the eastern amazon. *Revista Brasileira De Climatologia*, **23**(14):389-410. <https://doi.org/10.5380/abclima.v23i0.61160> .

Tavares L. C., Costa J. A., Araújo A. R. R., Garcia F. H. M., Carneiro F. S., Amaral A. P. M., Braga E. O., Garcia T. S. 2021. O uso do índice de vegetação por diferença normalizada na análise multitemporal da cobertura vegetal no complexo industrial do município de Barcarena-Pará-Brasil. *Research, Society and Development*, **10** (7):1-19. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i7.15470>.

Travassos S. J., Tomachuk C. R., Melo H. G. EIS investigation and patina characterization of weathering steel exposed to each of the four seasons in the São Paulo metropolitan area. *Electrochimica Acta*, **18** (325):1-15. <http://doi.org/10.1016/j.electacta.2019.134885>.

Terminal Portuário de Barcarena (Barcarena-PA). *UNITAPAJÓS*. Disponível em: <http://www.unitapajos.com.br/page/home>. Acesso em: 06 jul 2023.

Theuerkauf C. R. M., Braun K. N., Bueno J. 2021. Padrões e processos geomórficos de praias e dunas frontais mudança ao longo da costa dos Grandes Lagos: Insights de um estudo de mapeamento de drones de um ano ao longo do Lago Michigan. *Costa e Praia*, Primavera, **89** (2):46-55.

Turner I. L., Harley M. D., Drummond C. D. 2016. UAVs for coastal surveying. *Coastal Engineering*, **114**:19–24. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2016.03.011>.

UAV Forecast. Disponível em: <https://www.uavforecast.com/>. Acesso em: 20 jun. 2023.

Walker I. J. 2020. 10 - Aeolian (windblown) sand transport over beaches. (eds.): Jackson D. W.T. & Short A.D., *Sandy Beach Morphodynamics*, Elsevier, p. 213-253. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102927-5.00010-2>.

Wentworth W.C. 1922. Grade and class terms for clastic sediments. *Journal Geology*, **30**(5):377- 372. <https://www.jstor.org/stable/30063207>.

Wright L. D., Nielsen P., Short A.D., Green M.O. 1982. Morphodynamics of a macrotidal beach. *Marine Geology*, **50** (1-2):97-128. [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(82\)90063-9](https://doi.org/10.1016/0025-3227(82)90063-9).

Wright L. & Short A.D. 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Marine Geology*, **56** (1-4):93–118. [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(84\)90008-2](https://doi.org/10.1016/0025-3227(84)90008-2). Acesso em: 18 de set. 2022.

Valente H. M. 2019. *Variabilidade morfológica das praias estuarinas da Ilha do Mosqueiro (Belém - Pa)*. TCC, Curso de engenharia de pesca, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém-PA, 82p.

Yanan W., Zhenming Z., Matt H., Mingxiang Z. 2023. Tides as a key factor driving effective seed dispersal in coastal wetlands. *Ecological Indicators Elsevier.v.* **148**:110110. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110110>.

APÊNDICE A - ARTIGO I

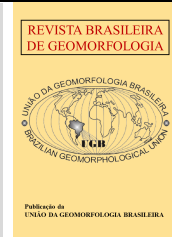


<https://rbgeomorfologia.org.br/>
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. XX, nº X (2023)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v24i2.0000>



Tipo do manuscrito (Artigo de Pesquisa.)

Experimento do drone no estudo da morfodinâmica de uma praia estuarina (Caripi - Barcarena/Pará - Amazônia Oriental)

Drone experiment in the morphodynamics study of an estuarine beach (Caripi - Barcarena/Pará - Eastern Amazon)

Nome Sobrenome ¹, Nome Sobrenome ² e Nome Sobrenome ² Preencher após aceite

¹ Instituição, Departamento, Cidade, País. E-mail. Preencher após aceite
ORCID: <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000> Preencher após aceite

² Instituição, Departamento, Cidade, País. E-mail. Preencher após aceite
ORCID: <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000> Preencher após aceite

Recebido: data; Aceito: data; Publicado: data

Resumo: As praias estuarinas são dinâmicas e sensíveis às forças naturais ou antrópicas, estando sujeitas a riscos erosivos e variabilidade morfológica. Este artigo objetiva analisar a morfodinâmica da praia estuarina do Caripi através da aerofotogrametria com drone, durante um período sazonal, sob influência do evento La Niña (2022). A metodologia consistiu na aquisição de: (1) Obtenção de imagens aéreas com drone através da fotogrametria; (2) estacionamento da base GNSS Geodésica; (3) obtenção de pontos de controle pelo posicionamento estático-rápido com RTK (Real Time Kinematic) e (4) medições de altura de ondas. Os resultados mostram que os perfis de praia apresentaram menores extensões na estação chuvosa (132 m) do que na estação seca (142 m), sendo o setor leste o mais extenso. Os estágios morfodinâmicos foram: reflectivo, intermediário e dissipativo com declividades β° que variam de (3,2°) a (1,4°) típicos de erosão e de acumulação temporária. Foi possível validar as imagens de acordo com a PEC-PCD - Padrão de Exatidão Cartográfica, além de destacar a importância do monitoramento periódico da morfodinâmica frente ao muro de contenção, pois apesar da sua efetividade, o avanço sedimentar para o pós-praia, é um indicativo de baixa durabilidade da obra frente a hidrodinâmica e morfodinâmica local.

Palavras-chave: Drone; Morfodinâmica; Balanço sedimentar; Orla costeira.

Abstract: Estuarine beaches are dynamic and sensitive to natural or anthropogenic forcing, being subject to erosion risks and morphological variability. This article aims to analyze the morphodynamics of the Caripi estuarine beach through aerial photogrammetry with a drone, during a seasonal period, under the influence of the La Niña event (2022). The methodology consisted of acquiring: (1) Obtaining aerial images with a drone through photogrammetry; (2) parking of the Geodetic GNSS base; (3) obtaining control points by static-fast positioning with RTK (Real Time Kinematic) and (4) wave height measurements. The results show that the beach profiles had smaller extensions in the rainy season (132 m) than in the dry season (142 m), with the eastern sector being the longest. The morphodynamic stages were: reflective, intermediate and dissipative with β° slopes ranging from (3.2°) to (1.4°) typical of erosion and temporary accumulation. It was possible to validate the images in accordance with the PEC-PCD - Cartographic Accuracy Standard, in addition to highlighting the importance of periodic monitoring of the morphodynamics in front of the retaining wall, as despite its effectiveness, the sedimentary advance towards the post-beach is an indicative of low durability of the work in relation to local hydrodynamics and morphodynamics.

Keywords: Drone; Morphodynamics; Sediment balance; Coastline.

1 Introdução

As praias são compostas por acumulações de sedimentos de tamanhos variáveis (areia fina, pedregulhos, cascalhos), sob influência da altura e período das ondas e amplitude da maré (SHORT, 2016); com interações físicas, químicas e biológicas entre o oceano e o continente (SERRÃO, 2019). Em geral, são sistemas naturais variáveis, dominados por ondas e/ou marés (GÓMEZ-PUJOL; ORFILA, 2020), que resultam na sua mobilidade (MUEHE, 1998; 2022). As praias estuarinas e em baías diferem de praias de costa aberta, pois são parcialmente ou totalmente protegidas das ondas do mar com influência das marés e das correntes na contribuição de erosão e deposição da praia (CONCEJO; GALLOP; LARGIER; 2020). Variando seu estado inicial, dependendo 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).

A Zona Costeira Amazônica Brasileira (Amapá, Pará e Maranhão) possui características particulares, como o clima (temperaturas altas e baixa variação térmica, precipitação), altura de maré (macro e meso) e extensos manguezais (RODRIGUES, 2020). Os eventos extremos de alta intensidade causam danos à costa e têm despertado interesse sobre os impactos (TAIT et al., 2018). A precipitação é um dos agentes de mobilidade sedimentar. Podendo ainda, ser influenciada por eventos de meso e grande escala como o El Niño e La Niña (TAVARES; COSTA; ARAÚJO, 2021).

A morfodinâmica de praias tem despertado o interesse de inúmeros pesquisadores, onde se destacam trabalhos pioneiros de Masselink e Short (1993); Wright et al. (1982); Calliari (2003); Wright e Short (1984); Muehe (2020); Short e Jackson (2013); Muehe e Oliveira (2014); Muehe (2019); Jackson e Short (2020) fornecendo um novo paradigma de compreensão dos processos e formas atuantes em praias ao longo dos anos. No setor continental estuarino do Pará, onde está inserida a praia do Caripi, estudos sobre a morfodinâmica de praias estuarinas tem sido desenvolvidos: Morfodinâmica e sedimentologia da praia estuarina da ilha do Mosqueiro, Pará (VALENTE, 2019); Erosão e Progradação do Litoral do Pará (EL-ROBRINI et al., 2018); A utilização do Ground Penetrating Radar (GPR) na definição de penetração de cunha salina e no monitoramento do nível freático em praia estuarina amazônica (CORREIA et al., 2019); Morfodinâmica de praias estuarinas sob influência de macromaré – Ilha do Marajó (Amazônia Oriental) (EL-ROBRINI et al., 2018). Estimates of suspended solid transport in the Pará River Estuary (CARNEIRO; PRESTES; ROLLINC, 2020); Morfologia e sedimentação de uma praia estuarina amazônica (Marahú/PA) durante amplitudes de marés distintas (RAMOS; RANIERI, 2021).

O perfil de praia apresenta terminologias que as definem (MUEHE, 2019). Sendo alguns subambientes deposicionais, caracterizados por dunas frontais, berma, escarpa erosiva, face de praia, calhas e bancos longitudinais (OLIVEIRA FILHO; FERNANDEZ, 2021). Segundo Muehe (2019) a inserção de orlas como medida de gestão costeira modifica os processos morfo-sedimentares; podendo ser classificadas em obras artificiais (obras rígidas) ou naturais (BULHÕES, 2020). A praia do Caripi possui 1 km de extensão de orla (do tipo gabião), uma estrutura metálica semelhante a gaiolas, formato hexagonal; constituída de rochas de tamanho considerável (SILA; MORAES; STRUMINSKI, 2018).

As praias estão sujeitas a modificações, sendo o monitoramento *in situ* ideal para a medição da topografia de praias, seja por imagens de satélites artificiais, LIDAR (*Light Detection and Ranging*), pelo posicionamento por GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*) ou uso da Estação Total pelo método estadia descrito por Birkmeier (1981). Cada técnica apresenta uma respectiva precisão e acurácia (SIMÕES, 2018). O uso dos drones, para a aerofotogrametria 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 (TURNER; HARLEY; DRUMMOND, 2016). Na última década, a fotogrametria baseada em UAS (*Unmanned Aerial System*) tornou-se comum em praias (CASELLA et al., 2020), se tornando ferramenta de pesquisa padrão (MOLONEY et al., 2018). Este artigo objetiva analisar a morfodinâmica da praia do Caripi durante os períodos chuvoso e seco do ano de 2022, mediante uso de aerofotogrametria com drone. O método experimental ocorreu em condição de La Niña com intensidade fraca, que prolongou o período de precipitação na região amazônica. Os resultados devem contribuir no conhecimento da morfodinâmica de praias estuarinas dominadas por mesomaré com aplicação de estudo na praia do Caripi.

2 Área de Estudo

2.1 Localização e acesso à praia do Caripi

A praia do Caripi está situada em Barcarena, na mesorregião metropolitana de Belém (SANTOS, 2018). O acesso à área pode ser feito via fluvial, através de embarcações que atravessam o complexo hídrico Guamá/Acará que aportam nos portos de Arapari e de São Francisco, seguindo de ônibus e/ou carro (PA – 151 e PA – 483) (CUNHA, 2017); ou por via terrestre partindo de Belém (BR-316 até a Alça Viária - PA-483), sobre os rios Guamá, Acará e Moju por 66 km. Ao chegar à sede municipal de Barcarena, o acesso à praia do Caripi se dá ao trevo da Vila dos Cabanos e à esquerda até chegar à estrada do Caripi, 2 - Murucupi PA-481, com coordenadas $1^{\circ}29'25''S$ $48^{\circ}42'18''W$ (Figura 1 a).

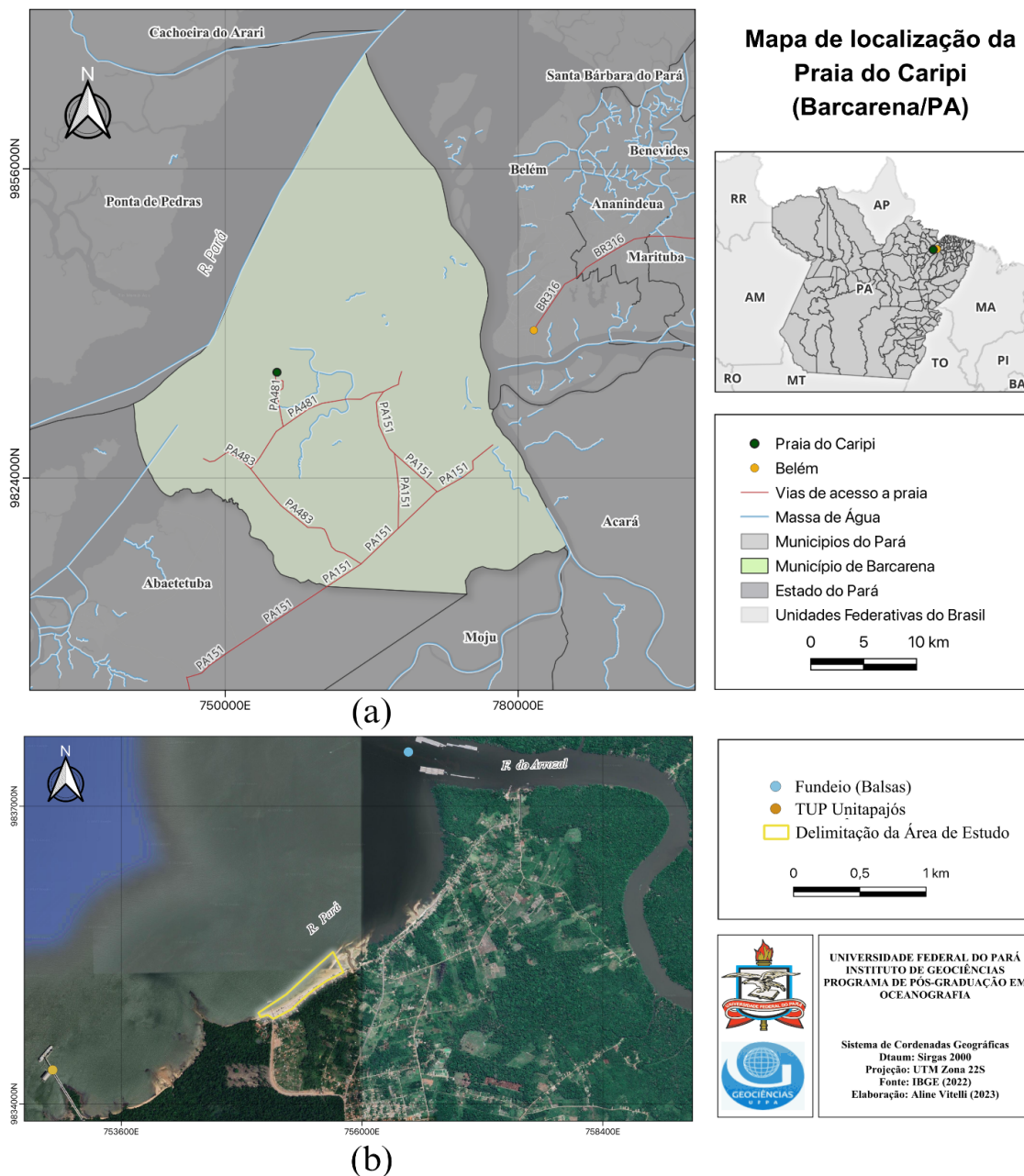


Figura 1. (a) Mapa de localização do município de Barcarena e principais vias de acesso à praia (PA- 151 e PA- 481), partindo de Belém pela BR-316 e alça viária PA - 483; (b) Delimitação da área de estudo e localização das principais atividades antrópicas: à margem esquerda Terminal Portuário de Uso Privativo Unitapajós e à direita o Furo do Arrozal (fundeio de balsas).

2.2 Caracterização da área de estudo

A praia do Caripi encontra-se inserida no Distrito de Murucupi, com população estimada de 129.333 habitantes e densidade demográfica de 76,21 hab/km² (IBGE, 2021). A área é conhecida por abrigar um grande complexo industrial minerário como a HYDRO ALUNORTE (alumínio primário e bauxita) e portuário (Vila do Conde) (CUNHA, 2017). Além da Imerys Rio Capim Caulim que possui estação portuária própria, e realiza a importações/exportações (carbonatos de cálcio, caulim e perlita) (IMERYS, 2023).

A praia do Caripi apresenta faixa de areia estreita com largura que diminui do NE (Nordeste) em direção ao SO (Sudoeste), com extensão de 1.20 km e largura de 100 m, localizada no estuário superior do Rio Pará, sendo adjacente à foz do Furo do Arrozal (18 km de extensão), utilizado como fundeadouro (de balsas) (Figura 1 b). As atividades socioeconômicas predominantes na área são as atividades portuárias, pesca artesanal, habitação e comércio, embora possa ter boa proposta econômica o terminal portuário tem como consequência uma série de impactos ambientais a biodiversidade e efeitos (erosão/ assoreamento) (ALMEIDA; OLIVEIRA, 2022).

Na área de estudo, afloram os sedimentos do Grupo Barreiras na parte continental, enquanto os sedimentos do Pós-Barreiras e recentes (Quaternário) como areias, lamas e cascalhos são predominantes nas ilhas (FERREIRA; SOUZA; OLIVEIRA, 2020). Na praia do Caripi, a ocorrência de sedimentos recentes de areia fina e média são predominantes. O prisma praial do Caripi está assentado sobre sedimentos do Grupo Barreiras, que afloram na forma de blocos de arenitos ferruginosos no setor oeste entre a intermaré e a inframaré, sendo predominante a ocorrência de aluviões lamosos na inframaré nos setores oeste, central e leste.

De acordo com Novais e Machado (2023) a área de estudo possui o clima Equatorial úmido Amazônico Oriental-Eq'oam, com subdomínio de clima Litorâneo, que segue as planícies marinhas, tabuleiros costeiros, até o limite com os planaltos, dividido em litorâneo Amazônico na Amazônia Oriental (Pará), com temperatura média anual de 27 °C. A região continental estuarina não apresenta estação seca definida, apenas observando-se os períodos "chuvoso" e "menos chuvoso/seco" (CUNHA, 2017).

Os eventos extremos como o El Nino e La Ninã influenciam nas condições climáticas e meteorológicas. O aumento da precipitação e vazão dos rios na região Norte são ocasionadas pela ocorrência do La Ninã, que se iniciou em setembro de 2020, com categoria moderada em 2021 e chuvas mais concentradas em 2022 que persistiu até fevereiro de 2023. A distribuição climática sazonal de precipitação no Pará em 2022, apresentou acumulados pluviométricos entre os meses de novembro a maio, os quais se associam ao regime chuvoso, enquanto os menores ocorreram entre junho e outubro, denotando o regime seco na região (INMET, 2023).

A praia do Caripi está sob domínio das águas estuarinas do Rio Pará, que possui foz de 60 km de largura (ROSÁRIO, 2016), com curso de água alongado de direção NNE-SSW com 300 km de extensão (SILVA JUNIOR; LIMA; MORAES, 2022). A descarga hídrica é de 104 m³ s⁻¹, sob domínio de marés que atuam na plataforma continental do Amazonas (PRESTES; SILVA; ROLLINC, 2017). Dominada por marés semidiurnas, com duas preamares e duas baixamares e amplitude de maré que pode chegar a 3,6 m durante a sizígia (CUNHA, 2017).

A subdivisão no estuário Rio Pará, proposta por Ribeiro (2021) reforça que a praia do Caripi se localiza no estuário superior, sob domínio de água doce ou limnético. A salinidade é ausente, que pôde ser comprovado, mediante medições in loco com sonda multi parâmetros, que apresentou salinidade 0 PSU durante o chuvoso e seco, que de acordo com Kjerfve (1987), compreende a zona de maré de rio e sua circulação é regulada por maré dinâmica (PRESTES et al., 2020).

3 Materiais e Métodos

Foram realizadas atividades em campo em 02/07/2022 (estação chuvosa) e 26/11/2022 (estação seca). Os perfis topográficos foram extraídos nos setores oeste (P1) que dista 295 m do central (P2) e 490 m do setor leste (P3) (Tabela 1, Figura 2). A aerofotogrametria foi realizada mediante uso de drone durante a baixamar de sizígia, a fim de capturar o máximo de faixa de areia exposta e realizado o posicionamento do GNSS geodésico. Em cada setor, concomitantemente ao levantamento por drone, foram realizadas medições de altura de ondas utilizados na interpretação dos principais estados morfodinâmicos estabelecidos por Wright e Short (1984).

Tabela 1. Coordenadas em Sirgas 2000/UTM 22S (EPSG: 31982), referentes ao ponto de partida de cada setor/perfil na praia do Caripi.

Setor/Perfis	Latitude	Longitude
Oeste/P1	755056.447876	834900.496808
Central/P2	755312.641483	835041.208323
Leste/P3	755727.785197	835306.254590

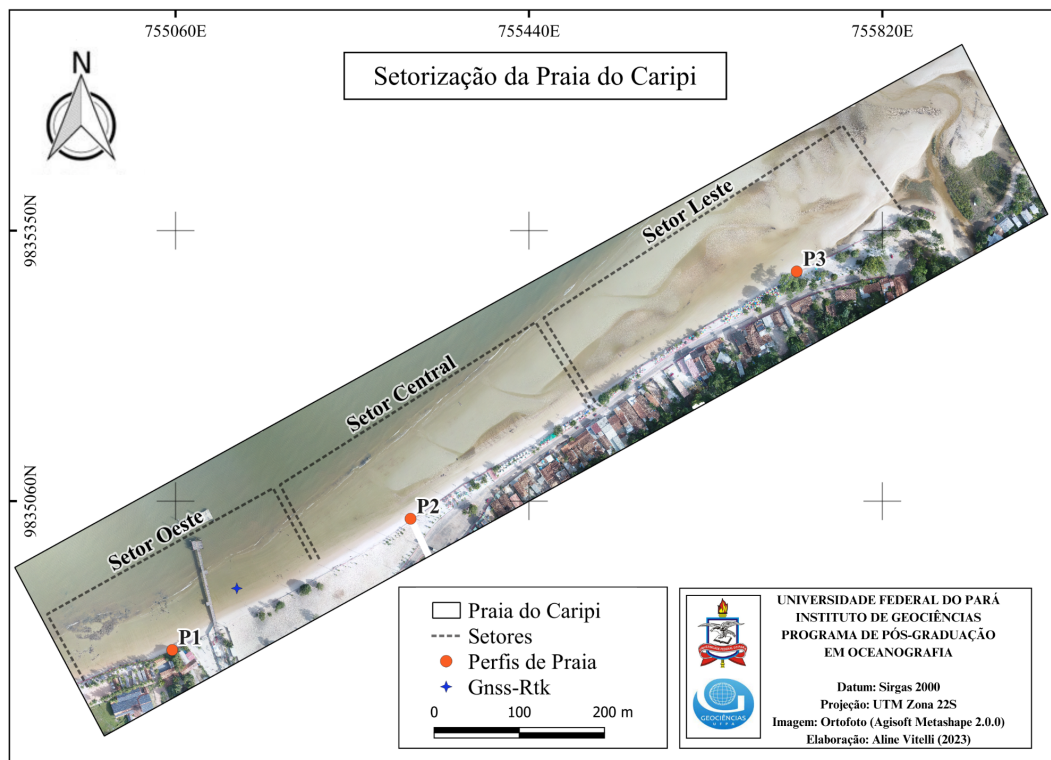


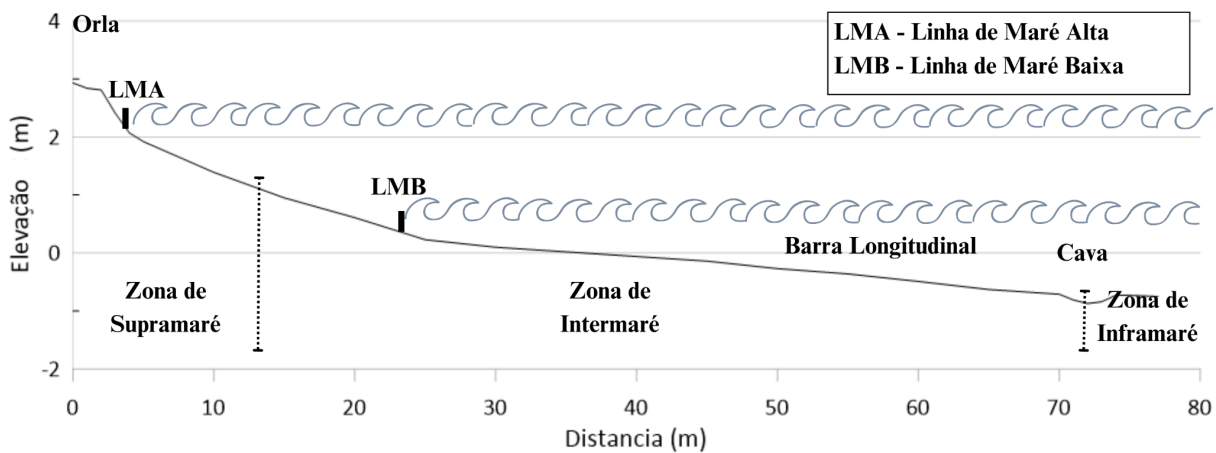
Figura 2. Mapa de localização da setorização da praia do Caripi (Setor Oeste/P1, Setor Central/P2 e Setor Leste/P3); dos pontos levantados e estacionamento do GNSS - RTK para a coleta de pontos de controle.

3.1. Morfologia Praial (Zonação Morfológica da Praia do Caripi)

A morfologia e hidrodinâmica da praia pode ser classificada de diferentes formas. Portanto, para a setorização da praia do Caripi foi adotado a subdivisão proposta por Wright et al. (1982), que leva em consideração a variação média das marés de sizígia e de quadratura. Os levantamentos foram realizados na maré baixa de sizígia, com isso foi possível subdividir o perfil de praia em três zonações morfológicas: Supramaré, Intermaré e Inframaré (Figura 3 a), sendo sua geomorfologia composta por porção de praia ocupada por uma estrutura rígida de contenção costeira, zona de intermaré extensa com acumulação de sedimentos rochosos grossos e barras arenosas longitudinais planas de baixa declividade, seguido de calha compreendendo a parte submersa (Figura 3 b).



(a)



(b)

Figura 3. Zonagem Morfológica da praia do Caripi em três respectivas zonas: Supramaré, Intermaré e Inframaré; (a) Vista panorâmica do setor central; (b) Recorte transversal do perfil de praia durante o período seco (novembro 2022).

3.2 Atividades em Campo

3.2.1 Planejamento aerofotográfico com drone

Para a captura das imagens aéreas com drone seguiu-se as seguintes etapas: construção do plano de voo, seguimento das normas de segurança, instalação da base GNSS Geodésica, voo com drone e determinação dos pontos de controle.

- Construção do plano de voo

Consiste no uso de aplicativos com a funcionalidade de executar uma rota pré-determinada do drone para a captura de fotografias de forma automatizada (“plano de voo”). É necessário que as fotografias estejam sobrepostas, ou seja, parte da área de uma fotografia tem que estar na fotografia subjacente. Dessa forma, é possível, a partir da estereoscopia, gerar a terceira dimensão e obter dados sobre a topografia do terreno. Aplicativos como o Drone Deploy permitem ao operador definir o plano de voo e configurar aspectos como a sobreposição entre imagens (percentual), velocidade, altura e direção de voo, além de fornecer informações de tempo de voo, consumo de bateria, quantidade de fotos, etc (Figura 4 a). Neste artigo, foi utilizada uma sobreposição lateral de 65 % e frontal de 70 % com 120 m de altura.

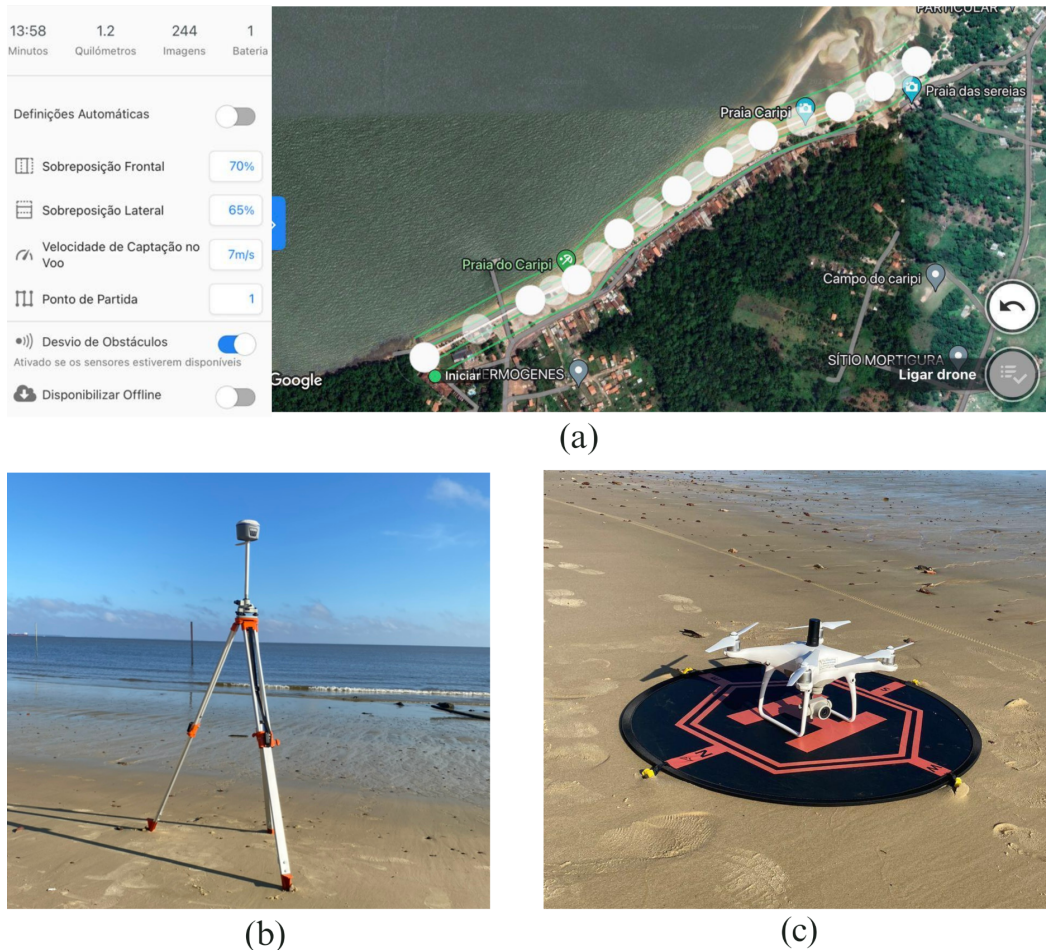


Figura 4. Atividades e equipamentos utilizados para o levantamento da aerofotogrametria na praia do Caripi (a) Delimitação da área e rota de voo (Aplicativo Drone Deploy); (b) Base GNSS - RTK CHCNAV i50 ®; (c) Drone- DJI Phantom 4 pró-advanced.

- Normas e segurança de voo

Os sobrevoos realizados nas duas campanhas foram aprovados pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA/SARPAS) (Protocolo: 58461B2A) uma das principais agências reguladoras do uso de drones no Brasil, com aeronave devidamente registrada no Sistema de Aeronaves não Tripuladas (SISANT) (PP-327707081). Recomenda-se realizar voos em áreas abertas e amplas, obedecendo à altura máxima permitida (120 m); estando distantes de aeroportos e rotas aéreas, rodovias, residências e de linhas de transmissão de energia. Alguns fatores ambientais podem influenciar na execução do voo, como velocidade do vento e precipitação (SIMÕES et al., 2019). Quanto às condições de voo, utilizou-se o UAV Forecast, que atestou positivamente para ambas as campanhas.

3.2.2 Equipamentos utilizados para a fotogrametria aérea

- Instalação da Base GNSS Geodésica

Para fins de medições topográficas, é necessário aumentar a acurácia das coordenadas das imagens. Para isso, existem métodos como o uso de pontos de verificação e dispositivos RTK e PPK. Na praia do Caripi, a aeronave utilizada conta com um dispositivo PPK, que aumenta a exatidão das coordenadas das fotografias junto aos dados de uma base GNSS geodésica. Foi utilizado o GNSS CHCNAV i50 (Figura 4 b) para rastrear os dados da base paralelamente ao voo de drone. Dessa forma, tanto o dispositivo PPK quanto a base geodésica rastream os mesmos sinais.

- Voo de drone

O voo foi realizado através de uma Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) - Drone, modelo DJI Phantom 4 Advanced (Figura 4 c). Este é composto por um GPS de navegação que lhe permite gravar um ponto de partida ao decolar e adicionar metadados espaciais às fotografias obtidas (SIMÕES et al., 2019). O drone utilizado, possui um equipamento PPK acoplado na parte superior minimizando a margem de erro nas imagens obtidas. Foram coletadas 244 imagens no período chuvoso e 64 imagens no período seco.

- Determinação dos pontos de verificação

O uso do método PPK não requer o uso de GCPs (Ground Control Points - Pontos de Controle) (FAMIGLIETTI et al., 2021), pois a correção é feita a partir do processamento dos dados rastreados pelo equipamento. Entretanto, em campo, foram implantados 3 pontos de verificação em novembro e apenas um em julho para determinar o grau de melhoramento da precisão nas imagens, utilizando como referência as coordenadas do ponto de decolagem do drone e do marco principal da base GNSS (Figura 5 a) e um ponto ao banco arenoso (Figura 5 b) e em julho apenas obteve-se as coordenadas da base geodésica como marco principal.

O PPK permite adquirir os dados GNSS brutos do Rover no UAV (Rover log) e de uma base (Base log), e processá-los, este equipamento provou ser uma solução mais flexível do que o RTK. Porém, o uso de pontos de controle distribuídos no terreno é imprescindível para o melhoramento da acurácia das imagens e validação de produtos cartográficos, sendo utilizado o RTK pelo método de posicionamento estático rápido, em que o receptor base rastreia dados de coordenadas conhecidas e propaga a correção para o outro receptor rover.

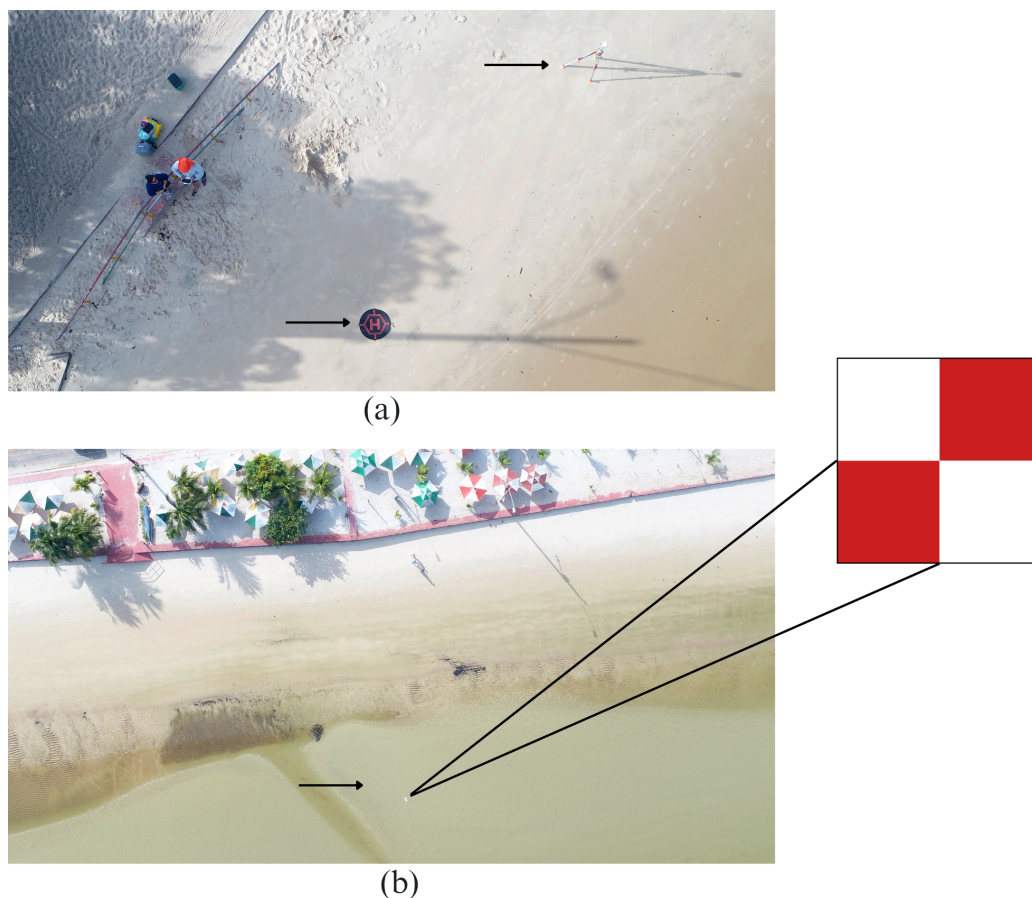


Figura 5. Imagens aéreas com os pontos de controle in campo (a) base GNSS receptora de dados de coordenadas geográficas via satélite (b) ponto de verificação de EVA posicionado no banco longitudinal.

3.2.3 Medição de ondas

A altura de onda (H) e o período (T) foram medidos na zona de arrebentação em cada setor, para posterior cálculo de estado morfodinâmico da praia (RANIERI; EL-ROBRINI, 2020). As medições in loco foram feitas com um operador segurando uma régua graduada e outro operador realiza as contagens e filmagens, para a revisão de dados. Foi identificada a altura e o tempo de passagem das 11 cristas sucessivas, para posterior cálculo da média das ondas, como adotado por Silva (2015). O período de ondas (T) é resultante do intervalo de tempo de passagem das cristas em segundos em um ponto fixo, sendo o tempo da passagem das 11 cristas dividido por 10 (determinação do período médio).

3.3 Análise de dados

3.3.1 Atividades em Laboratório

- Ajuste de posicionamento das fotos

A partir do levantamento realizado em campo, foram processados os dados da base GNSS em conjunto com os dados rastreados pelo dispositivo PPK do drone para ajuste das coordenadas geográficas. Esse processamento é feito seguindo etapas em programas disponibilizados pelo próprio fabricante do equipamento. Primeiramente, é necessário processar os dados da base em conjunto com os dados da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC), para acessar os valores de coordenadas planas e altitude geométrica do ponto instalado. Isso é feito a partir do serviço online para pós processamento de dados GNSS do IBGE, conhecido como IBGE-PPP (Figura 6).



Sumário do Processamento do marco: 3399498

Início:AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2022/11/26 10:47:45,00
Fim:AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2022/11/26 11:44:37,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	CHCI50 NONE
Órbitas dos satélites: ¹	RÁPIDA
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s):	1,00
Sigma ² da pseudodistância(m):	5,000
Sigma da portadora(m):	0,010
Altura da Antena ³ (m):	1,866
Ângulo de Elevação(graus):	10,000
Resíduos da pseudodistância(m):	1,20 GPS 1,23 GLONASS
Resíduos da fase da portadora(cm):	0,61 GPS 0,56 GLONASS

Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (É a que deve ser usada) ⁴	-1° 29' 31,6489"	-48° 42' 25,3220"	-23,11	9834942.024	755132.258	-51
Na data do levantamento ⁵	-1° 29' 31,6398"	-48° 42' 25,3252"	-23,11	9834942.304	755132.160	-51
Sigma(95%) ⁶ (m)	0,075	0,134	0,131			

Figura 6. Parte do relatório do processamento da base no IBGE-PPP.

O segundo passo é processar os dados do dispositivo PPK do drone. Para isso, utiliza-se o RTK Conv, que fará a conversão do arquivo.ubx para o formato rinex. Feito isso, utiliza-se agora o programa RTK Post, que fará o ajuste das coordenadas geográficas rastreadas pelo dispositivo PPK de acordo com os dados coletados e processados pela base GNSS. Aqui utiliza-se os dados brutos do drone, da base e as informações do processamento IBGE-PPP. Por fim, far-se-á a correção do posicionamento das fotografias a partir dos dados do PPK corrigidos. Para isso utiliza-se o programa T2R Geotagger. Nele é necessário inserir os dados corrigidos do PPK, os dados brutos da base e as fotografias originais. Esse programa faz o geotagueamento das fotos originais com as coordenadas geográficas corrigidas nos passos anteriores, gerando as fotos corrigidas que deverão ser utilizadas no processamento final.

- Processamento de imagens

As imagens foram descarregadas em sistema computacional, para tratamento no software Agisoft Metashape versão 2.0.0, desenvolvendo o alinhamento das imagens sobrepostas entre si, com base nos ângulos formados entre elas, ajuste para check, originando uma nuvem de pontos densa e obter o modelo digital de elevação (DEM) e ortomosaico (Figura 7 a - d); as duas últimas etapas (Figura 7 de e - f) configuram os dados da altitude e distância do perfil de praia.

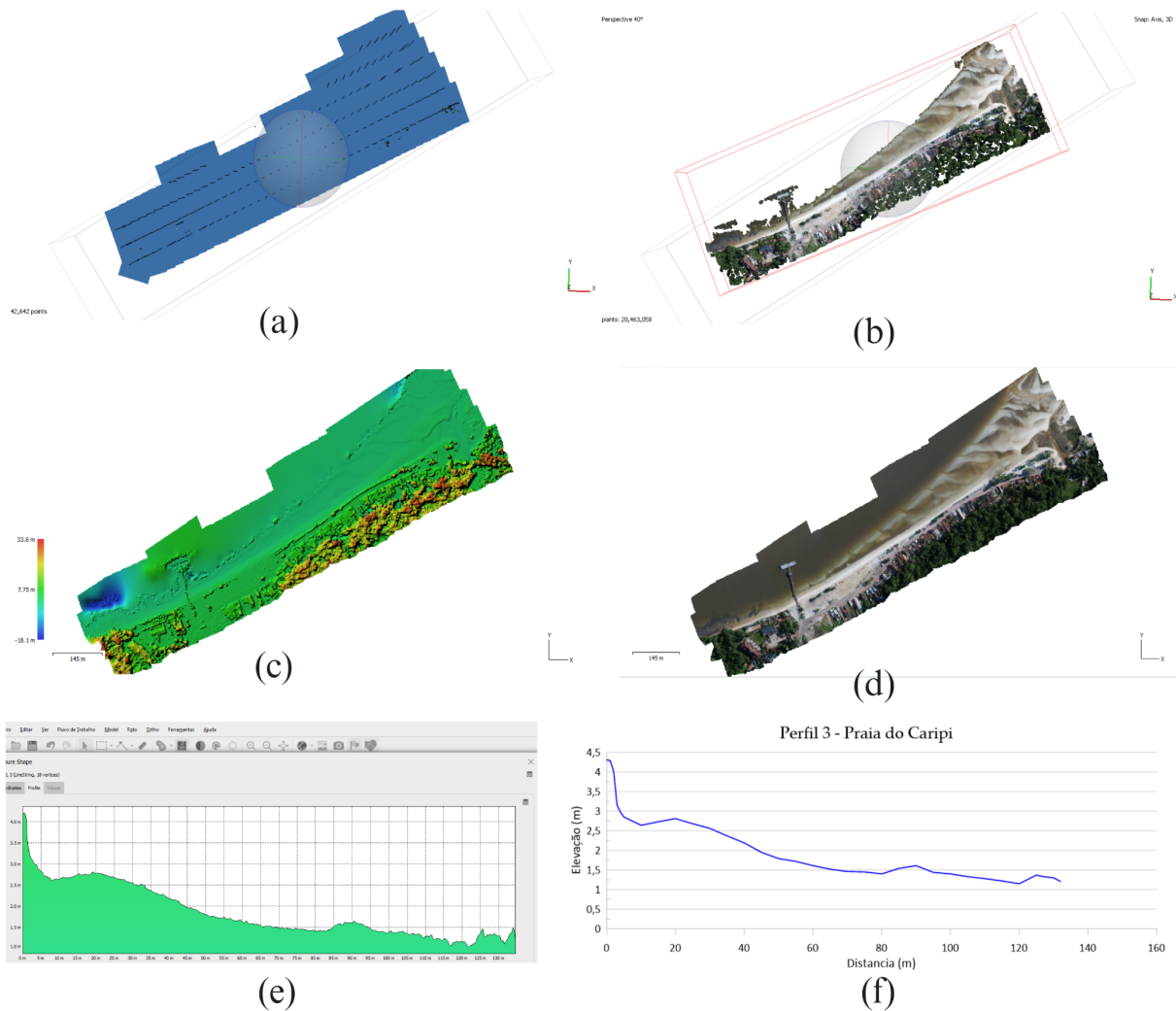


Figura 7. Esquema de construção do geoprocessamento das imagens (software Agisoft Metashape versão 2.0.0). Alinhamento de fotos e calibração das câmeras; (b) Geração de nuvens de pontos densa; (c) DEM e (d) Ortomosaico (e); Dados de perfil topográfico para correção de elevação (f) Plotagem do perfil no software Grapher 19.1.

Os dados dos perfis topográficos obtidos no Agisoft Metashape versão 2.0.0 (Figura 9 e), foram organizados em planilha Microsoft Office Excel, no qual foi gerado um banco de dados referente à altitude e distância dos perfis de praia. Os dados foram ajustados ao nível médio do mar empregando o método sugerido por Muehe; Roso; Savi (2003) que consiste na determinação de uma única referência de nível vertical ajustada ao nível médio do mar, permitindo a comparação entre os perfis levantados em diferentes períodos utilizando um único ponto de partida como referência até a linha de baixamar. Para a plotagem de sobreposição da topografia dos perfis, foi utilizado o software Grapher 19.1 (Figura 9 f) onde notou-se as variações geomorfológicas e morfodinâmicas e cálculo de área, sendo possível calcular o volume sedimentar V_v (m^3/m) de cada perfil.

- Validação de qualidade das imagens ortorretificadas

A avaliação da acurácia dos MDE gerados das imagens foi realizada a partir da análise do padrão de qualidade, com valores de tolerâncias definidos em função da escala obtida no processamento das imagens (HOLLER et al., 2018). No Brasil, tem-se o Decreto no 89.81/ 1984, que “estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional”. O decreto dispõe sobre os procedimentos que devem ser seguidos para elaborações cartográficas, com valores de Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) e o Erro Padrão (EP) para planimetria e altimetria para então classificá-las como Classe A, B ou C (FERREIRA, 2022). A (Tabela 2) apresenta as tolerâncias utilizadas na avaliação da acurácia posicional para a escala 1:2000.

Tabela 2. Padrão de exatidão cartográfica altimétrica dos pontos cotados e do MDE para a produção de produtos cartográficos digitais.

Classe PEC	Classe PEC – PCD	1:2000		1:2000	
		Altimetria		Planimetria	
		PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)
-	A	0,27	0,17	0,56	0,34
A	B	0,50	0,33	1,00	0,60
B	C	0,60	0,40	1,60	1,00
C	D	0,75	0,50	2,00	1,20

Fonte: Adaptado de DSG, 2016.

Para análise da variação entre as coordenadas geográficas da imagem com relação às coordenadas de campo por meio do Decreto Lei nº 89.817 foi utilizado o *software* livre GeoPEC (versão 3.6). A escala escolhida para a presente análise foi 1:2000 e equidistância altimétrica de 1 m. Para o enquadramento dos dados devem ser atendidas duas condições:

1. Noventa por cento (90%) dos pontos coletados, quando comparadas com as levantadas em campo, por método de alta precisão, ou levantadas em outro dado espacial de maior acurácia, deverão apresentar valores de discrepâncias posicionais iguais ou inferiores ao valor da tolerância “PEC” em relação a classe testada.

2. O Erro Médio Quadrático (RMS) da amostra de discrepâncias posicionais deve ser igual ou inferior à tolerância “EP” definido pela norma, para a escala e classe testada.

§ 1o - Padrão de Exatidão Cartográfica é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90 % de probabilidade, que define a exatidão de trabalhos cartográficos.

- Definição do Estado Morfodinâmico

O estágio/estado morfodinâmico de praia é usado para designar de forma completa o comportamento deposicional e a sua relação com os processos hidrodinâmicos. Para a classificação do estado morfodinâmico seguiu os estudos de Wright e Short (1984) utilizando o parâmetro adimensional ômega (Ω) de Dean (1973) Eq. (1); considerando a análise de Masselink e Short (1993) sobre a influência da maré verificou-se a interação desta com a altura de onda. Esta interação foi resumida na formulação do índice RTR (“relative tidal range”) Eq.(2), o qual corresponde a razão entre a amplitude de maré (TR) e a altura da onda na arrebentação (H_b).

$$\Omega = H_b / (W_s * T) \quad (1)$$

$$RTR = TR / H_b \quad (2)$$

Assim, empregaram-se os seguintes parâmetros morfométricos de cada perfil praial: V_v – volume sedimentar (m^3/m), Y_b – largura da praia (m) e β – declividade da praia ($^\circ$). Sendo este último parâmetro determinante para caracterização do estado morfodinâmico de cada perfil de praia, considerando os índices

propostos por Sazaki (1980); Souza (1997) e adotado por Ramos; Ranieri (2021) (Tabela 4). A declividade da face praial (β) foi obtida através da Eq. (3) que inclui a declividade da face praial (β).

$$\text{Tan}\beta = \text{oposto/adjacente} \quad (3)$$

Diferentes modelos sequenciais de evolução de praias arenosas têm sido propostos, destacando as escolas de Geomorfologia Costeira americana (Sazaki, 1980) e australiana (Wright e Short 1984). Sazaki (1980) estabeleceu um modelo baseado nas características ambientais principais das praias, segundo três estágios/estados morfodinâmicos: dissipativo, reflexivo/refletivo e intermediário (Tabela 3).

Tabela 3. Classificação dos estados morfodinâmicos de praias arenosas, segundo Sazaki (1980); Souza (1997).

PARÂMETROS	ESTADO MORFODINÂMICO		
	DISSIPATIVO	INTERMEDIÁRIO	REFLEXIVO
ONDAS			
Tipo de Quebra	Deslizante	Deslizante/mergulhante	Mergulhante/frontal
Número de Quebras	> 3	1-3	1
Refletividade	Baixa	-	Alta
Nível Relativo de Energia	Alto	Médio	Baixo
Ângulo de Incidência	Normal a costa	Médio (0-10°)	Obliquo (10-45°)
CORRENTES			
Horizontais	Grandes giros	Pequenos giros	Unidirecional
Costa Afora	correntes de retorno intensas	correntes de retorno médias	fluxo rumo ao sotamar
MORFOLOGIA			
Barras	Múltiplas, paralelas	em crescente	sem barras
Declividade Média	< 2°	2-4°	> 4°
ondas e irregularidades da linha de costa	embaixamentos rítmicos/aperiódicos	Cúspides de surfe	espaldões de espraiamento
Perfil praial	Plano	Transicional (berma)	em degraus (berma)
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS			
Longitudinal	Baixo	Médio	Alto
Costa a dentro/ Costa a fora	Alto	Médio	Baixo
Modo dominante	Suspensão	Misto	Carga de fundo
Granulometria	Fina	Média	Grossa
Atividade Eólica	Alta	Média	Baixa

Fonte: Sazaki (1980); modificado por Souza, 1997.

4 Resultados

4.1 Morfologia praial

Os aspectos e as principais mudanças morfológicas foram resultantes de cálculos morfométricos (Tabela 4) em que foram obtidos Y_b - largura do perfil praial; β ($^\circ$) - declividade e V_v (m^3/m) - volume sedimentar por perfil, durante as estações chuvosa e seca segundo a divisão nos três setores.

Tabela 4. Parâmetros morfométricos sobre os dados topográficos e sedimentares de cada perfil da praia do Caripi.

Setor/Perfis	Maré de sizígia (chuvoso)			Maré de sizígia (seco)		
	Y_b (m)	β ($^\circ$)	V_v (m^3/m)	Y_b (m)	β ($^\circ$)	V_v (m^3/m)
Oeste/P1	32	7,4 $^\circ$	46,00	50	3,2 $^\circ$	81,04
Central/P2	78	2,9 $^\circ$	393,61	60	2,7 $^\circ$	338,17
Leste/P3	138	1,4 $^\circ$	114,99	142	1,7 $^\circ$	274,24

- Setor Oeste - P1

O ponto inicial do perfil 1 (nível de referência), localiza-se a partir da escadaria da orla, na margem esquerda do píer de acesso à praia. O perfil em azul compreende a estação chuvosa com 32 m e em vermelho com 50 m de largura (Y_b) a estação seca. A declividade praial diminuiu de 7,4 $^\circ$ do chuvoso para 3,2 $^\circ$ o seco, com variação da largura praial ΔY_b (m) de 18 m. Obteve-se um balanço positivo de 35,04 m^3/m , que variou de 46,00 m^3/m (chuvoso) para 81,04 m^3/m (seco) (Figura 8).

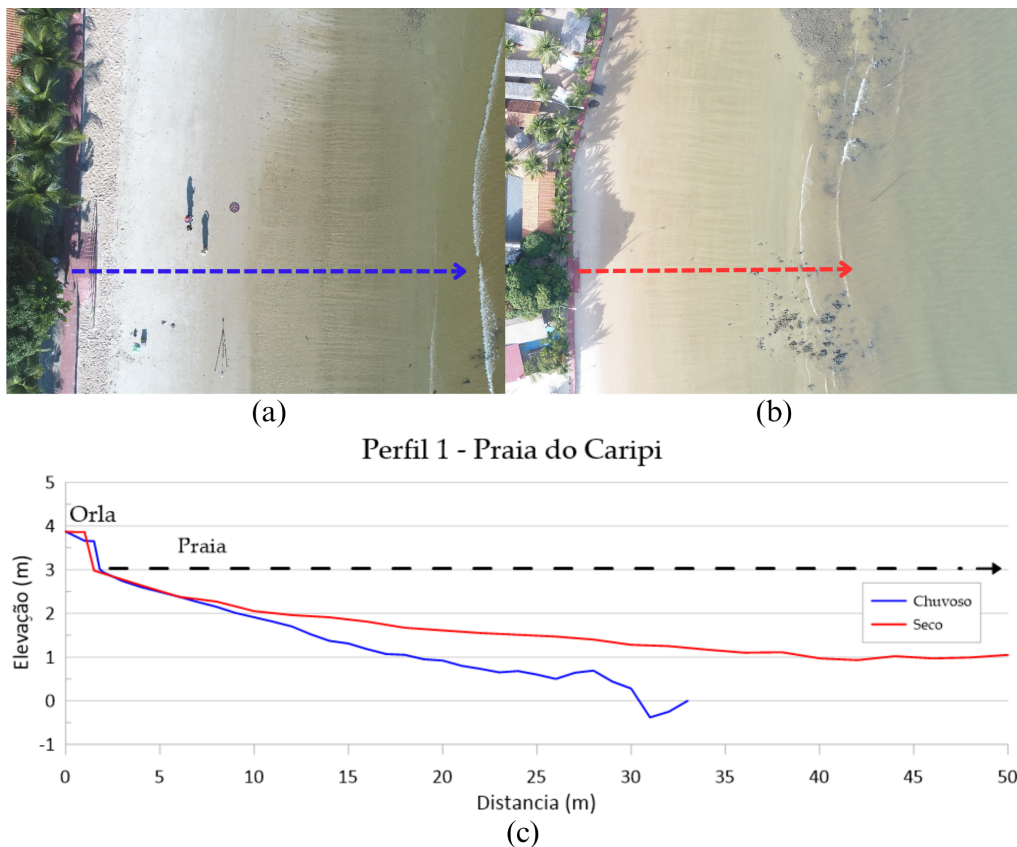


Figura 8. Descrição do perfil topográfico de praia no setor oeste - P1; (a) Referência do ponto de partida e trajeto realizado na estação chuvosa; (b) ilustração referente à estação seca; (c) Sobreposição dos perfis topográficos referentes no Grapher 19.0.

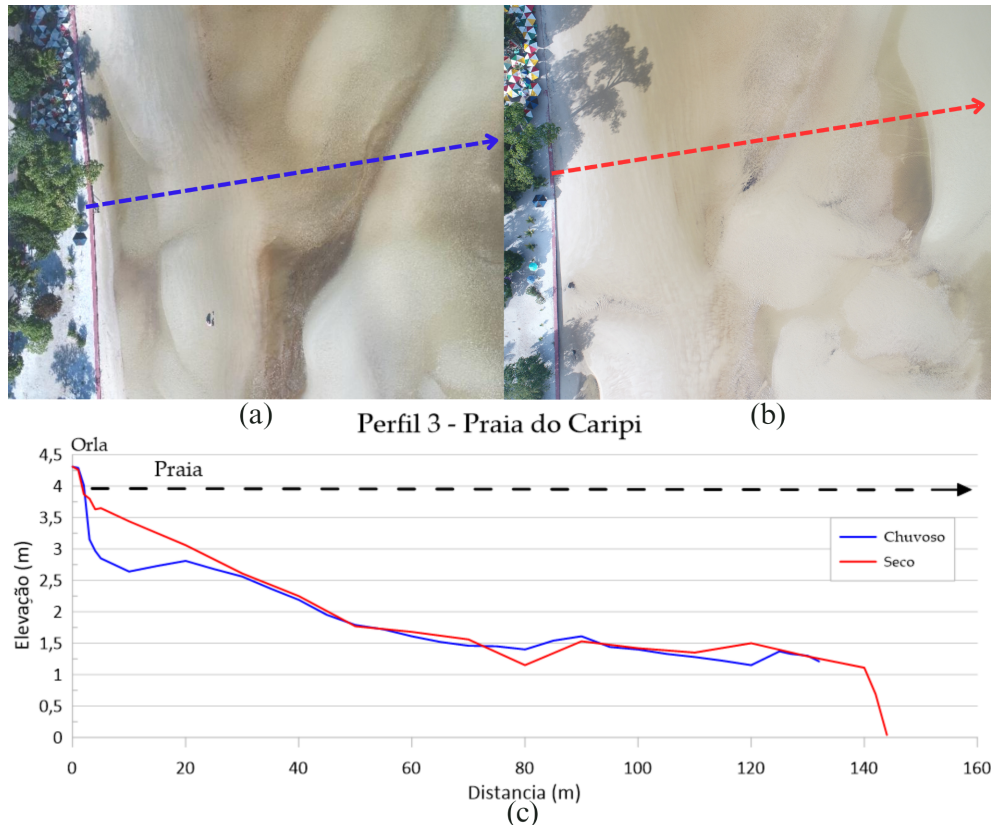


Figura 10. Descrição do perfil topográfico no setor leste - P3; (a) Ponto de partida e trajeto realizado na estação chuvosa; (b) ilustração referente à estação seca; (c) Sobreposição dos perfis topográficos referentes no Grapher 19.0.

4.1.1 Validação dos produtos cartográficos

O modelo digital de elevação - DEM do chuvoso (julho) cobriu uma área de 0,41 km² e o levantamento realizado no período seco (novembro) apresentou uma cobertura de 0,271 km² com resolução de 12 e 13 cm/pix. Através do software GeoPEC foram obtidos dados estatísticos das discrepâncias do erro posicional planimétrico (RMS) que para fins de validação, o produto do período seco (novembro) com três pontos de verificação, se mostrou acurado sob análise do erro posicional planialtimétrico de 0,046, pertencente a classe **A** em uma escala de 1:2000. Ainda com o GeoPEC obteve-se a classificação da imagem para a escala 1:2000 quanto ao Decreto Lei n° 89.817 e a Especificação Técnica para o Controle de Qualidade dos Produtos de Conjuntos de Dados Geoespaciais (ET-CQDG). Com base nas análises obtidas, nota-se que o erro posicional altimétrico foi de 0,17 cm, sendo assim estabelecido que a classe e o erro posicional do produto atendem ao decreto para o padrão de exatidão cartográfica.

3.3.1 Altura das ondas

A partir da contagem das cristas de ondas, obteve-se a média da altura de ondas para cada setor nota-se que as maiores alturas foram de 0,49 m no setor Oeste (julho) e 0,39 m no setor Leste (novembro) que se manteve instável, enquanto as menores registradas encontram-se no setor Central (Tabela 5), os dados hidrodinâmicos foram utilizados na classificação dos principais estados morfodinâmicos estabelecidos por Wright e Short (1984).

Tabela 5. Dados das medições de altura das ondas obtidas nas duas campanhas na praia do Caripi.

Praia do Caripi	Setor Oeste (m)	Setor Central (m)	Setor Leste (m)
Chuvoso (02/07/2022)	0,49	0,30	0,39
Seco (26/11/2022)	0,30	0,22	0,39

5 Discussão

5.1 Contribuição do drone no estudo da morfodinâmica praial

A utilização de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs), comumente conhecidas como drones, têm se mostrado uma excelente alternativa para o monitoramento de diversos ambientes. No âmbito da geomorfologia costeira e na obtenção de dados topográficos para avaliação das alterações morfodinâmicas em que as praias estão sujeitas (ALBUQUERQUE et al., 2021).

O drone utilizado na pesquisa é uma das linhas phantom de grande destaque no mercado e possibilitou a extração de perfis topográficos e a identificação de feições geomorfológicas. O equipamento utilizado em campo possui uma adaptação com um PPK (Post Processed Kinematic) que diminui a necessidade de vários pontos de controle com o GNSS RTK, auxiliando na geração de produtos cartográficos de maior precisão.

Entretanto, Santos et al. (2016) destacam a utilização de pontos de controle dependendo da magnitude do trabalho realizado. Importante considerar que os erros são inevitáveis, visto que os MDEs são visões simplificadas da realidade. Sendo assim, foi possível mensurar a qualidade do produto através do *software* GeoPEC 5.6 que atestou o produto de novembro positivamente, justifica-se a acurácia obtida na estação chuvosa (julho) através dos dados obtidos no processamento das imagens no *software* Agisoft Metashape 2.0.2, por meio de valores de acurácia de 10.000 e DEM com 12 cm/pix e 13 cm/pix e ortomosaico um grau de resolução de 3 cm/pix. Não foi possível realizar a validação do período chuvoso, devido a inexistência de pontos de verificação, sendo utilizado apenas o marco principal (GNSS) como ponto de controle, o que não inviabiliza a sua qualidade, levando em consideração que o PPK otimiza o erro das coordenadas obtidas nas imagens junto a base GNSS.

5.2 Morfologia e estado morfodinâmico

Segundo o modelo proposto por Wright e Short (1984), que utiliza o parâmetro empírico adimensional Ω de Dean (1973), a praia estudada apresentou três estados morfodinâmicos distintos, de acordo com a energia de onda. Durante o período chuvoso o setor oeste apresentou sistemas de banco de calhas longitudinais com Ω 4,54 e no período seco características terraço de baixamar, com parâmetro Ω 2,48. No setor central, o estado morfodinâmico variou de banco de praias cúspide com Ω 3,59 no chuvoso e reflexivo Ω 1,32 no seco. No setor leste, ocorreu terraço de baixa-mar Ω 2,71 no período chuvoso e Ω 2,50 no seco.

Outro modelo utilizado para aferir o estado morfodinâmico de praias é o RTR, utilizado para praias com grandes amplitudes de maré (Masselink e Short, 1993), a exemplo da área de estudo. Os valores médios de RTR na praia do Caripi tiveram valores que variam de 5,9 a 11,0 nos períodos chuvoso e seco, respectivamente, caracterizando a praia como dominada pela interação de ondas e maré.

A praia do Caripi variou dos estados reflectivo/reflexivo, dissipativo e intermediário, sendo os dois últimos estados de maior permanência, com declives de praia moderados a altos, onde ocorrem ondas mergulhantes ou ascendentes com base na tabela proposta por Sazaki (1980) e Souza (1997). O setor oeste (Figura 10), passou do estado reflectivo (chuvoso) ($7,4^\circ$) para intermediário ($3,2^\circ$) (seco). Observa-se a formação de banco arenoso entre 28 e 30 m de distância e inframaré com a presença de promontórios rochosos irregulares e de tamanhos variados.

No setor central (Figura 11) houve a estabilidade do estado intermediário, com declive médio de ($2,9^\circ$) e ($2,7^\circ$). Na intermaré ocorrem sistemas de bancos longitudinais sucessivos e alongados e calhas no chuvoso que no seco são preenchidos pela deposição de sedimentos entre as calhas, evidenciando a mobilidade sedimentar. Neste setor nota-se a acumulação de areia que avançou da praia para o pós-praia no seco. No setor leste (Figura 12) obteve morfologia com calhas rasas durante o período chuvoso, um declive de face praial ainda mais suave, característico de estado dissipativo ($1,4^\circ$) e ($1,7^\circ$) nas duas campanhas. Neste setor encontra-se o perfil mais longo com 132 m no chuvoso e 142 m no seco, com declividade média, barras múltiplas e paralelas suaves em direção a linha de maré baixa, sendo o perfil de equilíbrio mais evidente da área.

A altura das ondas na praia do Caripi, foi mínima de 0,30 m no chuvoso e 0,22 m no seco e máxima de 0,49 m no chuvoso e 0,39 m no seco. Os valores referentes a altura significativa de ondas (Hb) em um determinado período de tempo, foram fundamentais na identificação dos estados morfodinâmicos nos setores (oeste, central e leste) parâmetro empírico adimensional Ω Wright et al. (1984).

5.3 Implantação de obras de contenção na praia do Caripi

A erosão costeira é um problema ambiental de ordem pública, ao ser uma resposta da natureza às intervenções antrópicas, causando prejuízos ao poder público e à população (SILVA, 2022). Dentro dos instrumentos de gestão da zona costeira, o município de Barcarena, a partir da Lei Municipal nº 2200/2017, possui a implantação do projeto orla. Sendo um projeto de abrangência municipal desde 2018 até 2021 (SEMAS, 2020). A orla projetada para a praia do Caripi do tipo Gabião (Figura 13 a) foi adotada como medida de intervenção costeira, em decorrência de pontos sujeitos a riscos de processos erosivos.

Os muros de gabões são estruturas flexíveis, constituídas por caixas de estrutura metálica de alta resistência, com dimensões que vêm em frações de meio metro, preenchidas com blocos de rocha resiliente a intemperismo ou desintegração com dimensões suficientes, para evitar perda de material e comprometer o tempo de vida do muro (CINTRA, 2013). Entre as principais vantagens deste tipo de estrutura de contenção costeira, destaca-se a flexibilidade pois permite recalques e deformações sem perder a sua eficiência e função estrutural (GERSCOVICH; SARAMAGO; DANZIGER, 2019). Esta estrutura é considerada um dos métodos convencionais empregados em áreas costeiras sujeitas a processos erosivos intensos, uma vez que o avanço da maré é inevitável e as alternativas para impedir esse fenômeno são consideravelmente caras para os municípios (SILA; MORAES; STRUMINSKI, 2018).



Figura 11. Estrutura de intervenção costeira na praia do Caripi; (a) Muro do tipo Gabião; (b) Remoção sedimentar da face praial na estação chuvosa no setor leste e (c) Deposição sedimentar no período seco.

O balanço sedimentar da praia do Caripi é influenciado pela sazonalidade amazônica, caracterizado pela remoção de sedimentos da face praial durante o chuvoso (Figura 11 b) e o acréscimo ou retorno dos mesmos na estação seca (Figura 11 c), nota-se que a orla tem atuado na instabilidade da morfodinâmica local. A partir dos registros obtidos em julho (chuvoso para o seco) e novembro (seco para o chuvoso) é possível traçar um comparativo visual do comportamento morfossedimentar da praia do Caripi, a partir dos registros fotográficos com os perfis gerados em cada setor. Identificou-se o avanço e recuo de sedimentos frente ao muro de contenção, em que nos setores oeste e central a deposição nos dois períodos são parcialmente similares, com pouco grau de exposição do muro e acumulação de sedimentos temporária. No que se refere ao comportamento deposicional dos sedimentos, os setores oeste e central, apresentam maior cobertura sedimentar em ambos os períodos, ou seja, o avanço sedimentar para o pós-praia é mais atuante nestes setores.

6 Conclusões

O artigo investigou o potencial do uso da fotogrametria com drone no estudo da morfodinâmica da praia do Caripi, sendo possível mostrar que a metodologia adotada é tão eficiente quanto às demais já realizadas para o levantamento descritivo de perfis praias. Pode-se constatar, que tal ferramenta, associada a base GNSS geodésica e PPK, funcionam como ferramentas dependentes, para que haja uma precisão nos resultados, trazendo o mesmo o mais próximo da realidade, para que assim, possa-se inferir nas principais alterações morfológicas.

Sendo assim, metodologia aplicada foi satisfatória e que apesar da validação ter sido efetuada apenas para o produto da estação seca, porém, levou-se em consideração o processamento das imagens no Agisoft Metashape, que apresentaram o grau de resolução, erro estimado de pixel e valor de acurácia similares e consideráveis, entretanto, é válido mensurar a importância do uso de pontos de controle; pois segundo Albuquerque et al. (2020) trabalhos que necessitem de informações de alta precisão, é importante o seu uso. O Software Livre GeoPEC 5.6 é uma importante ferramenta de validação de dados cartográficos, por se enquadrar no Decreto de Lei nº 89.817.

Através da fotogrametria com drone, também foi possível descrever os perfis praias e definir os estágios morfodinâmicos. Além de detectar a presença de feições geomorfológicas e tendência de deposição e remoção de sedimentos associados às marés e à sazonalidade. Os parâmetros ambientais de ondas, ventos, marés e precipitação, e a morfoscopia auxiliaram na análise descritiva da distribuição sedimentar aos perfis de praia, sendo possível compreender as variações de um período a outro.

A sazonalidade na região amazônica possui dois períodos sazonais bem definidos "chuvoso" e "seco" que apresenta meses de maior e menor intensidade pluviométrica e é fortemente influenciada pelas condições meteorológicas de meso e grande escala. Os eventos meteo-oceanográficos de maior intensidade alteram a dinâmica de períodos chuvosos e secos, pois de acordo com Pereira et al. (2013) os eventos La Niña provocam aumento das chuvas e das descargas fluviais. No caso de 2022 a área de estudo estava sob influência do La Niña que intensificou e perdurou o número de meses chuvosos, sendo uma das forças atuantes no transporte e balanço sedimentar da área de estudo, associado a subida e descida das marés. Configurando a geomorfologia costeira (bancos e calhas), comprimento praias e disponibilidade textural de sedimentos.

A partir dos dados apresentados e das observações em campo é possível concluir que a construção da orla do Caripi é benéfica para a contenção da erosão, além de ser uma alternativa de medida de proteção a processos erosivos e atrativo socioeconômico. Ressalta-se que a obra tem cumprido seu papel sob a ótica sazonal e da hidrodinâmica, sendo possível constatar que o comportamento dos perfis topográficos estão associados ao sistema de erosão e deposição, e que apesar de atestar um balanço positivo no volume sedimentar, o avanço da areia ao pós praia, é um indicativo de uma durabilidade mediana para a construção, tendo em vista que a estrutura de aço galvanizado da orla, apresenta pequenas rupturas que pode resultar em sua instabilidade e não a exime de problemas futuros devido a processos erosivos.

Contribuições dos Autores: Para artigos com vários autores, um pequeno parágrafo especificando suas contribuições individuais deve ser fornecido. As seguintes menções devem ser usadas "Concepção, X.X. e Y.Y.; metodologia, X.X.; software, X.X.; validação, X.X., Y.Y. e Z.Z.; análise formal, X.X.; pesquisa, X.X.; recursos, X.X.; preparação de dados, X.X.; escrita do artigo, X.X.; revisão, X.X.; supervisão, X.X.; aquisição de financiamento, Y.Y. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito". A autoria deve ser limitada àqueles que tenham contribuído substancialmente para o trabalho relatado. **Preencher somente após aceito para publicação.**

Financiamento: Favor acrescentar: "Esta pesquisa não recebeu nenhum financiamento externo" ou "Esta pesquisa foi financiada pelo NOME DO FUNDADOR, número de bolsa XXX". Verifique cuidadosamente se os detalhes fornecidos são precisos e use a grafia padrão dos nomes das agências financiadoras em <https://search.crossref.org/funding>, quaisquer erros podem afetar seu financiamento futuro. **Preencher somente após aceito para publicação.**

Agradecimentos: Nesta seção você pode reconhecer qualquer apoio dado que não esteja coberto pela parte de contribuições dos autores ou financiamento. Isto pode incluir apoio administrativo e técnico, ou doações (por exemplo, materiais utilizados para experimentos). **Preencher somente após aceito para publicação.**

Conflito de Interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse e os financiadores não tiveram interferência no desenvolvimento do estudo; na coleta, análise ou interpretação dos dados; na redação do manuscrito, ou na decisão de publicar os resultados.

Referências

1. ALMEIDA, V.M.; OLIVEIRA, E.C. XIV Dinâmica morfosedimentar influenciada pelo porto moderno de Ilhéus-Ba. In: PAULA, P.D et al. **Entre-margens: a eterna «torna-viagem». Vivendo no limite dos recursos costeiros e marinhos?'' Tomo XI da Rede Braspor**. CITCEM – Centro de Investigação Transdisciplinar Cultura, Espaço e Memória Via Panorâmica, 2022 p. 215-222.
2. ALBUQUERQUE, M.G.; PEREIRA, B.M.; ALVES, D.C.L.; ESPINOZA, J.M.A. Estudo comparativo entre modelos digitais de elevação obtidos por duas diferentes aeronaves remotamente pilotadas: estudo de caso em uma costa arenosa. **Revista eletrônica do PRODEMA Fortaleza**, v. 14, n.1, p.134-150, 2020. DOI: 1022411/rede2020.1401.09.
3. AGISOFT. Software Agisoft Metashape (versão 2.0.2). Disponível em: <<https://www.agisoft.com/downloads/installer/>>
4. BULHÕES, E. Erosão Costeira e Soluções para a Defesa do Litoral. **Geografia Marinha. Oceanos e Costas na Perspectiva de Geógrafos**, P. 655-688, 2020. ISBN 978-65-992571-0-0. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/345765641_Cap_29_Erosao_Costeira_e_Solucoes_para_a_Defesa_do_Litoral>. Acesso em: 06 de abr. 2022.
5. BIRKMEIER, W.A. 1981. Fast accurate two-person beach survey. Coastal Engineering Technical Aid 81-11. U.S. Army Engineers Waterways Experiment Station. Vicksburg, Mississippi, **Coastal Engineering Research Center**, Vicksburg, 22p.
6. BRASIL, Decreto 89.817 de 20 de junho de 1984. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, n120, 22 de junho de 1984.
7. CALLIARI, L. J.; MUEHE, D.; HOEFEL, F. G.; ELÍRIO, T. JR. Morfodinâmica praial: uma breve revisão. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 51, p. 63-78, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-77392003000100007>.
8. CASSELA, E.; DRECHSEL, J.; CRISTAO, I.; BENNINGHOFF, M.; ROVERE, A. Accuracy of sand beach topography surveying by drones and photogrammetry. **Geo-Mar**, n.40, p.255-268, 2020. DOI : <https://doi.org/10.1007/s00367-020-00638-8>.
9. CINTRA, J. C. A.; AOKI, N.; TSUHA, C.; DE H. C.; GIACHETI, H. L. Fundações: ensaios estáticos e dinâmicos. São Paulo: **Oficina de Textos**, p. 144, 2013. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002477296>.
10. CARNEIRO, A.G.; PRESTES, Y.O.; ROLLINC, M. Estimates of suspended solid transport in the Pará River Estuary. **Ocean and Coastal Research**, v.68, p. 1-8, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S2675-28242020068281>.
11. CORREIA, K. A.; SILVA, M. W. C.; MENDES, A. C.; MIRANDA, A. G. O.; LUCZYNSKY, E.; CUNHA, I. R.V. A utilização do Ground Penetrating Radar (GPR) na definição de penetração de cunha salina e no monitoramento do nível freático em praia estuarina amazônica. **Revista Águas Subterrâneas**, v. 33, n. 1, p. 87-101, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v33i1.29095>.
12. CUNHA, I. R. V. **Permeabilidade da praia do Caripi (Barcarena – PA) a eventuais derrames de derivados de hidrocarbonetos**. Tese (Trabalho de Conclusão de Curso – TCC em oceanografia). Instituto de Geociências Faculdade de oceanografia, Universidade Federal do Pará – UFPA, Belém, 2017.
13. CONCEJO, A.V.; GALLOP, S.L.; LARGIER, J.L. Sandy beaches in estuaries and bays. **Sandy Beach Morphodynamics, Elsevier**, n.15, p. 3343-362, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-102927-5.00015-1>.
14. DNH. **Diretoria de Hidrografia e Navegação**. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/sites/www.marinha.mil.br.chm/files/dados_de_mare/08-vila_do_conde_tabua_2022_0.pdf>. Acesso em: 01 de jul. 2022.
15. DNH. **Diretoria de Hidrografia e Navegação**. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/sites/www.marinha.mil.br.chm/files/dados_de_mare/08-vila_do_conde_tabua_2022_0.pdf>. Acesso em: 25 de nov. 2022.
16. DEAN, R.G. Heuristic models of sand transport in the surf zone. In: **Conference on engineering dynamics in the surf zone, Sydney**. Institute of Engineers p. 208-214, 1973.
17. DSG. **Norma da especificação técnica para controle de qualidade de dados geoespaciais (et-cqdg)**. Departamento de Ciência e Tecnologia Diretoria do espaço geográfico. Ed. 1, 2016. <Disponível em: https://bdgex.eb.mil.br/portal/media/cqdg/ET_CQDG_1a_edicao_2016.pdf>. Acesso em: 20 de jul 2023.
18. ERIKSON, L.; O'NEILL, A.; BARNARD, P.; VITOUSEK, S.; LIMBER, P. Climate change-driven cliff and beach evolution at decadal to centennial time scales. **Coastal Dynamics**, n.210, p.125-136, 2017. Disponível em: <https://coastaldynamics2017.dk/onewebmedia/210_erikson.pdf>. Acesso em: 05 de jan 2023.
19. EL-ROBRINI, M.; RANIEIRI, L. A.; SILVA, P. V. M et al. PARÁ. In: MUEHE, D.; EL-ROBRINI, M.; RANIEIRI, L. A. SILVA, P. V. M.; GUERREIRO, J. S.; ALVES, M. A. M. S.; OLIVEIRA, R. R. S.; SILVA, M. S. F. AMORA, P. B. C.; EL-ROBRINI, M. H. S.; FENZIL, N.; FARIAS, D. R. **Panorama da Erosão Costeira do Brasil**. Brasília, DF, MMA. 2018. P. 65-166.

20. FAMIGLIETTI, N.A.; CECERE, G.; GRASSO, C.; MEMMOLO, A.; VICARI, A. A Test on the Potential of a Low-Cost Unmanned Aerial Vehicle RTK/PPK Solution for Precision Positioning. *Sensors*, v.21, p.1-14, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21113882>.
21. FERREIRA, S.P. **Análise da qualidade cartográfica de produtos gerados por RPAS Multi-Rotor de pequeno porte**. TCC (Graduação em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura) Instituto Federal de Educação e Tecnologia, Goiás, 2022. Disponível em: https://repositorio.ifg.edu.br/bitstream/prefix/1519/3/tcc_Samara%20Pinheiro%20Ferreira.pdf.
22. FERREIRA, D.B.S.; SOUZA, E.B.; OLIVEIRA, J.V. Identificação de extremos de precipitação em municípios do estado do Pará e sua relação com os modos climáticos atuantes nos oceanos Pacífico e Atlântico. *Revista Brasileira de Climatologia*, v.27, p.197-222, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v27i0.64630>.
23. GÓMEZ-PUJOL, L.; ORFILA, A. Reflective–dissipative continuum. *Sandy Beach Morphodynamics*, Elsevier, n. 18, p. 421-437. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102927-5.00018-7>.
24. GERSCOVICH, D.; SARAMAGO, R.; DANZIGER, B.R. **Contenções: Teoria e aplicações em obras**. *Oficina de textos*, p. 1-240. ISBN:8579753384, 9788579753381, 2019. Disponível em: https://books.google.com.br/books/about/Conten%C3%A7%C3%B5es_teorica_e_aplica%C3%A7%C3%B5es_em_ob.html?id=hejEDwAAQBAJ&redir_esc=y. Acesso em: 05 de jan. 2022.
25. GEOPEC. Software GeoPEC (versão 3.6). 2023. Disponível em: <http://www.geopec.com.br/>
26. GRAPHER. Software Grapher Six (versão 19.0). Disponível em: <https://www.goldensoftware.com/products/grapher/trial>. Acesso em: 06 de jun 2023.
27. HOLLER, W.J.; SERRATO, R.J.; GRACA, N.L.S.; CRUZ, W.; CRISTO, D. P. Avaliação de acurácia e precisão de modelos digitais de superfície a partir de diferentes aeronaves remotamente pilotadas. *Revista Técnico-Científica do CREA-PR*, n.3, p. 1-20. Disponível em: <https://revistatecie.crea-pr.org.br/index.php/revista/article/view/371>. Acesso em: 04 de jan 2023.
28. INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Belém- Pa, 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em; 06 de out de 2022.
29. INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Belém- Pa, 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>.
30. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2023, Belém-Pa. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/barcarena.html>. Acesso em; 06 de out de 2022.
31. IMERYSON. 2023, Belém-Pa. Disponível em; <https://www.imerys.com/pt-br/brasil>.
32. JACKSON, D.W., SHORT A. D. 2020. Introduction to beach morphodynamics. *Sandy Beach Morphodynamics*, Elsevier, (1):1-14.
33. MASSELINK, G.; SHORT, A.D. The Effect of Tide Range on Beach Morphodynamics and Morphology: A Conceptual Beach Model. *Journal of Coastal Research*, v. 9, p.785– 800, 1993.
34. MUEHE, D.; OLIVEIRA, L.A.K. Deslocamento da linha de costa versus mobilidade praial. *ResearchGate*, v.5, n.2, p. 121-124, 2014. DOI: 10.5380/abequa.v5i2.35884.
35. MUEHE, D. O sistema praial: formas, termos, processos e medição. In: MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L.S. (orgs.) **Geografia Marinha: oceanos e costas na perspectiva de geógrafos**. Rio de Janeiro. PGGM, 2020. P. 27-55.
36. MUEHE, D. 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, p. 40-43, 2019. DOI: 10.5380/abequa.v10i1.69217.
37. MUEHE, D. Gestão e mudanças climáticas globais. BRIANA, B; TURRA, A; POLETTE, M. **Gestão de praias do conceito à prática**. CDD (20. ed). São Paulo, 2022. p.259-283.
38. MUEHE, D.; ROSO, H. R.; SAVI, D. C. Avaliação de Método Expedito de Determinação do Nível do Mar como Datum Vertical para Amarração de Perfis de Praia. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 4, n. 1, p. 53-57, 2003. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v4i1.19>
39. MOLONEY, J.G.; HILTON, M.J.; SIRGUEY, P.; SIMONS-SMITH, T. Coastal Dune Surveying Using a Low-Cost Remotely Piloted Aerial System (RPAS). *J. of Coastal Research*, v. 345, n.5, p. 1244–1255, 2018. DOI: <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-17-00076.1>
40. NOVAIS, T. G.; MACHADO, L. A. Os climas do Brasil: segundo a classificação climática de novais. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 32, p. 1-39, 2023. DOI: <https://doi.org/10.55761/abclima.v32i19.16163>.
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>.
42. PEREIRA, L. C. C.; OLIVEIRA, R. M. C.; COSTA, K. G.; VILA-CONCEJO, A. What happens on an equatorial beach on the Amazon coast when La Niña occurs during the rainy season? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v.135, p. 116-127, 2013. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2013.07.017>.

43. PRESTES, Y.O.; BORBA, T.A.C.; SILVA, A. C. S.; ROLLINC, M. Um modelo estacionário de descarga para o sistema estuarino Pará- Amazônia. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 28, p. 1-12, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100668>.
44. PRESTES, Y. O., SILVA, A. C., ROLLNIC, M., ROSÁRIO, R. P. 2017. The m² and m₄ tides in the pará river estuary. **Tropical Oceanography**, 45 (1):26-37. Disponível em: <https://doi.org/10.5914/tropocean.v45i1.15198>. Acesso em: 10 fev. 2021.
45. RAMOS, C.C.; RANIERI, L.A. Morfologia e Sedimentação de uma Praia Estuarina Amazônica (Marahú/PA) Durante Amplitudes de Marés Distintas. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.14, n.05, p. 2916-2930, 2021. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/245181/39558>>. Acesso em: 14 de jun de 2022.
46. 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** 13 (5):2086-2102. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.5.p2086-2102>. Acesso em: 10 nov. 2021.
47. RODRIGUES, H. C. T.; CAMPOS, P. S. S.; ALMEIDA, H. F. P.; PAIVA, P. F. P. R.; JUNIOR, P. C. S.; MARQUES, G. T.; MORAIS, E. C.; SOARES, J. A. C.; ALMEIDA, J. F. S.; CHASE, O. A. Análise da vulnerabilidade ambiental do município de Barcarena-PA. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 1598-1612, 2020. DOI:10.34117/bjdv6n1-110.
48. ROSÁRIO, R. P., BORBA, T. A. C.; SANTOS, A. S.; ROLLINC, M. Variability of salinity in Pará River Estuary: 2D analysis with flexible Mesh Model. **Journal of Coastal Research, Special Issue**, n. 75, p.128-132, 2016.
49. SEMAS. **Gerenciamento Costeiro no Estado do Pará**. In: FAVILA, B. S. V. Belém/PA, 2020. P. 1-30.
50. SILVA, R.C. We will invade your beach: on the relationship between urbanization, tourism and coastal erosion in Brazil. **Brazilian Journal of Development, Curitiba**, v.8, n.12, p. 78243-78276, 2022. DOI: 10.34117/bjdv8n12-098.
51. SILVA, P.V.M. Estudo da morfodinâmica sazonal e quantificação de transporte sedimentar costeiro nas praias de Fortalezinha e Princesa, Algodual/Maiandeuá (Nordeste do Estado do Pará). Dissertação (Mestrado em Geologia) - Programa de pós-graduação em Geologia e Geoquímica, Universidade Federal do Pará, Belém/Pa, 2015.
52. SILA, I.G.; MORAES, F.S.; STRUMINSKI. Comparação de técnicas de contenção de ondas. **Ciências exatas e tecnológicas**, v.4, n.3, p. 25-34, 2018. DOI: Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/5563>. Acesso em: 20 jul. 2022.
53. SERRÃO, P.F. **Formação e manutenção de correntes de retorno: influência da morfologia e ondas incidentes**. Dissertação (Mestrado em oceanografia geológica) - Universidade de Sao Paulo, 2019.
54. SILVA JR, J.A.; LIMA, A.M.M.; MORAES, B.C. **Gestão de riscos e desastres: experiências e desafios**. Cap. **Vulnerabilidade e risco à erosão costeira: Estuário do Rio Pará**. p.07-23, 2022. ISBN: 978-65-00-48726-8. Disponível em: <<https://ppggrd.propesp.ufpa.br/index.php/br/>>. Acesso em: 09 de jan 2023.
55. SIMÕES, R.S.; OLIVEIRA, U.R.; ESPINOZA, J. A.; ALBUQUERQUE, M. G.; ALVES, D. C. L. Uso de drone de pequeno porte para análise costeira: enfoque metodológico. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.12, n.2 , p. 622-640, 2019. DOI:10.26848/rbgf.v12.2.p622-640.
56. SIMÕES, R. S. 2018. **Mobilidade do limite praia duna no balneário Mostardense – RS: monitoramento por drone**. MS Dissertação, Pós-Graduação em Geografia – PPGGeo, Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Rio Grande – RS, 2018. Disponível em: <http://repositorio.furg.br/handle/1/8567>. Acesso em: 10 fev. 2022.
57. SANTOS, A. A.; RODRIGUES, D. D.; SANTOS, N. T.; GRIPP JUNIOR, J. 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**, 22(4): 630-650, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-21702016000400036>
58. SAZAKI, T.O. **Proceedings Of Coastal '80**. ASCE, p.3197- 3209, 1980.
59. SOUZA, C. R. DE G. As células de deriva litorânea e a erosão nas praias do Estado de São Paulo. **PhD Thesis, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo**, São Paulo, p. 1-371, 1997.
60. SHORT, A. D.; JACKSON, D. W. T. Beach Morphodynamics. In: SHRODER, J. (Editor in Chief), SHERMAN, D.J. (Ed.). **Treatise on Geomorphology**. Academic Press, San Diego, CA. **Coastal Geomorphology**, v.10, p. 106–129, 2013. DOI: 10.1016/B978-0-12-374739-6.00275-X.
61. SANTOS, A. T. L. M. **Análise Temporal dos Impactos Socioambientais das Barragens de Rejeito na Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi, Barcarena – PA**. Dissertação (Mestrado em Mestre de Segurança de Barragem e Gestão Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Barragem e Gestão Ambiental do Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, Universidade Federal do Pará – UFPA, Tucuruí – PA, 2018.
62. SHORT, A. D.; KLEIN, A. H. F. Brazilian Beach Systems. **Coastal Research Library**, v. 17, p. 1-74, 2016. DOI: 10.1007/978-3-319-30394-9.
63. TAVARES, L. C.; COSTA, J. A.; ARAÚJO, A. R. R.; GARCIA, F. H. M.; CARNEIRO, F. S.; AMARAL, A. P. M.; BRAGA, A. O.; GARCIA, T. S. O uso do índice de vegetação por diferença normalizada na análise multitemporal da cobertura vegetal no complexo industrial do município de Barcarena-Pará-Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. 1-19, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i7.15470>.

64. 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, p. 205–212.
65. TURNER, I. L., HARLEY, M. D., DRUMMOND, C. D. 2016. UAVs for coastal surveying. *Coastal Engineering*, 114 19–24. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2016.03.011>. Acesso em: 22 abr. 2022.
66. WRIGHT, L. D.; NIELSEN, P.; SHORT, A.D.; GREEN, M.O. 1982. Morphodynamics of a macrotidal beach. **Marine Geology**, v.50, p.97-128.
67. WRIGHT, L.; SHORT, A.D. 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. **Marine Geology**, v.56, p. 93–118.
68. VALENTE, H. M. **Variabilidade morfológica das praias estuarinas da Ilha do Mosqueiro (Belém - Pa)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de engenharia de pesca, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém-PA, 2019.



Obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) – CC BY. Esta licença permite que outros possam copiar, remixar, adaptar e criar a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuem o devido crédito pela criação original.

APÊNDICE B - ARTIGO II
MORFODINÂMICA E TRANSPORTE SEDIMENTAR SAZONAL NA
PRAIA ESTUARINA DO CARIPI (BARCARENA/PARÁ - AMAZÔNIA
ORIENTAL)

MORPHODYNAMICS AND SEASONAL SEDIMENTARY TRANSPORT
OF CARIPI ESTUARINE BEACH (BARCARENA/PARÁ - EASTERN
AMAZON)

MORFODINÂMICA Y TRANSPORTE SEDIMENTARIO ESTACIONAL
DE LA PLAYA ESTUARINA DEL CARIPI (BARCARENA/PARÁ -
AMAZÔNIA ORIENTAL)

RESUMO

A praia do Caripi localiza-se no setor Continental Estuarino (estuário superior do rio Pará) e o artigo objetiva analisar a morfodinâmica sedimentar da praia durante o ciclo sazonal amazônico, em ano de La Niña (2022) através: do levantamento de perfil praiar, coleta de sedimentos (superficiais e na zona de surf) e medições de ondas e ventos. Os dados mostram que os perfis de praia apresentam os estados morfodinâmicos intermediário e dissipativo como dominantes, com declives que variam de 3,2° a 1,4° com extensões menores (132 m) do chuvoso ao seco (142 m). O balanço sedimentar positivo de maior volume (806 m³/m) corresponde ao setor leste no período seco. Os sedimentos são majoritariamente de granulometria fina (2,40φ) 85 % no chuvoso e 56 % no seco, contendo frações (1,81 %) de areia grossa na supramaré do setor central no chuvoso e muito finas (21 %) na inframaré dos setores oeste e central no seco, o transporte longitudinal sedimentar na zona de surf foi maior no seco (2,50 g/min/m³) que no chuvoso (1,62 g/min/m³). Contudo, destaca-se a importância do monitoramento periódico da morfodinâmica praiar como medida de controle do balanço sedimentar tendo em vista o avanço sedimentar para o pós-praia nos setores oeste e central.

Palavras-chave: Morfodinâmica. Praia estuarina. Sazonalidade. Transporte sedimentar. Balanço sedimentar.

ABSTRACT

Caripi beach is located in the Continental Estuarine sector (upper part of the Pará estuary) and the article aims to analyze the sedimentary morphodynamics of the beach during the Amazonian seasonal cycle, in the year of La Niña (2022) through beach profile survey, sediment collection (surface and in the surf zone) and wave and wind measurements. The data show that the beach profiles present the intermediate and dissipative morphodynamic states as dominant, with slopes ranging from 3.2° to 1.4° with smaller extensions (132 m) from rainy to dry (142 m). The positive sediment balance with the highest volume (806 m³/m) corresponds to the eastern sector in the dry period. The sediments are mostly of fine grain size (2.40φ), 85 % in the rainy season and 56 % in the dry season, containing fractions (1.81 %) of coarse sand in the supratidal of the central sector in the rainy season and very fine (21 %) in the infratidal of the western and

central sectors in the dry season, longitudinal sediment transport in the surf zone was greater in the dry season (2.50 g/min/m^3) than in the rainy season (1.62 g/min/m^3). However, we highlight the importance of periodic monitoring of beach morphodynamics as a measure to control the sediment balance in view of the sedimentary advance towards the post-beach in the western and central sectors.

Keywords: Morphodynamics. Estuarine beach. Seasonality. Sedimentary transport. Sedimentary balance.

RESUMEN

La playa Caripi está ubicada en el sector Estuarino Continental (estuario alto del Pará) y el artículo tiene como objetivo analizar la morfodinámica sedimentaria de la playa durante el ciclo estacional amazónico, en el año de La Niña (2022) a través de: levantamiento del perfil de la playa, recolección de sedimentos (superficie y en la zona de oleaje) y mediciones de olas y viento. Los datos muestran que los perfiles de playa presentan como dominantes los estados morfodinámicos intermedio y disipativo, con pendientes que varían de $3,2^\circ$ a $1,4^\circ$ con extensiones menores (132 m) de lluvioso a seco (142 m). El balance positivo de sedimentos con mayor volumen ($806 \text{ m}^3/\text{m}$) corresponde al sector oriental en el período seco. Los sedimentos son en su mayoría de tamaño de grano fino (2.40ϕ), 85 % en la época de lluvias y 56 % en la época seca, conteniendo fracciones (1.81 %) de arena gruesa en el supramareal del sector central en la época de lluvias y muy fina. (21 %) en el inframareal de los sectores occidental y central en la época seca, el transporte longitudinal de sedimentos en la zona de oleaje fue mayor en la época seca (2.50 g/min/m^3) que en la lluviosa (1.62 g/min/m^3). Sin embargo, resaltamos la importancia del monitoreo periódico de la morfodinámica de las playas como medida para controlar el balance sedimentario ante el avance sedimentario hacia el post-playa en los sectores occidental y central.

Palabras-clave: Morfodinámica. Playa estuarina. Estacionalidad. Transporte sedimentario. Equilibrio sedimentario.

INTRODUÇÃO

As 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). Compostas por acumulações de sedimentos (areia ou cascalho não consolidado) depositados por ondas e mobilizados por correntes, incluindo as de marés. O sedimento é geralmente areia, mas pode variar de areia fina a pedregulhos (SHORT, 2020).

As praias arenosas podem variar significativamente de seu estado inicial, dependendo da sazonalidade, vegetação, das condições de ondas e marés, alterando a largura e extensão sendo susceptíveis à erosão, ao transporte e à distribuição granulométrica (ERICKSON et al., 2017). Essa distribuição é resultante não somente da interação dos processos físicos a linha de costa, mas também com as alterações climáticas sazonais que influenciam no perfil de equilíbrio das

praias, com tendências de erosão na estação chuvosa e deposição na seca (RAMOS; RANIERI, 2021).

A Zona Costeira Amazônica Brasileira (Amapá, Pará e Maranhão) possui características particulares, como o clima (temperaturas altas e baixa variação térmica, precipitação) e altura de maré (macro e meso) (RODRIGUES, 2020). Os eventos extremos de alta intensidade causam danos à costa e têm despertado interesse sobre os impactos (TAIT et al., 2018). A precipitação, ventos e hidrodinâmica são agentes de mobilidade sedimentar que podem ser influenciados por eventos como o El Niño e La Niña (TAVARES et al., 2021).

A praia estuarina do Caripi, localizada na zona costeira paraense, setor continental estuarino (Nordeste do Pará), apresenta 1,20 km de extensão, 100 m de largura e marés semidiurnas. Devido a intensidade de processos erosivos, como medida de contenção costeira foi inserido 1 km de extensão de orla (do tipo gabião), uma estrutura metálica semelhante a gaiolas, formato hexagonal; constituída de rochas tamanho considerável (SILA et al., 2018). Entretanto, apesar da sua eficiência é de suma importância o monitoramento periódico da morfodinâmica praial, devido a mobilidade sedimentar.

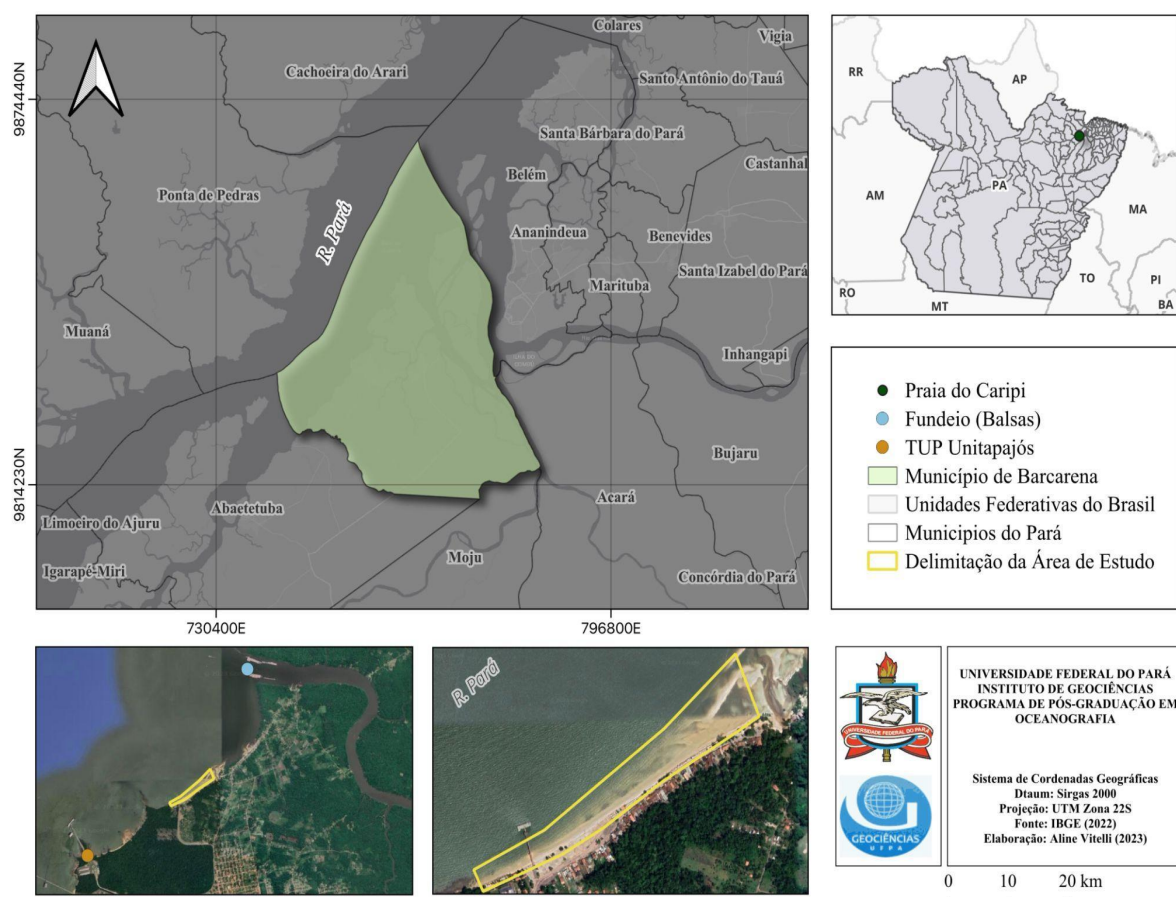
O transporte de sedimentos é o mecanismo que traduz o trabalho dos processos hidrodinâmicos em mudança morfológica. Sem o transporte de sedimentos, não haveria praias (AAGAARD; HUGHES, 2022). As praias estuarinas muitas vezes carecem de zonas de surf bem desenvolvidas, as ondas incidentes quebram gerando fluxos litorâneos e transporte de sedimentos (JACKSON et al., 2017).

A dinâmica de trânsito sedimentar litorâneo pode ocorrer de três formas: transporte sedimentar e eólico (ventos) nas formas de saltação, arrasto e suspensão ao longo da costa (MAUREIRA, 2019) ou longitudinal e transversal (transporte de sedimentos que ocorre dentro da água, mais precisamente nas zonas de arrebentação, surf e espraçamento) (RANIERI, 2014) através de correntes propiciam a movimentação das águas e dos materiais em suspensão (ACUNÃ, 2017). Este artigo visa averiguar o estado morfodinâmico da praia do Caripi e caracterizar as principais alterações de sedimentação durante um ciclo sazonal amazônico, sob influência do La Niña.

MATERIAIS E MÉTODOS

A praia do Caripi ($1^{\circ}29'25''\text{S}$ $48^{\circ}42'18''\text{W}$) está situada em Barcarena, mesorregião metropolitana de Belém (SANTOS, 2018) (Figura 1 A). O acesso à área pode ser por via fluvial, através de embarcações que atravessam o complexo hídrico Guamá/Acará que aportam nos portos de Arapari e de São Francisco, seguindo de ônibus ou carro (PA – 151 e PA – 483) (CUNHA, 2017); ou por via terrestre partindo de Belém (BR-316 até a Alça Viária - PA-483), sobre os rios Guamá, Acará e Moju por 66 km, sendo a PA-481 é a via de acesso à praia.

Figura 1 - Mapa de localização da praia do Caripi, situada no município de Barcarena, nordeste paraense.



Fonte: Autora.

A praia do Caripi está inserida no setor Continental Estuarino, à margem direita do estuário do Rio Pará, adjacente à foz do Furo do Arrozal (18 km de extensão) utilizado como fundeio de balsas (Figura 1 B), com faixa de areia estreita e largura que diminuem do NE-Nordeste ara SO-Sudoeste, com extensão de 1.20 km e largura de 100 m (Figura 1 C).

Caracterização da área de estudo

Barcarena, onde está inserida a praia do Caripi, é conhecida como um grande polo industrial, composto por empresas que possuem atividades de diferentes ramos da indústria, além de conter o maior porto do estado (MELO et al., 2020). O município está subdividido em 5 regiões administrativas: Sede, Murucupi, Estrada, Ilhas e Conde. Sua área territorial corresponde a 1.310,338 km² e 129.333 habitantes/km² (IBGE, 2021).

O prisma praial do Caripi está assentado sobre os sedimentos do Grupo Barreiras, que afloram na forma de blocos de arenitos ferruginosos no setor oeste entre a intermaré e a inframaré, enquanto os sedimentos do Pós-Barreiras e recentes (Quaternário) como areias, lamas e cascalhos são predominantes nas ilhas (FERREIRA et al., 2020). O Quaternário é representado por sedimentos areno-argilosos (Pleistoceno) do Pós-Barreiras e depósitos da planície aluvionar, estuarina e costeira (sedimentos recentes) (EL-ROBRINI et al., 2018).

A geomorfologia da área de estudo é caracterizada como planície estuarina, devido a influência do estuário do rio Pará, englobando as Baías do Marajó e do Guajará. Composta de terrenos (Holoceno), praias estuarinas curtas e estreitas, planícies de maré lamosa, terraços de maré baixos (EL-ROBRINI et al., 2018). Também, por canais fluviais sinuosos (rios e "furos"), bancos/barras arenosas longitudinais e calhas rasas na intermaré.

De acordo com Novais e Machado (2023) a área de estudo possui o clima Equatorial Úmido Amazônico Oriental-Eq'oam, com subdomínio de clima Litorâneo, que segue as planícies marinhas, tabuleiros costeiros, até o limite com os planaltos. Ainda de acordo com o mesmo autor, as temperaturas oscilam de 21,1 °C a < 26 °C na região Norte, que segundo Cunha (2017) a temperatura média anual na área é de 27 °C.

Os ventos exercem um papel importante na configuração de praias, como na formação de ondas, que, ao atingirem a costa retrabalham os sedimentos (MUEHE, 2019). Os ventos são mais frequentes de agosto a janeiro, com velocidade média > 5,1 km h⁻¹ (SILVA et al., 2017; INMET, 2023).

A influência sazonal pode ser um fator determinante na perda sedimentar é a variável climatológica mais estudada na região amazônica (TRAVASSOS et al., 2019). A região continental estuarina não apresenta estação seca definida, apenas observando-se os períodos "chuvoso" e "seco", com baixas amplitudes térmicas que influenciam na vazão dos rios da região (CUNHA, 2017). Os seis primeiros meses apresentam maior precipitação (chuvoso), com média de 2.700 e 3.000 mm/ano e menor no segundo semestre (seco) (SANTOS, 2017).

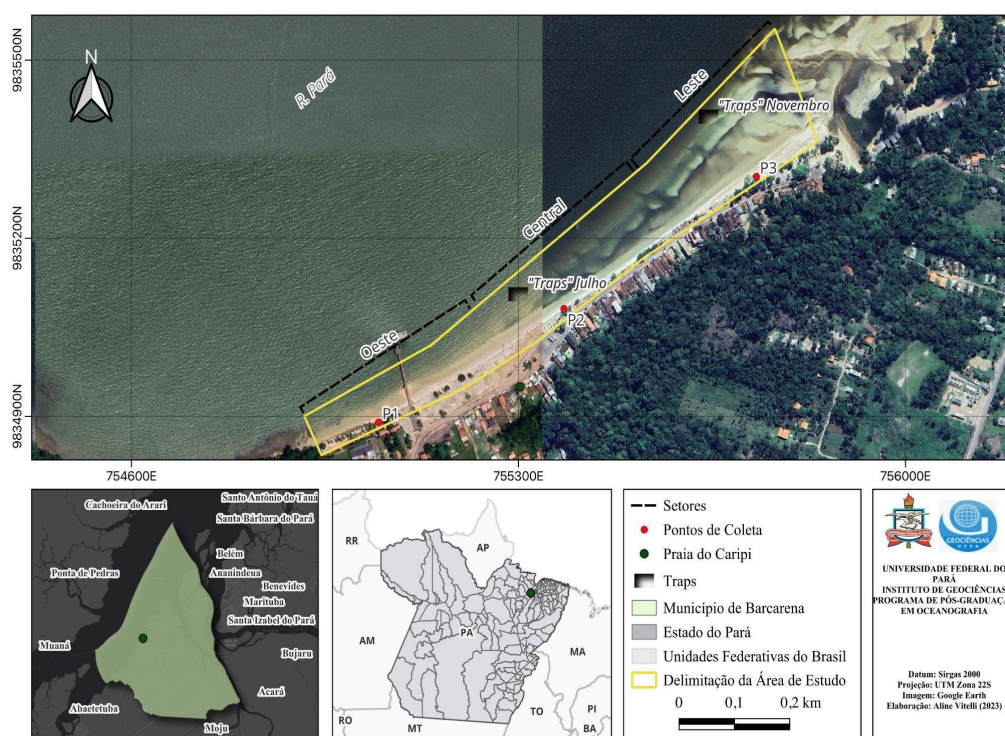
De acordo com a Companhia Docas do Pará - CDP (2022) a altura máxima das ondas é

de 0,84 m de amplitude, com período de 3,5s. Na praia do Caripi as ondas são relativamente baixas (altura < 1 m), provindas do NE (OLIVEIRA, 2014; CORREIA et al., 2017). O Estuário do Rio Pará é influenciado por mesomare semidiurna de (2 a 4 m), gerando fluxos bidirecionais (PRESTES et al., 2017). No período chuvoso, a maré de sizígia alcança amplitude máxima de 3,4 m e mínima de 0,2 m, entretanto, no período seco, atinge amplitude máxima de 3,3m e mínima de -0,2m (EL-ROBRINI et al., 2018).

Aquisição de dados

As campanhas na praia do Caripi (Barcarena) ocorreram no final do período chuvoso (02/07/2022) e no final do período seco (26/11/2022), sob condições da maré astronômica gerada pela lua cheia, durante a maré baixa de sizígia ou maré viva. As atividades executadas consistiram em: (1) aerofotogrametria para levantamento da topografia praial; (2) técnica de medição pontual do transporte longitudinal de sedimentos na zona de surf uso de "traps"; (3) coleta de sedimentos superficiais; (4) medição da hidrodinâmica (ondas) e (5) da velocidade dos ventos. Para a organização de coleta e interpretação de dados foi realizada a setorização da área de estudo em Oeste, Central e Leste, sendo levantado um perfil topográfico por setor denominados de P1 que dista 295 m do P2 e deste para o P3 490 m (Figura 2).

Figura 2 - Mapa de localização da setorização da praia do Caripi (Oeste, Central e Leste) e o ponto inicial (P1, P2 e P3) respectivo aos perfis topográficos.



Fonte: Autora.

Fotogrametria aérea

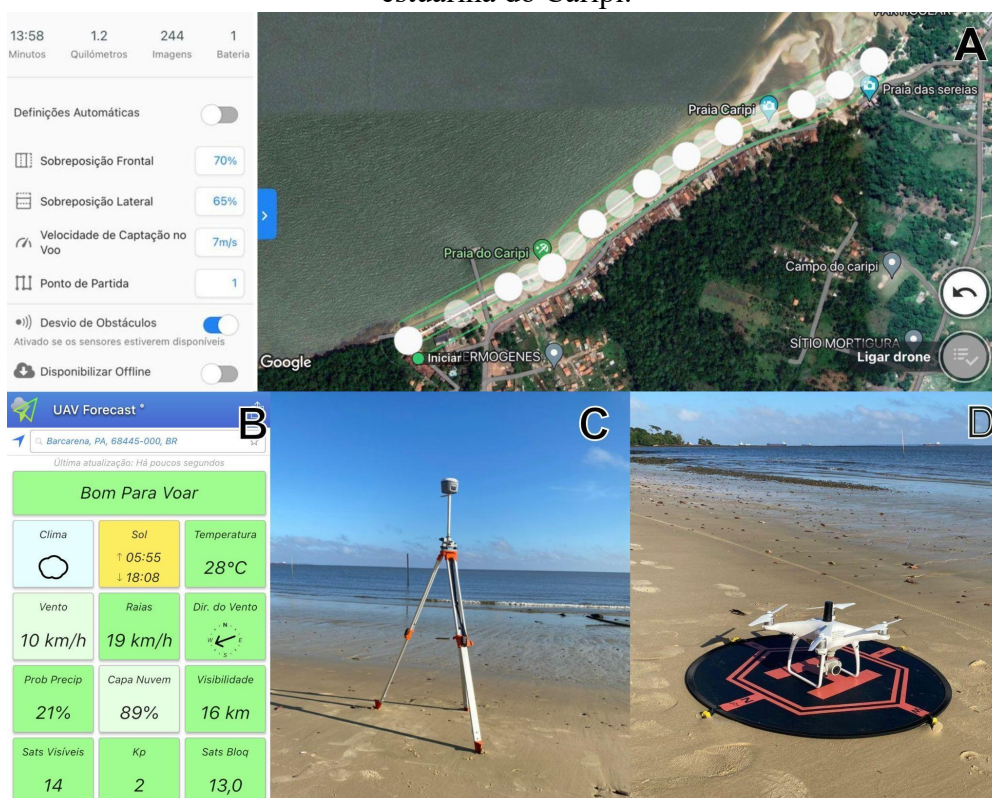
Para o levantamento topográfico de perfis de praia, foi adotado a técnica de aerofotogrametria com drone, através da construção de plano de voo com o uso do aplicativo Drone Deploy, que permite que operador definir o plano de voo do drone executando uma rota pré-determinada ao longo da área de forma automatizada. O mesmo permite configurar aspectos como a sobreposição entre as imagens (percentual), fornecendo informações inerentes ao voo (velocidade, altura, tempo de voo, consumo de bateria, etc.) (Figura 3 A).

Para os voos realizados, foi utilizada uma sobreposição lateral de 65 % e frontal de 70 % entre as imagens com altura de 120 m. No final do período chuvoso (julho) o tempo de operação foi de 13 min, cobrindo uma área de 0.41 km² com a captura de 244 imagens. Entretanto, no final do período seco (novembro) o tempo de operação foi de 5 min, em que foi registrado 64 imagens cobrindo uma área total de 0.271 km², em ambas as campanhas o tempo de voo teve o consumo de uma bateria.

Obedecendo as normas de segurança, as licenças de voo foram solicitadas e aprovadas pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA/SARPAS) (Protocolo nº 58461B2A) principal agência reguladora do uso de drones no Brasil, com aeronave devidamente registrada no Sistema de Aeronaves não Tripuladas (SISANT). De acordo com Simões et al. (2019) os voos devem ser realizados em áreas abertas e amplas, obedecendo à altura máxima permitida e levando em consideração fatores ambientais que comprometem a execução equipamento (nuvens, precipitação e ventos acima dos 40 km/h), portanto utilizou-se o UAV Forecast (Figura 3 B) que atestou positivamente para ambas as campanhas.

Para fins de medições topográficas, é necessário aumentar a acurácia do levantamento, ou seja, aumentar a exatidão das coordenadas das imagens, para isso, existem diversos métodos como os pontos de apoio, dispositivos RTK e PPK. Assim, foi utilizado o equipamento GNSS CHCNAV i50 (Figura 3 C), com RTK pelo método de posicionamento estático rápido, em que o receptor base, fica rastreando dados de coordenadas conhecidas e propagando a correção para o outro receptor rover.

Figura 3 - Instrumentos utilizados para o levantamento de fotogrametria aérea na praia estuarina do Caripi.



Fonte: Autora.

Além do uso da base geodésica a Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) - drone, modelo DJI Phantom 4 Advanced (Figura 3 D) possui um dispositivo PPK, dessa forma, tanto o dispositivo PPK quanto a base geodésica rastrearam os mesmos sinais e foi possível aumentar a exatidão das coordenadas geográficas. Apesar do uso do método PPK não requerer o uso de GCPs (Ground Control Points - Pontos de Controle) (FAMIGLIETTI et al., 2021), pois a correção é feita a partir do processamento dos dados rastreados pelo equipamento. Entretanto, em campo, foram implantados 3 pontos de verificação no final do período seco (novembro) e apenas um no final do período chuvoso (julho) para determinar o padrão de exatidão cartográfica de acordo com o decreto n° 89.81/ 1984 sendo utilizado o *software* livre GeoPEC (versão 3.6). A escala escolhida para a presente análise foi de 1:2000 e equidistância altimétrica de 1 m.

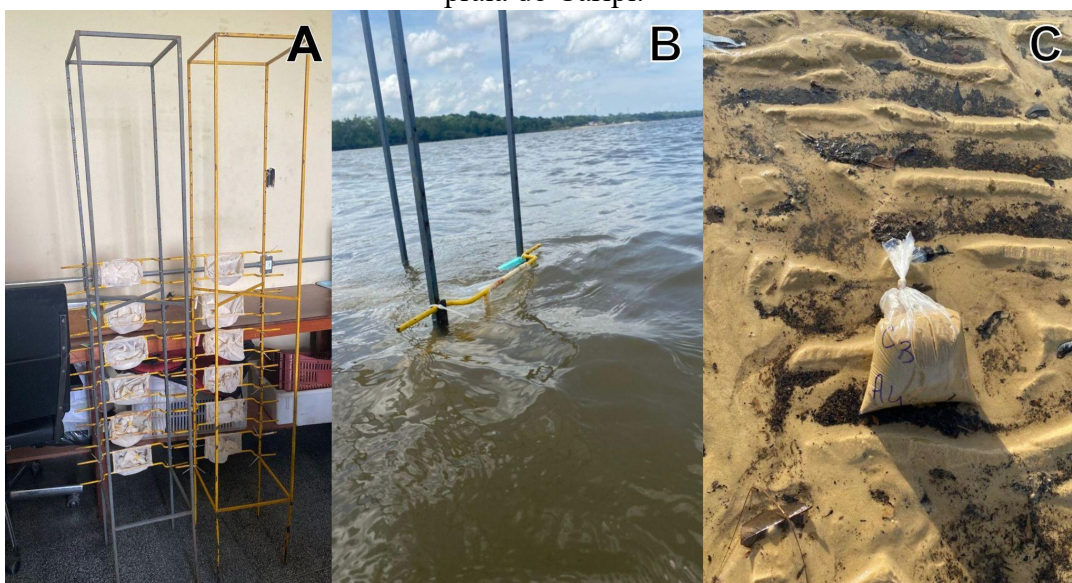
Coleta de sedimentos

Para a coleta de sedimentos transportados longitudinalmente na coluna de água, foi aplicado o método de "traps" portáteis de Kraus (1987) (Figura 4 A) foi aplicado na parte submersa (zona de surf) da praia do Caripi durante a vazante sentido contrário a corrente longitudinal, até que a boca do último "traps" de baixo para cima fosse submerso pela coluna

de água (Figura 4 B), em um tempo de operação de 5 min como, sugerido por Fontoura (2004) e aplicado por Bitencourt (2016). Após o tempo de coleta, o equipamento foi retirado da água com as aberturas para cima, evitando a perda de sedimentos coletados.

Este equipamento possui janelas que podem ser fixadas até 10 redes "traps" revestidas por um tecido de poliéster em forma de coador, que permite a passagem da água e retém os sedimentos. Para a área de estudo, foi adotado o uso de 6 "traps" fixados à torre, cada uma das redes foi etiquetada com braçadeiras enumeradas de baixo para cima, sendo as "traps" de 2 a 6 responsáveis pela coleta de sedimentos em suspensão e o de número 1 pela coleta de sedimentos de fundo. O número de armadilhas foi adotado levando em consideração a profundidade local da zona de *surf*, durante a maré baixa de sizígia, com o intuito de quantificar o transporte longitudinal de sedimentos e identificar através da morfoscopia as características texturais.

Figura 4 - Equipamentos e armazenamento de coleta de amostras de sedimentos arenosos na praia do Caripi.



Fonte: Autora.

Quanto à coleta de sedimentos superficiais recentes, a atividade foi realizada com auxílio de uma pá, sendo extraídos os primeiros 5 cm de areia, refletindo os efeitos da última maré. As amostragens foram realizadas nos três setores, respectivamente nas zonas de supramaré, intermaré e inframaré, levando em consideração a morfologia característica em evidência, como a presença de barras arenosas, calha ou marcações refletidas da descida da maré, objetivando-se analisar a mobilidade sedimentar pela deriva litorânea. As amostras foram armazenadas, vedadas e identificadas em sacos plásticos de 1 kg (Figura 4 C), sendo coletado um total de 18 amostras em julho e 20 amostras em novembro.

Medições de ondas e ventos

Para dados complementares, foram realizadas medições in loco de ondas e ventos. Os dados de ondas foram obtidos sob o auxílio de um operador segurando uma régua graduável/topográfica de 5 m (mira) e outro operador realizando as anotações, em que foi identificada a altura e o tempo de passagem das 11 cristas sucessivas em um ponto fixo, para posterior cálculo da média das ondas, como adotado por Silva (2015) e Bittencourt (2016). O período de ondas (T) foi o resultado deste intervalo de tempo medido em segundos, sendo o tempo da passagem das 11 cristas dividido por 10 (determinação do período médio).

A medição de vento foi realizada mediante uso de um anemômetro modelo AD-250. A medição de velocidade foi feita em um tempo de 10 segundos, anotando-se o maior valor em um intervalo de 15 minutos, em um tempo total de 4 horas, a partir desses valores obteve-se a média dos ventos atuantes durante a execução das atividades.

PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS

Processamento de imagens e extração dos perfis de praia

Após obtenção de imagens aéreas, foi feito o processamento dos dados da base GNSS em conjunto com os dados rastreados pelo dispositivo PPK do drone, para ajuste e posicionamento das coordenadas geográficas. Primeiramente, é necessário processar os dados da base em conjunto com os dados da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC), para encontrar os valores de coordenadas planas e altitude geométrica do ponto instalado. Isso é feito a partir do serviço online para pós processamento de dados GNSS do IBGE, conhecido como IBGE-PPP.

Em seguida, são processados os dados do dispositivo PPK, utilizando o RTK Conv, convertendo o arquivo.ubx para o formato rinex. Feito isso, utiliza-se agora o programa RTK *Post*, que fará o ajuste das coordenadas rastreadas pelo dispositivo PPK de acordo com os dados obtidos pela base GNSS com as informações do processamento IBGE-PPP. Por fim, far-se-á a correção do posicionamento das fotografias a partir dos dados do PPK corrigidos, utilizando o programa T2R *Geotagger*.

Após o ajuste e posicionamento das fotos, as imagens são descarregadas em sistema computacional, para o processamento/sobreposição das imagens no *software Agisoft Metashape* versão 2.0.0, desenvolvendo o alinhamento das imagens sobrepostas entre si, com base nos ângulos formados entre elas, ajuste para *check*, originando uma nuvem de pontos densa e obtendo o modelo digital de elevação (DEM) e ortomosaico.

Os dados dos perfis topográficos obtidos no *Agisoft Metashape* versão 2.0.0, foram organizados em planilha *Microsoft Office Excel*, no qual foi gerado um banco de dados referente à altitude e distância dos perfis de praia. Em seguida, os dados de altura dos perfis foram ajustados ao nível médio do mar empregando o método sugerido por Muehe et al. (2003) que consiste na determinação de uma única referência de nível vertical ajustada ao nível médio do mar. Em seguida, foi utilizado o *software Grapher* 19.1 para a plotagem e sobreposição dos perfis de praia e cálculo de área, sendo possível calcular o volume V_v (m^3/m) de cada perfil e realizar o balanço sedimentar.

Características texturais dos sedimentos

Em laboratório, as amostras de sedimentos superficiais recentes foram submetidas à lavagem com água destilada para remoção de sais, decantação e secagem em estufa a 60 °C, sendo pesados 100 g em balança analítica de alta precisão. O peneiramento a seco foi realizado em um tempo de 5 minutos, utilizando-se peneiras com os seguintes intervalos em mm: 1,40 – 1,00 – 710 – 500 – 355 – 250 – 180 – 125 – 90 – 63, para estabelecer a curva de distribuição granulométrica. As amostras do transporte longitudinal (zona de *surf*) obtidas do final do período seco (novembro), foram submetidas ao mesmo tratamento descrito anteriormente. Entretanto, devido à baixa carga sedimentar obtida no final do período chuvoso (julho), foram submetidas a peneiramento a úmido de 0,063 mm.

Os valores das frações sedimentares (superficiais recentes) dos períodos chuvoso e seco e dos "*traps*" do período chuvoso, foram inseridos no Sistema de Análises Granulométricas (SysGran 4.0), para o cálculo dos parâmetros estatísticos da distribuição das amostras através do tamanho dos grãos em phi (ϕ), que corresponde a unidade de medida do diâmetro da partícula do sedimento e assim determinar os valores da média, assimetria, curtose, desvio-padrão e suas classificações texturais utilizando o método descrito por Folk & Ward (1957) e a classificação de Wentworth (1922).

Às amostras do transporte sedimentar (julho) foi realizado a morfoscopia dos grãos arenosos, conforme o método proposto pelo Laboratório do *Institut de Géographie de l'Université de Strasbourg* (Ligus, 1958) e aplicado por Machado e Pinheiro (2021), utilizando os seguintes atributos: brilho natural, sujo, fosco e brilhante. Ao grau de arredondamento, utilizou as classes: grãos angulosos, subangulosos, subarredondados, arredondados e esféricos conforme adaptação da escala de Power (1953). Selecionou-se 100 grãos de maior visibilidade, dispostos em uma placa de petri de fundo transparente, para análise em lupa binocular (Microscópio Medilux) com iluminação por reflexão dirigida a 45° e zoom óptico de 0,7.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Hidrodinâmica e ventos

O parâmetro hidrodinâmico (altura e período das ondas) apresentou valores aproximados. Entretanto, em julho ocorrem as maiores alturas devido a sua maior declividade. Em novembro a praia do Caripi é atingida pelas menores alturas de onda e extensa face praial. As ondas geradas nas duas campanhas são do tipo deslizante/mergulhante de acordo com a morfologia praial proposta por Sazaki (1980); Souza (1997). Nota-se que as maiores alturas foram de 0,49 m no setor Oeste (julho) e 0,39 m no setor Leste (novembro) que se manteve instável, enquanto as menores registradas encontram-se no setor Central (Tabela 1).

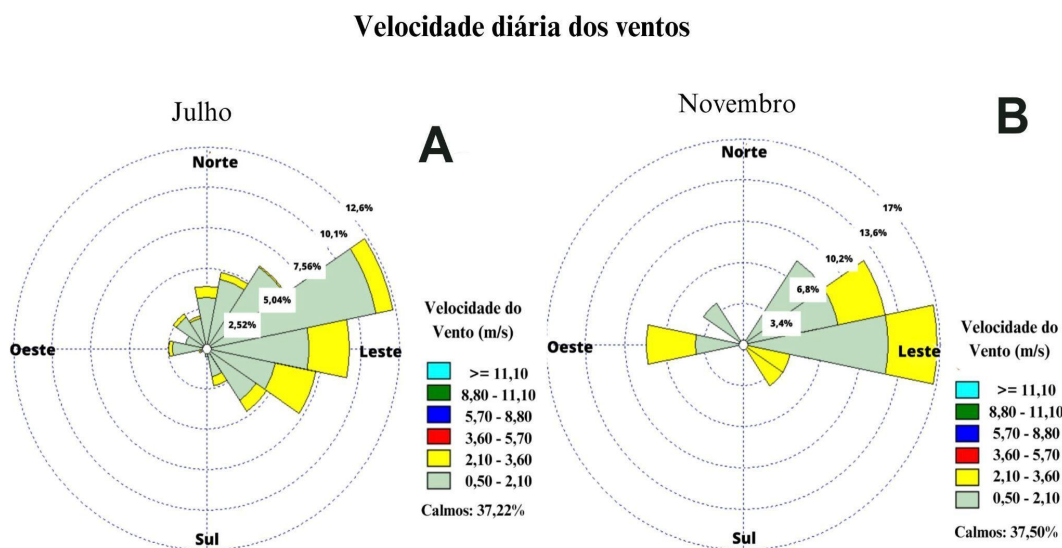
Tabela 1 – Média das alturas de ondas por setor na praia do Caripi.

Período	Setor Oeste (m)	Setor Central (m)	Setor Leste (m)
Final do Chuvoso (02/07/2022)	0,49	0,30	0,39
Final do Seco (26/11/2022)	0,30	0,22	0,39

Fonte: Autora.

Os ventos gerados durante o final do período seco (novembro) foram mais intensos, com velocidade média de 6,2 m.s⁻¹ e máxima de 9,5 m.s⁻¹, de acordo com a Companhia Docas do Pará-CDP (2022) aproximadamente 60 % dos casos o vento na área de estudo vem das direções NNE e NE. Entretanto, no final do período chuvoso predominaram ventos com velocidade média de 4,2 m.s⁻¹ e máxima de 7,5 m.s⁻¹ durante a maré vazante. Os dados registrados pelo INMET (2023) indicaram calmaria para 37,22% em julho com ventos dominantes provenientes do NE e ENE (12,6 %) e 37,50% em novembro com ventos dominantes ENE e L (17 %) nesta ordem, para a escala diária (período de 24 horas), respectivo a data de coleta de cada campanha (Figura 5).

Figura 5 - Velocidade e direção diária dos ventos nos dias de coleta (02/07/2022) e (26/11/2022), extraído do software WRPlot (versão 8.0.2).



Estado morfodinâmico e distribuição granulométrica

Os aspectos e as principais mudanças morfológicas foram resultantes de cálculos morfométricos (Tabela 2) em que foram obtidos Y_b - largura do perfil praiar; β ($^\circ$) - declividade e V_v (m^3/m) - volume sedimentar por perfil nos três setores (Tabela 2).

Tabela 2 – Parâmetros morfométricos sobre os dados topográficos e sedimentares de cada perfil da praia do Caripi.

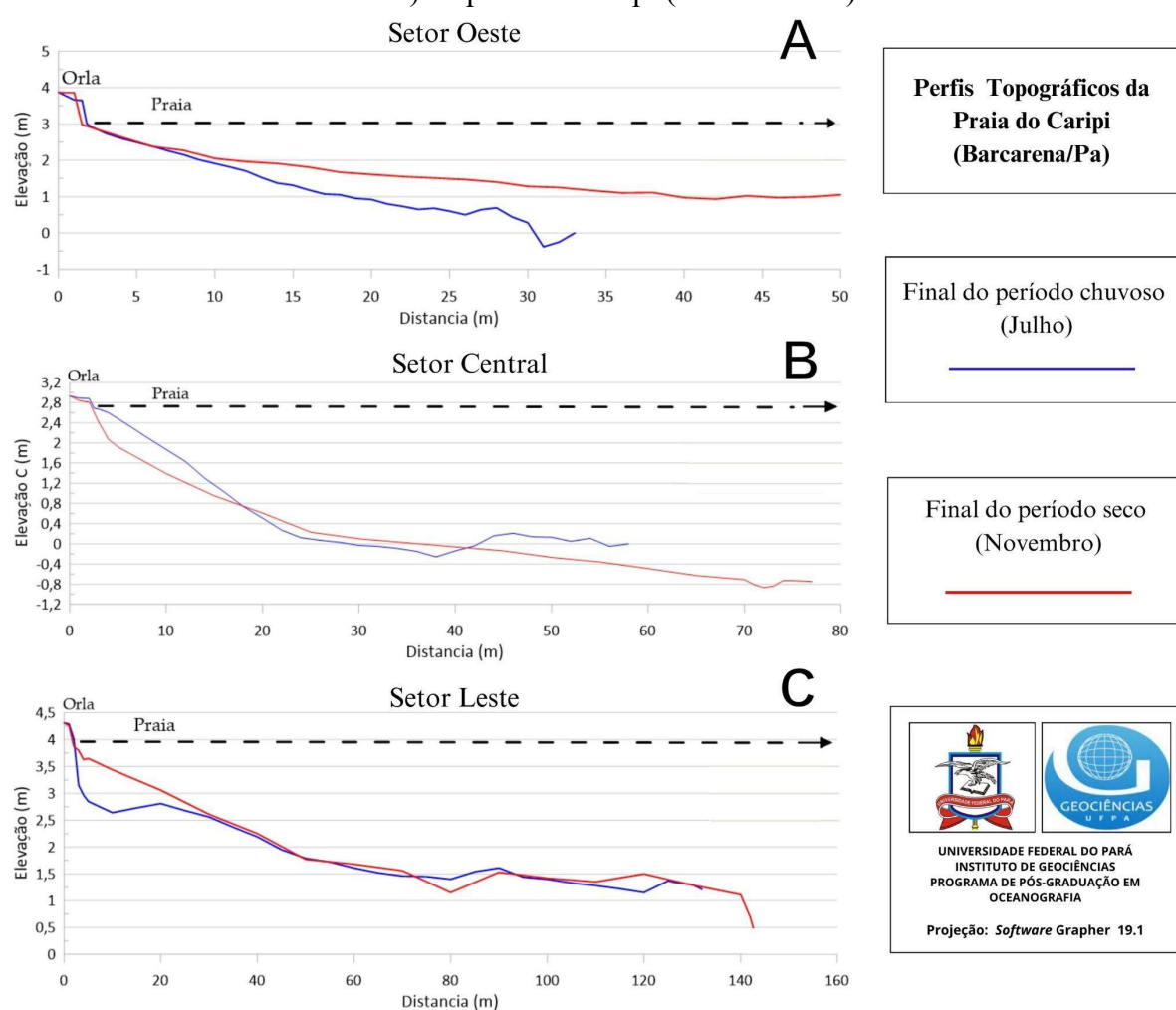
Setor/Perfis	Maré de sizígia (chuvoso)			Maré de sizígia (seco)		
	Y_b (m)	β ($^\circ$)	V_v (m^3/m)	Y_b (m)	β ($^\circ$)	V_v (m^3/m)
Oeste/P1	32	7,4 $^\circ$	46,00	50	3,2 $^\circ$	81,04
Central/P2	78	2,9 $^\circ$	393,61	60	2,7 $^\circ$	338,17
Leste/P3	138	1,4 $^\circ$	114,99	142	1,7 $^\circ$	274,24

Fonte: Autora.

O transecto em azul compreende ao perfil topográfico do final do período chuvoso (julho) e em vermelho ao final do período seco (novembro). No setor Oeste em julho apresentou extensão de 32m e em novembro com 50m (Y_b). A declividade praiar diminuiu de 7,4 $^\circ$ (estado reflectivo) de julho para 3,2 $^\circ$ (estado intermediário) em novembro, com variação da largura praiar ΔY_b (m) de 18 m. Obteve-se um balanço positivo de 35,04 m^3/m , que variou de 46,00 m^3/m (chuvoso) para 81,04 m^3/m (seco) (Figura 6 A), com formação de banco arenoso entre 28 e 30 m de distância e inframaré com a presença de promontórios rochosos irregulares e de tamanhos variados.

No setor Central perfil de praia apresentou 58 m de extensão em julho e 77 m (Yb) em novembro, que apresenta em um acréscimo na largura praial ΔY_b de 19 m. A declividade apresentou estabilidade do estado intermediário que varia de $2,9^\circ$ do chuvoso para $2,7^\circ$ para o seco, com balanço positivo de $91,2 \text{ m}^3/\text{m}$ no volume sedimentar (Figura 6 B). Na intermaré ocorrem sistemas de bancos longitudinais sucessivos e alongados e calhas no chuvoso que no seco são preenchidos pela deposição de sedimentos entre as calhas, evidenciando a mobilidade sedimentar, com o avanço de areia da praia para o pós-praia no período seco.

Figura 6 - Perfis topográficos (P1; P2 e P3) correspondente aos setores (Oeste, Central e Leste) da praia do Caripi (Barcarena/Pa).



Fonte: Autora.

Quanto ao setor Leste, notou-se que este compreende ao trecho mais extenso da praia, com 132 m em julho e 142 m (Yb) em novembro, com acréscimo de variação da largura praial ΔY_b de 10 m. Com declive da face praial ainda mais suave, característico de estado dissipativo de $1,4^\circ$ para $1,7^\circ$ do chuvoso para o seco, e balanço positivo de $806 \text{ m}^3/\text{m}$ no volume sedimentar (Figura 6 C).

Segundo o modelo proposto por Wright e Short (1984), que utiliza o parâmetro empírico adimensional Ω de Dean (1973) de acordo com a energia de onda. No final do período chuvoso o setor Oeste apresentou sistemas de banco de calhas longitudinais com Ω 4,54 e no final do seco características de terraço de baixamar Ω 2,48. No setor Central, o estado morfodinâmico variou de banco de praias cúspide com Ω 3,59 para reflexivo Ω 1,32, enquanto no setor Leste, ocorreu terraço de baixa-mar em ambas com Ω 2,71 e Ω 2,50.

Outro modelo utilizado para aferir o estado morfodinâmico de praias é o RTR, utilizado para praias com grandes amplitudes de maré (MASSELINK; SHORT, 1993), a exemplo da área de estudo. Os valores médios de RTR na praia do Caripi variam de 5,9 a 11,0 nos períodos chuvoso e seco, respectivamente, caracterizando a praia como dominada pela interação de ondas e maré.

Para fins de validação, o produto cartográfico com três pontos de verificação, se mostrou acurado sob análise do erro posicional planialtimétrico de 0,046, pertencente a classe A em uma escala de 1:2000. Com base nas análises obtidas, nota-se que o erro posicional altimétrico foi de 0,17 cm, sendo assim estabelecido que a classe e o erro posicional do produto oriundo da aerofotogrametria atendem ao decreto para o padrão de exatidão cartográfica.

Os perfis de praia apresentam características morfodinâmicas e sedimentares associadas à sazonalidade e hidrodinâmica e a análise dos parâmetros estatísticos dos sedimentos que caracterizam suas particularidades. Os sedimentos superficiais da praia do Caripi apresentam diâmetro médio de areia (fina, muito fina, média e grossa). Na estação chuvosa a granulometria predominante foi de areia fina (85 %); seguido de (12 %) de areia média e (1,81 %) de areia grossa. Entretanto, durante a estação seca predomina a areia fina (56 %), as areias média e muito fina tiveram respectivamente (23 %) e (21 %).

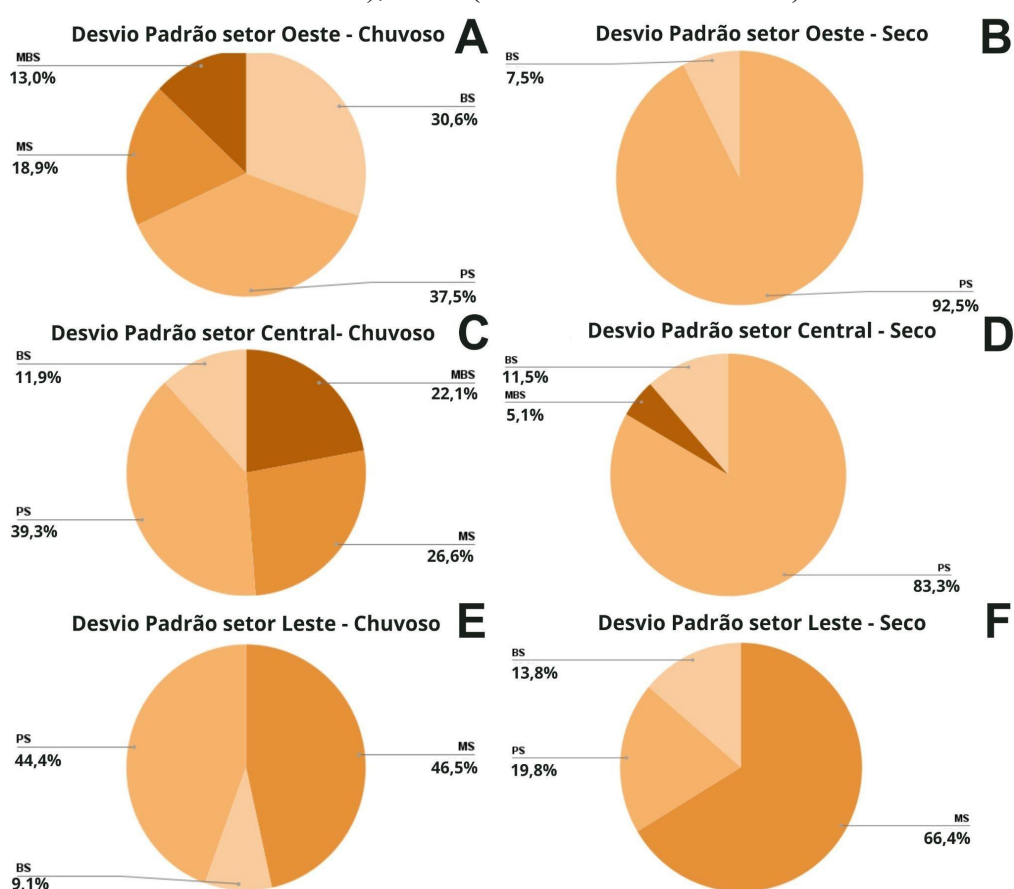
O desvio padrão indica que as frações obtidas nos dois períodos sazonais apresentaram um grau de seleção de bem, moderadamente e pobremente selecionadas; localizadas em áreas de menor profundidade e que foram submetidos às condições hidrodinâmicas capazes de proporcionar um bom selecionamento (SILVA; CALLIARI, 2022). O que justifica o bom selecionamento das areias nas zonas de supramaré e a intermaré, mais próximas às margens dos setores oeste, central e leste e na intermaré do setor central, junto aos bancos arenosos.

O desvio padrão (ϕ) no setor oeste, variou de $0,44\phi$ (bem selecionado) a $0,34\phi$ (muito bem selecionado) no período chuvoso e de $0,43\phi$ (bem selecionado) a $1,49\phi$ (pobremente selecionado) no seco. No chuvoso e no seco as areias (pobremente selecionadas) foram mais abundantes, totalizando 37,55 % na zona de supramaré do chuvoso e no seco 92,47 %

uniformemente nas zonas de supramaré e intermaré (Figura 7 A e B). De um modo geral, as areias (pobrememente selecionadas) apresentaram maior porcentagem nos setores oeste e central durante os períodos chuvoso e seco. Segundo Silva e Calliari (2022) a classificação diminui em direção às regiões de maior profundidade, localizadas no ponto em que se cruzam a intermaré e a inframaré. De acordo com Nhatsave e Machaieie (2021), as ondas, correntes e ventos influenciam na seleção dos sedimentos.

Figura 7 - Gráfico de pizza em porcentagem do grau de seleção (desvio padrão) das areias, referentes ao ciclo sazonal de 2022.

Legenda - PS (Pobrememente Selecionado); BS (Bem Selecionado); MS (Moderadamente Selecionado); MBS (Muito Bem Selecionado).



Fonte: Autora.

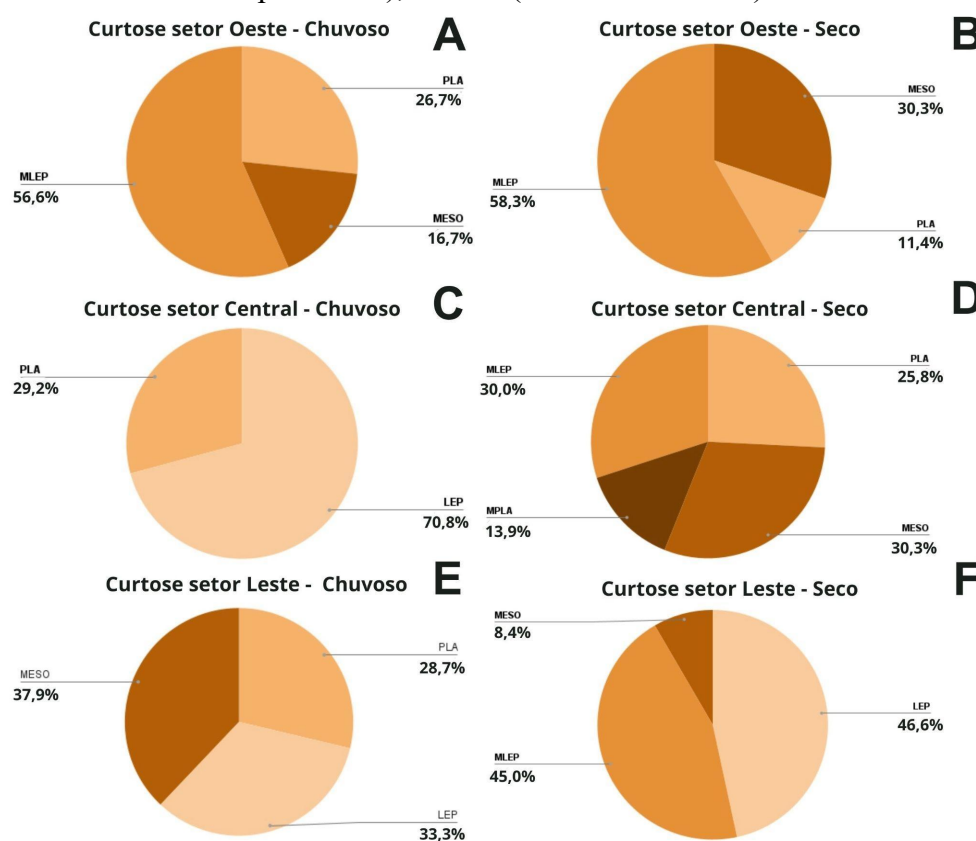
No central variou de $0,79\phi$ (moderadamente selecionado) a $0,34\phi$ (muito bem selecionado) no período chuvoso e de $0,32\phi$ (muito bem selecionado) a $0,36\phi$ (bem selecionado) no seco. Para ambas as campanhas, os sedimentos (pobrememente selecionados) foram mais abundantes, totalizando $39,34\%$ no chuvoso e $83,33\%$ no seco, com maior quantidade na supramaré (Figura 7 C e D). Por fim, no setor leste foi de $1,17\phi$ (muito pobremente selecionado) a $0,49\phi$ (bem selecionado) no período chuvoso e de $1,03\phi$ (pobrememente selecionado) a $0,36\phi$ (bem selecionado) no seco, sendo as (moderadamente

selecionadas) mais abundantes, totalizando 46,52 % no período chuvoso e 66,37 % no seco (Figura 7 E e F).

No que se refere a assimetria, as amostras no setor Oeste variaram de -0,1537 (negativa) a 0,05695 (aproximadamente simétricas) no período chuvoso e foi de -0,0549 (aproximadamente simétrica) para -0,1298 (negativa) durante o período seco; no setor Central apresentou 0,6106 (muito positiva) a 0,08062 (aproximadamente simétrica); e no setor Leste - 0,4903 (muito negativa) a 0,218 (positiva). Os setores oeste e leste apresentaram assimetria negativa, indicando áreas de remoção seletiva no chuvoso, enquanto o setor central assimetria positiva sendo área de deposição sedimentar.

Em relação à curtose está relacionada ao nível de energia das ondas ou ao tipo de energia do ambiente deposicional (SILVA, 2015). No período chuvoso, apresentou a predominância de areias (muito leptocúrtica) com 56,57 % no setor Oeste, (leptocúrtica) no setor Central com 70,80 % e 37,94 % (mesocúrtica) no setor Leste; no período seco o setor Oeste apresentou predominância de muito leptocúrtica (58,29 %); de leptocúrtica (46,62 %) no setor Leste e mesocúrtica (30,27 %) no setor Central (Figura 8).

Figura 8 - Gráficos de pizza da curtose em porcentagem (ciclo sazonal de 2022).
Legenda - MESO (Mesocúrtica); PLA (Platicúrtica); LEP (Leptocúrtica); MLEP (Muito Leptocúrtica); MPLA (Muito Platicúrtica).



Fonte: Autora.

As frações leptocúrticas e muito leptocúrticas são provenientes de ambientes de maior movimentação; as frações platicúrticas e muito platicúrticas são de baixa movimentação e as mesocúrticas de mais ou menos (intermediárias) movimentação (MENDES et al., 2015). Estes parâmetros podem sugerir tendências deposicionais, quando platicúrtica podem indicar mistura de populações granulométricas diferentes, e leptocúrtica podendo indicar remoção por meio de correntes (MACHADO; PINHEIRO, 2022).

O diagrama triangular (PEJRUP, 1988), descreve o comportamento dos sedimentos sob a hidrodinâmica atuante, os resultados dos dois períodos sazonais retratam maior parte desta praia está condicionada a depósitos de sedimento sob hidrodinâmica muito alta (grupo IV-A) - (90 % - 100 %). Sendo áreas de alta energia localizadas nas margens devido a ação das ondas ou em regiões mais profundas onde ocorre as correntes de fundo (SILVA; CALLIARI, 2022).

O diagrama triangular (SHEPARD, 1954) é baseado na representação dos teores percentuais de argila, areia e silte, sendo possível caracterizar a distribuição textural dos sedimentos, apresentando apenas uma classe sedimentar de areia ou arenito na praia do Caripi, tanto no período chuvoso como no seco.

Quanto aos sedimentos transportados longitudinalmente a maior carga sedimentar em gramas (g) retida nas armadilhas foi obtida no período seco com um total de 2,50 g/min/m³ e 1,62 g/min/m³ no chuvoso. Nas duas ocasiões a zona de surf apresentava altura significativa das ondas de 0.39 m e 0.30 m. Sendo o processo de condução de sedimentos maior durante o período seco, devido à proximidade com o canal de maré.

Em geral, a maior carga sedimentar ocorre próximo ao fundo (transporte por arrasto) (76 %) de material retido nos primeiros 0,18 cm, a partir do fundo, com valores que diminuem em direção à superfície no seco. O trânsito sedimentar no chuvoso apresentou quantidades quase uniformes. Apesar dos sedimentos de fundo apresentarem maiores quantidades, as amostras retidas no período chuvoso foram dominantes nos "traps" 5 e 6 (46 %), mais próximas à superfície distando 0,75 cm do fundo (Figura 15).

O diâmetro médio ($3,73\phi$) nos seis "traps" (0,90 m de lâmina de água) possuem pouca discrepância, classificadas como areia muito fina e grau de seleção de ($0,77\phi$) (moderadamente selecionado). A curtose variou de mesocúrtica - 69,32 % a platicúrtica - 30,68 %, sendo predominantes (99,90 %) os sedimentos de assimetria negativa nos "traps" de 1 a 5, sendo a menor fração aproximadamente simétricas 0,10 % mais à superfície "traps" 6. A homogeneização dos sedimentos pode estar relacionada à baixa profundidade da zona de surf, que favorece a mistura dos sedimentos de fundo com os superficiais (SILVA, 2015).

A morfoscopia dos sedimentos transportados na coluna de água durante a vazante é representada por areia muito fina (3 a 4 ϕ) de acordo com a classificação de Wentworth (1922), com predominância de grãos sub-arredondados (40 %), de brilho normal típico de quartzo distribuídos nos 0,75 cm de lâmina de água desde o fundo até a superfície. Também foi identificada a presença de grãos arredondados (26 %) e sub-angulosos (24 %), com frações mínimas de grãos angulosos (5,85 %) e esféricos (2,15 %).

CONCLUSÃO

Através da fotogrametria aérea com drone foi possível extrair os perfis praias e definir os estágios morfodinâmicos. Além de detectar a presença de feições geomorfológicas e tendências de deposição e remoção de sedimentos associados à hidrodinâmica e à sazonalidade. Os parâmetros ambientais de ondas, ventos e morfoscopia auxiliaram na análise descritiva da distribuição sedimentar aos perfis de praia de um período a outro.

A área de estudo está submetida a um regime de mesomaré semi-diurnas. As ondas dominantes são do tipo deslizante/mergulhante de baixo período atingindo altura máxima de 0,49 m durante a vazante. Quanto aos ventos, estes atuam na direção preferencial de NE e ENE, com velocidade dos ventos que diminuem do setor Leste (5,1 m/s) para Oeste (2,1 m/s) no chuvoso e de (7,5 m/s) para (0,05 m/s) no seco. O horário das medições e a proximidade com o canal de maré justificam a sua intensidade, sendo o setor Leste a última área de coleta, localizado ao final da praia e próximo ao furo, ou seja, os ventos foram mais fracos nas primeiras horas dos dias de coleta.

A praia do Caripi tem apresentado os estados intermediários e dissipativos de maior dominância e que apesar de atestar um balanço positivo no volume sedimentar, o avanço da areia ao pós-praia, é um indicativo de durabilidade mediana da estrutura de contenção costeira, pois notou-se que nos setores oeste e central, o volume sedimentar de deposição no período seco é maior que o erodido no período chuvoso, sendo estes dois pontos mais suscetíveis a cobertura total da orla pelo sedimento.

Os sedimentos que compõem a praia do Caripi são predominantemente de areia fina a média, entretanto, no chuvoso foi constatado a presença de areia grossa impulsionada pela precipitação e as marés, que possuem energia suficiente a sua movimentação e no seco de frações muito finas, em ambas com grau de selecionamento: pobremente selecionados (setores oeste e central) e moderadamente selecionado (setor leste). Dentre as técnicas sedimentológicas empregadas, a análise morfoscópica dos grãos de areia, foi importante na interpretação de grãos

de areia transportados pelas correntes longitudinais, que apresentam características quartzosas de brilho natural, textura predominante sub-arredondadas, com baixa esfericidade.

O transporte na área é bidirecional, influenciada pela vazão do rio Pará e dos rios adjacentes, além da influência dos canais de maré do entorno e a carga sedimentar transportada está associada à dinâmica de subida e descida das marés. Na área de estudo a carga sedimentar foi maior no final do período seco. Os eventos extremos como El Nino e La Niña têm sido associados ao aumento das probabilidades de erosão das praias e inundações costeiras em todo o mundo (NOBRE et al., 2019).

A partir dos dados apresentados e das observações em campo é possível concluir que a hidrodinâmica e o ciclo sazonal amazônico "chuvoso" e "seco" são os principais agentes modificadores das praias amazônicas e como a área de estudo estava sob influência do La Niña que intensificou e perdurou o número de meses chuvosos, possibilitando o transporte e balanço sedimentar, e que a morfodinâmica sedimentar da praia do Caripi está moldada a pluviosidade, que impulsiona a mobilidade sedimentar de erosão e deposição e que apesar da orla cumprir o seu papel a riscos erosivos de alta intensidade, parte do sedimento que é transportado para o pós-praia (com maior intensidade no setor central) não retorna na mesma proporção as zonas inferiores resultando na baixa durabilidade da orla, sendo assim, é válido ressaltar o monitoramento periódico da morfodinâmica praial.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Maamar El-Robrini pelo suporte na confecção deste, ao LAGEOC - Laboratório de Geologia Oceânica e ao GEMC- Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros da Universidade Federal do Pará - UFPA. Ressalto o agradecimento à FAPESPA (Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas) pelo incentivo financeiro, que muito contribuiu para o andamento da pesquisa e Fly Mapping Escola de Drones.

"Os autores não declaram conflito de interesse"

REFERÊNCIAS

- AAGARD, T.; HUGHES, M. 2013. 10.4 Sediment Transport. **Treatise on Geomorphology**, v.10, p.74-105, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00273-6>. Acesso em: 03 jun. 2021.
- ACUNÃ, G.S. **Análise comparativa do transporte de sedimentos nas praias de Ponta Negra e da Barreira do Inferno**. 2017. 50p. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.
- BITTENCOURT, L.A. **Morfodinâmica da praia Estuarina do Cajuúna, Soure, Marajó – Pará**. 2015. 129f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2015.
- BRASIL, Decreto nº 89.817 de 20 de junho de 1984. **Normas Técnicas da Cartografia Nacional**. Diário Oficial da União, Brasília, Brasil. 1984.
- Companhia Docas do Pará. CDP. 2022. **Plano de Desenvolvimento e Zoneamento – Porto de Vila do Conde**. p. 1-420, Belém-PA, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/pt-br/assuntos/politica-e-planejamento/politica-e-planejamento/arquivos-pdz/pdz_vila_do_conde_portaria_591_2021-e-alterado-pela-portaria-36_2023.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2022.
- CUNHA, I. R. V. 2017. **Permeabilidade da praia do Caripi (Barcarena – PA) a eventuais derrames de derivados de hidrocarbonetos**. 2017. 57f. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal do Pará – UFPA, Belém, 2017. Disponível em: https://bdm.ufpa.br:8443/jspui/bitstream/prefix/882/1/TCC_PermeabilidadePraiaCaripi.pdf. Acesso em: 03 fev. 2023.
- CORREIA, K. et al. 2017. Método GPR aplicado para delinear o lençol freático em praias estuarinas e fluviais. **Seg Library**. Disponível em: <https://doi.org/10.1190/sbfgf2017-138>. Acesso em: 28 out. 2021.
- DEAN, R.G. 1973. Heuristic models of sand transport in the surf zone. In: **Conference on engineering dynamics in the surf zone**, Sydney. Institute of Engineers p. 208-21
- ERIKSON, L. et al. Climate change-driven cliff and beach evolution at decadal to centennial time scales. **Coastal Dynamics**, n. 210, p.125-136, 2016. Disponível em: <https://coastaldynamics2017.dk/onewebmedia/210_erikson.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2023.
- EL-ROBRINI, M. et al. In: **Panorama da Erosão Costeira do Brasil**. Brasília, DF, p. 65-166, 2018.
- FAMIGLIETTI, N.A. et al. A Test on the Potential of a Low Cost Unmanned Aerial Vehicle RTK/PPK Solution for Precision Positioning. **Sensors**, v. 21, n.11, p.1-14, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s21113882>. Acesso em: 26 nov. 2022.
- FERREIRA, D.B.S. et al. Identificação de extremos de precipitação em municípios do estado do Pará e sua relação com os modos climáticos atuantes nos oceanos Pacífico e Atlântico. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.27, p.197-222, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v27i0.64630>. Acesso em: 10 jun. 2022.
- FONTOURA, J. A. S. **Hidrodinâmica costeira e quantificação do transporte longitudinal de sedimentos não coesivos na zona de surfe das praias adjacentes aos molhes da barra do**

Rio Grande, RS, Brasil. 2004. 239f. Tese (Doutorado) - Programa de pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, 2004.

FOLK, R.L.; WARD, W.C. Brazos River bar: A study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, n. 27, p. 3-27, 1957. Disponível em: <https://doi.org/10.1306/74d70646-2b21-11d7-8648000102c1865d>. Acesso: 03 set. 2021.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/barcarena.html>>. Acesso em: 06 out. 2022.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia.** 2023. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>>. Acesso em: 06 jan. 2023.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia.** 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 06 jan. 2023.

JACKSON, A.L. et al. Longshore sediment transport and foreshore change in the swash zone of an estuarine beach. **Marine Geology, Elsevier**, v.386, n.1, p. 88-97, 2017. Disponível em: 10.1016/j.margeo.2017.02.017. Acesso em: 05 mai. 2023.

KRAUS, N.C. Application of portable traps for obtaining point measurements of sediment transport rates in the surf zone. **Journal of Coastal Research**, v. 3, n. 2, p. 139-152, 1987.

LIGUS. (Laboratoire de l'Institut de Géographie de l'Université de Strasbourg). Methodé améliorée pour l'étude des sables. **Rev. Géom. Dyn**, v.4, p.43-53, 1958.

MASSELINK, G.; SHORT, A.D. The Effect of Tide Range on Beach Morphodynamics and Morphology: A Conceptual Beach Model. **Journal of Coastal Research**, v. 9, p.785– 800, 1993.

MAUREIRA, L. Z. 2019. **Condição Morfodinâmica e Sedimentação Eólica nas Dunas Interiores da Ilha dos Marineiros, Região Estuarina da Lagoa dos Patos, RS.** Dissertação (Mestrado) - Programa de pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Rio Grande - RS, 2019.

MENDES, R.M.L.; SOUSA, A.C.S.R.; SANTOS, M.L.S. Distribuição espaço-temporal de sedimentos em um estuário Amazônico, Curuçá-Pa. **Estudos Geológicos**, v. 29, n.1, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.51359/1980-8208/estudosgeologicos.v29n1p42-54>

MELO, B. A. P. et al. Relacionamento com a comunidade: a responsabilidade social das empresas na perspectiva das comunidades vizinhas ao polo industrial de Barcarena-PA. **XI CODS - Colóquio de Organizações, Desenvolvimento e Sustentabilidade**. v. 11, n. 1, p. 1-16, 2020. Belém - Pa. Disponível em: <http://revistas.unama.br/index.php/coloquio/article/view/2195>. Acesso em: 15 mai. 2023.

MUEHE, D. Pós-praia não deve ser traduzido como backshore – uma revisão da terminologia brasileira do sistema praia – antepraia. **Quaternary and Environmental Geosciences**, n. 10, p. 40-43, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/abequa.v10i1.69217>. Acesso em: 06 jun. 2021.

MUEHE, D. et al. 2003. Avaliação de Método Expedito de Determinação do Nível do Mar como Datum Vertical para Amarração de Perfis de Praia. **Revista Brasileira de**

Geomorfologia, n. 4, p. 53-57. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbg.v4i1.19>. Acesso em: 02 mar. 2021.

MACHADO, G. M. V.; PINHEIRO, B. L. Depósitos fluviais e marinhos na zona costeira: uma abordagem sedimentológica e morfológica da região de Vitória, ES. **Geografares**, v. 33, p. 1-27, 2021. Disponível em: <http://journals.openedition.org/geografares/3449>. Acesso em: 03 out 2022.

NOVAIS, T. G.; MACHADO, L. A. Os climas do Brasil: segundo a classificação climática de Novais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 32, p. 1-39, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.55761/abclima.v32i19.16163>. Acesso em: 30 mar. 2023.

NOBRE, G. G.; MUIS, S.; VELDKAMP, T. I.; WARD, P. J. Achieving the reduction of disaster risk by better predicting impacts of El Niño and La Niña. **Progress in Disaster Science, Elsevier**, v. 2, p. 1-6, 2019. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pdisas.2019.100022>.

NHATSAVE, G.V.; MACHAIEIE, H.A. Análise comparativa da distribuição dos sedimentos em duas praias da província da Zambézia, Moçambique. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 22, n. 3, p. 475-487, 2021. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v22i3.1765>. Acesso em: 24 jan. 2023.

OLIVEIRA, A. M. **Permeabilidade de Praias Fluviais e Estuarinas Amazônicas a Eventuais Derrames de Derivados de Hidrocarbonetos: o Caso das Praias Grande (Ilha de Outeiro-Pa) e Caripi (Barcarena-Pa)**. 2014. 64p. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Pará, Belém, 2014.

OLIVEIRA FILHO, S. R. et al. Morfodinâmica de praias estuarinas de baixa energia durante dragagem de aprofundamento do canal da Galheta, Paranaguá – PR. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.14 , n.4, p.1924-1940, 2021. Disponível em: [10.26848/rbgf.v14.4.p1924-1940](https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.4.p1924-1940). Acesso em: 15 jan. 22.

PEJRUP, M. The triangular diagram used for classification of estuarine sediments: a new approach. In: Boer, P. L.; Van Gelder, A.; Nio, S.D.(ed). **Tide-influenced Sedimentary Environments and Facies**. [S.l., s.n]. p.289-300, 1988.

PRESTES, Y. O. et al. The m² and m₄ tides in the Pará river estuary. **Tropical Oceanography**, n. 45, p. 26-37, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5914/tropocean.v45i1.15198>. Acesso em: 10 fev. 2021.

POWERS, M. C. Comparison chart for visual estimation of roundness. **Journal of Sedimentary Petrology**, n. 223, p. 117-119, 1953.

RANIERI, L. A.; EL-ROBRINI, M. Avaliação experimental de métodos de armadilhas de sedimentos para determinação do transporte costeiro da praia da romana, Ilha dos Guarás (Nordeste do Pará). **Geociências**, n. 31, p. 103-116, 2012.

RANIERI, L. A. **Morfodinâmica costeira e o uso da orla oceânica de salinópolis (Nordeste do Pará)**. 2014. 195f. Tese (Doutorado) - Programa de pós-graduação em Geologia e Geoquímica, Universidade Federal do Pará, Belém. 2014.

RAMOS, C. C.; RANIERI, L. A. Morfologia e Sedimentação de uma Praia Estuarina Amazônica (Marahú/PA) Durante Amplitudes de Marés Distintas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.14, n. 5, p. 2916-2930, 2021. Disponível em:

<<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/245181/39558>>. Acesso em: 14 jun. de 2022.

RODRIGUES, H. C. T. et al. Análise da vulnerabilidade ambiental do município de Barcarena-PA. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 1598-1612, 2020. DOI:<https://doi.org/10.34117/bjdv6n1-110>.

SANTOS, M. R. S. **A precipitação climática na mesorregião metropolitana de Belém e suas implicações socioambientais**. 2017. 152f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém. 2017.

SANTOS, A. T. L. M. 2018. **Análise Temporal dos Impactos Socioambientais das Barragens de Rejeito na Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi, Barcarena – PA**. 2018. 140f. Dissertação (Mestrado) - Programa de pós-graduação em Engenharia de Barragem e Gestão Ambiental, Universidade Federal do Pará – UFPA, Tucuruí, 2018.

SAZAKI, T.O. Proceedings Of Coastal '80. **ASCE**, p.3197- 3209, 1980.

SIMÕES, R. et al. Uso de drone de pequeno porte para análise costeira: enfoque metodológico. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.12, n. 2, p. 622-640, 2019. Disponível em:[10.26848/rbgf.v12.2.p622-640](https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.2.p622-640). Acesso em: 03 jun. 2022.

SILA, I. G. et al. 2018. Comparação de técnicas de contenção de ondas. **Ciências exatas e tecnológicas**, v. 4, n. 3, p. 25-34, 2018. Disponível em: https://periodicos.set.edu.br/fitse_xatas/article/view/5563. Acesso em: 20 jul. 2022.

SILVA, P.V.M. **Estudo da morfodinâmica sazonal e quantificação de transporte sedimentar costeiro nas praias de Fortalezinha e Princesa, Algodual/Maiandeuá (Nordeste do Estado do Pará)**. 2015. 89f. Dissertação (Mestrado) - Pós-graduação Geologia e Geoquímica, Universidade Federal do Pará, Belém/Pa, 2015.

SOFTWARE SYSGRAN (versão 4.0). 2022. **Sysgran**. Disponível em: <<https://github.com/mauricio-camargo/sysgran4>>. Acesso em: 09 de jun 2023.

SOFTWARE WRPLOt (versão 8.0.2). 2018. **WRPLOt**. Disponível em: <<https://www.weblakes.com/software/freeware/wrplot-view/>>. Acesso em: 09 ago 2023.

SOFTWARE AGISOFT (versão 2.0.2) 2023. **Agisoft Metashape**. Disponível em: <<https://www.agisoft.com/downloads/installer/>>. Acesso em: 10 ago de 2022.

SOFTWARE GEOPEC (versão 3.6). 2023. **GeoPEC**. Disponível em: <<http://www.geopec.com.br/>>. Acesso em: 07 de jul 2023.

GRAPHER (versão 19.0). **Grapher Six**. Disponível em: <<https://www.goldensoftware.com/products/grapher/trial>>. Acesso em: 06 de jun 2023.

SHORT, A. D. 16 - Continuum dominado por ondas, modificado por marés e dominado por marés. **Science Direct Elsevier**, p. 363-389, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102927-5.00016-3>. Acesso em: 05 jun. 2021.

SILVA, S.C.C.; CALLIARI, L.J. Padrões sedimentológicos e morfológicos de uma enseada numa lagoa costeira micromaré: Lagoa dos Patos, sul do Brasil. **Pesquisas em Geociências**, v.49, n. 1, p. 1-20, 2022. DOI: <https://doi.org/10.22456/1807-9806.112719>

SILVA, S. M. et al. Análise da distribuição espaço-temporal da chuva, na mesoregião metropolitana de Belém-Pará: contribuições da técnica de sensoriamento remoto. **Caminhos e Geografia**, v.18, p. 49-58, 2017.

SOUZA, C. R. De G. **As células de deriva litorânea e a erosão nas praias do Estado de São Paulo**. 1997. Tese (Doutorado em geotecnia e meio ambiente) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 1-371, 1997.

SHEPARD, F.P. Submarine Geology. **Haper e Row publishers**, p. 1-517, 1973.

TAVARES, A. L. et al. Climate indicators for a watershed in the eastern amazon. **Revista Brasileira De Climatologia**, p. 23. 2021. <<https://doi.org/10.5380/abclima.v23i0.61160>> .

TAIT, J.; ORLOWSKI, R.; BREWER, J., E MILLER, M. 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, p. 205–212, 2018.

TRAVASSOS, S. J. et al. EIS investigation and patina characterization of weathering steel exposed to each of the four seasons in the São Paulo metropolitan area. **Electrochimica Acta**, v.18, n.325, p.1-15, 2019. Doi: <http://doi.org/10.1016/j.electacta.2019.134885>.

WENTHWORTH, W.C. Grade and class terms for clastic sediments. **Journal Geology**, n. 30, p. 377- 372, 1992.

WRIGHT, L.; SHORT, A.D. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. **Marine Geology**, v.56, p. 93–118, 1984.

ANEXO A

*Artigo I

Revista Brasileira de Geomorfologia

— Back to Submissões

2498 / Vitelli et al. / Experimento do drone no estudo da morfodinâmica de uma praia estuarina (Caripi - Barcarena, Biblioteca da Submissão

Fluxo de Trabalho **Publicação**

Submissão **Avaliação** Edição de Texto Editoração

Arquivos da Submissão [Buscar](#)

386396846	carta_rbg.docxassinado.pdf	novembro 1, 2023	Carta de apresentação
386396847	ART 1.docx.pdf	novembro 1, 2023	Texto do Artigo
386396848	ART 1 .docx	novembro 1, 2023	Texto do Artigo

[Baixar Todos os Arquivos](#)

Discussão da pré-avaliação [Adicionar comentários](#)

Nome	De	Última resposta	Respostas	Fechado

*Artigo II

Geo UERJ

Submissões

Fila 1 **Arquivos** [Ajuda](#)

Minhas Submissões Designadas [Buscar](#) [Filtros](#) [Nova Submissão](#)

79953	de Castro Vitelli et al.	A MORFODINÂMICA E TRANSPORTE SEDIMENTAR SAZONAL NA PRAIA ESTUARINA DO ...	1	Submissão	Visualizar
-------	--------------------------	---	---	-----------	------------

ANEXO B



SOLICITAÇÃO DE VOO #49E647A

APROVADO

Operação

- Solicitante: **ALLISON REYNALDO DA COSTA CASTRO**
- Perfil: **1 (Padrão / ICA 100-40)**
- Tipo/Regra: **VLOS/V**

Localização

- Decolagem
Lat: **-1.4916439393739418**
Lng: **-48.7063670770257**
- Destino
Lat: **-1.4916439393739418**

- Lng: **-48.7063670770257**
- Área: **500m**
- Altura: **400ft**

Janela de Operação

Data	Início	Fim
02.07.2022	09:00 UTC	21:00 UTC

Comunicações

- Código de Chamada: **RPA-ITGB-81**
- ATS: **TELEFONIA CELULAR**
- Piloto: **NÃO SE APLICA**

RPS (1)

RPS	Lat/Lng	Telefone
ALLISON REYNALDO DA	-1.4916439393739418, -48.7063670770257	(91) 98219-

Equipamento

- Nº SISANT:
PP-327

Piloto

- Nome: **ALLISON REYNALDO DA COSTA CASTRO**

- Código: **ITGB**
- CPF: **687.***.***-91**

ANEXO C

Detalhes do Voo

✓ Analise Automática - Aprovado

DELIBERAÇÃO DA ANÁLISE

Deliberado em 25/11/2022, 21:02:04

Sem interseções

Protocolo
58461B2A



Status
Analise Automática - Aprovado

Altura
120 m

Data Solicitação
25/11/2022, 17:59:47

Área
[Ver área solicitada](#)

Tipo
[Padrão \(ICA 100-40\)](#)

JANELA DA OPERAÇÃO

Data da Operação
26/11/2022,

Horário da Operação
10:00:00 às 21:00:00

COMUNICAÇÃO

OPERAÇÃO
Nome da Operação

CARIPI_2611

OBSERVAÇÕES

AERONAVES

SISANT
PP-327

ENVOLVIDOS